

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний університет
Oerlikon Barmag GmbH (Німеччина)
Thyssenkrupp Materials International GmbH (Німеччина)
Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»
ТОВ «БАХ-Інжиніринг»
Національний авіаційний університет
Інженерна академія України
Академія наук вищої освіти України
Національний університет «Львівська політехніка»
Українське товариство механіки ґрунтів, геотехніки і фундаментобудування
Лодзький технічний університет (Польща)
Батумський державний університет ім. Ш. Руставелі (Грузія)



Матеріали VIII міжнародної
науково-практичної конференції

«КОМПЛЕКСНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ»

Том 1

10 - 12 травня 2018 р.
м. Чернігів

УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004
К63

Рекомендовано до друку вченою радою Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 5 від 23.04.2018)

Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2018) : матеріали тез доповідей VIII міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів , 10–12 травня 2018 р.) : у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко Андрій Михайлович [та ін.]. – Чернігів : ЧНТУ, 2018. – Т. 1. – 244 с.

ISBN 978-617-7571-18-5

Видання індексується у наукометричній базі даних РІНЦ (Ліцензійний договір № 611-03/2016К від 17.03.2016р.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

к.т.н., доц. Єрошенко Андрій Михайлович, тел:(093) 798 27 55

к.т.н., доц. Космач Олександр Павлович, тел:(063) 335 39 34

к.т.н., доц. Прибитько Ірина Олександрівна, тел:(098) 078 78 70

к.т.н., доц. Приступа Анатолій Леонідович, тел:(050) 465 20 13

к.т.н., доц. Сапон Сергій Петрович, тел:(097) 384 41 97

д.т.н., проф. Федориненко Дмитро Юрійович, тел:(063) 469 14 12

Відповідальний координатор конференції:

Сапон Сергій Петрович, тел. (097) 3844197, e-mail: s.sapon@gmail.com або kzyatps@gmail.com
<https://www.facebook.com/kzyatps/>

*За зміст матеріалів, викладених в тезах доповідей персональну відповідальність несуть автори



УДК 621; 624; 674; 684; 621.22; 621.51-54; 661; 664; 620.268;621.791; 004
ISBN 978-617-7571-18-5

©Чернігівський національний
технологічний університет

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

д.е.н., проф. Шкарлет С.М. (м. Чернігів, ректор ЧНТУ)
д.т.н., проф. Ступа В.І. (м. Чернігів, БАХ-Інжиніринг)
доктор Шефер Клаус (Oerlikon Barmag, Німеччина)
Штильгер Мартін (ThyssenKrupp, Німеччина)
д.т.н., проф. Бобир М.І. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Андренко П.М. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)
д.т.н., проф. Болотов Г.П. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Веселовська Н.Р. (м. Вінниця, ВНАУ)
д.т.н., проф. Винников Ю.Л. (м. Полтава, Полт НТУ ім. Юрія Кондратюка)
д.т.н., проф. Грицай І.Є. (м. Львів, НУ «Львівська політехніка»)
д.т.н., проф. Дмитрієв Д.О. (м. Херсон, Херсонський національний технічний університет)
д.т.н., проф. Долгов М.А. (м. Київ, Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка)
д.т.н., проф. Дубенець В.Г. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Дубровський М.П. (м. Одеса, Одеський національний морський університет)
д.т.н., проф. Залого В.О. (м. Суми, Сумський державний університет)
д.т.н., проф. Іскович-Лотоцький Р.Д. (м. Вінниця, ВНТУ)
д.т.н., проф. Казимир В.В. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Калафатова Л.П. (м. Покровськ, ДонНТУ)
д.т.н., проф. Кальченко В.І. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Кальченко В.В. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Кириченко А.М. (м. Кропивницький, ЦНТУ)
д.т.н., проф. Ковалевський С.В. (м. Краматорськ, ДДМА)
д.т.н., проф. Ковальов В.Д. (м. Краматорськ, ДДМА)
д.т.н., проф. Козловський В.В. (м. Київ, Національний авіаційний університет)
к.т.н., проф. Корнієнко М.В. (м. Київ, КНУБА)
д.т.н., проф. Корченко О.Г. (м. Київ, Національний авіаційний університет)
д.т.н., проф. Кузнецов Ю.М. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Лурье З.Я. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)
д.т.н., проф. Луців І.В. (м. Тернопіль, ТНТУ ім. І Пулюя)
д.т.н., проф. Майборода В.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Орловський Б.В. (м. Київ, КНУТД)
д.т.н., проф. Павленко П.М. (м. Київ, Національний авіаційний університет)
д.т.н., проф. Пальчевський Б.О. (м. Луцьк, Луцький національний технічний університет)
д.т.н., проф. Панчук В.Г. (м. Івано-Франківськ, ІФНУНГ)
д.т.н., проф. Пасічник В.А. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Пермяков О.А. (м. Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)
д.т.н., проф. Петраков Ю.В. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Пінчевська О.О. (м. Київ, НУБіПУ)
д.т.н., проф. Пилипенко О.І. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Похмурська Г.В. (м. Львів, НУ «Львівська політехніка»)
д.т.н., проф. Равська Н.С. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Радзевич С.П., (RICARDO, Inc., США)
д.т.н., проф. Саленко О.Ф., (м. Кременчук, КНУ ім. Михайла Остроградського)
д.т.н., проф. Сахно Є.Ю. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Сиза О.І. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Струтинський В.Б. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Тіхенко В.М. (м. Одеса, Одеський національний політехнічний університет)
д.т.н., проф. Фальченко Ю.В. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона)
д.т.н., проф. Федориненко Д.Ю. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Філоненко С.Ф. (м. Київ, Національний авіаційний університет)
д.т.н., проф. Харченко Г.К. (м. Київ, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона)
д.т.н., проф. Цибуля С.Д. (м. Чернігів, ЧНТУ)
д.т.н., проф. Шахбазов Я.О. (м. Львів, Українська академія друкарства)
д.т.н., проф. Шинкаренко В.Ф. (м. Київ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»)
д.т.н., проф. Юдін О.К. (м. Київ, Національний авіаційний університет)

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

- Шинкаренко В. Ф.** О природе структурных параллелизмов в эволюции технических систем 14
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Повстяной О. Ю.** Прогнозування закономірностей формування структури та властивостей пористих порошкових матеріалів 18
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Іванов М. І., Переяславський О.М., Шаргородський С.А.** Дослідження регульованих аксіальних роторнопоршневих насосів типу PVC 1. Для LS – гідроприводів мобільних машин 20
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ СЕКЦІЙНИХ ЗАСІДАнь

СЕКЦІЯ 1

«ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА»

- Radzevich S. P.** Three fundamental laws of gearing: for gear design and gear production 21
RICARDO, Inc., USA
- Рыжов Ю.Э., Абрамова С.Л.** Управление свойствами поверхностных слоев деталей машин при финишной обработке 23
Институт сверхтвёрдых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев
- Ель-Дахабі Ф. В.¹, Кузнецов Ю. М.²** Комбінаторний підхід до синтезу технічних систем на прикладі затискних механізмів 25
¹ *Національна консерваторія мистецтв і ремесел (Ліван)*
² *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
- Злочевська Н. К., Лавріненков А. Д., Вишневський П. С., Щупіченко А. А.** Збільшення механічних властивостей заготовок із титанового сплаву VT22 для подальшого виготовлення лопаток газотурбінного двигуна 27
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Шахбазов Я. О., Широков В. В., Широков О. В., Паламар О. О.** Підвищення ефективності експлуатації шліфувальних кругів 29
Українська академія друкарства, м. Львів
- Грицай І. Є.** Розвиток зубчастих передач та їх технологій на основі радіально-колового способу зубонарізання 31
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів
- Рудь В.Д., Савюк І.В., Самчук Л.М., Повстяна Ю.С.** Утилізація окалини кувально-штампувального виробництва 33
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Роїк Т. А., Віцюк Ю. Ю.** Триботехнічні властивості деталей тертя для середньоважких умов експлуатації 34
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Васильєв А. В., Попов С. В.** Дослідження способу ротаційного видавлювання зовнішніх профільних поверхонь 36
Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, м. Полтава

- Вовченко В. П.¹, Малюшицький О. В.²** Розширення діапазону вимірювань на 37
стенді для дослідження зусиль різання при свердлінні
¹Полтавський коледж нафти і газу, м. Полтава
²Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, м. Полтава
- Марчук В. І., Марчук І. В.** Технологічне керування температурою безцентрового 38
шліфування кілець роликотідшипників
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Гальчук Т.Н.** Обробка статистичних даних контролю точності виробів 39
машинобудування за допомогою програмного продукту Minitab
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Григор'єва Н. С., Шабайкович В. А.** Віртуальна розробка модульних 40
складальних процесів
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк
- Бурькин В. В., Клименко С. Ан., Мельничук Ю. А., Рыжов Ю. Э., Муковоз С. Ю.** 42
Инструмент для подготовки кромок сотовых панелей перед вакуумной пайкой
Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев
- Клименко С.А.¹, Клименко С.Ан.¹, Копейкіна М.Ю.¹, Хейфец М.Л.²** 44
Контактування стружки із передньою поверхнею інструментів, оснащених
композитами cBN-Si₃N₄ (3 об.%), cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%)
¹Институт надтвердых матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, м. Київ
²ДДВО «Центр» НАН Білорусі, м. Мінськ
- Іваненко Є. В., Пашенко Б. С., Бойко Ю. І., Литвиненко О. А.** Сучасні 46
технології проектування у виробництві швидкозношуваних деталей обладнання
Національний університет харчових технологій, м. Київ
- Дядя С. І., Штанкевич В. С.** Визначення подачі для забезпечення рівномірного 48
різання
Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя
- Гончар Н. В., Степанов Д. Н., Мерлікова Ю. Р.** Применение центрального 49
композиционного анализа для определения рациональных режимов полирования
дисковыми полимерно-абразивными щетками
Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя
- Манько О. В., Стецько А. Є.** Особливості протікання дифузії в процесі 51
формування покриття під час комплексної зміцнювальної обробки
Українська академія друкарства, м. Львів
- Рудик А. В., Венжега В. І., Пасов Г. В.** Аналіз адекватності математичної моделі 53
теплової напруженості торцевого шліфування
Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів
- Калафатова Л.П., Рашков І.О.** Особливості використання технологічних 55
середовищ при шліфуванні крихких неметалевих матеріалів
Донецький національний технічний університет, м. Покровськ
- Шевченко О. В., Беляєва А. Ю.** Спеціальне інструментальне оснащення для 57
розширення технологічних можливостей токарних верстатів
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Шевченко О. В., Гаталай О. В.** Забезпечення точності обробки та стійкості 59
технологічної системи токарного верстата при розточуванні
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ

- Пермяков О. А.¹, Шепелев Д. К.¹, Іщенко М. Г.²** Систематизація компонувань мобільного портативного технологічного обладнання 61
¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків
²ПАТ «Турбоатом», м. Харків
- Олійник С. Ю.** Підвищення функціональних властивостей антифрикційної поверхні підшипників рідинного тертя з бабіту Б83 62
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
- Кондрашев П. В.** Підвищення продуктивності процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу керуванням формою газопорошкового струменя 63
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Луців І. В., Волошин В. Н., Грицишин І. І.** Розтискні оправки із сегментними цангами та конічними багатопрофільними поверхнями з рівновісним контуром 65
Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, м. Тернопіль
- Ковальов В. Д., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В.** Зміцнення твердосплавного різального інструменту для важкого машинобудування на основі обробки імпульсним магнітним полем 67
Донбаська державна машинобудівна академія, м.Краматорськ
- Бондаренко М.О., Мельник І.В., Хандюк М.В., Бондаренко Ю.Ю.** Підвищення зносостійкості прецизійних деталей мікропристроїв 69
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси
- Задорожня І.М., Задорожній М.О., Пономарьов Д.С., Сердюк М.А.** Аспекти та критерії вибору приводної системи установок вібраційної обробки деталей 71
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
- Пузырь Р.Г.¹, Щипковский Е.В.²** Сравнение технологий изготовления стального диска колеса 73
¹Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, г. Кременчуг
²Научно-производственная фирма «Техвагонмаш» г. Кременчуг
- Тулупов В.І., Онищук С.Г.** Інженерія поверхні деталей після фрикційного електроімпульсного вигладжування з модифікуванням дисульфідом молібдену 74
Донбаська державна машинобудівна академія, м.Краматорськ
- Кошель С.О., Кошель Г.В.** Кінематичне дослідження складних механізмів з плоскими структурними групами вищого класу 76
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ
- Добровольская Л. Н, Куць Н. Г., Собчук Д. С.** Особенности разработки технологических процессов ремонтного производства 78
Луцкий национальный технический университет, Луцк
- Ламнауер Н.Ю.** Застосування ймовірнісно-статистичних методів оцінки якості технологічних процесів для забезпечення точності розмірів деталей при обробці різанням 79
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків
- Рябенко С.В., Гржибовский Б.Б., Сильченко Я.Л., Федоренко В.Т.** Обеспечение качества шлифования зубчатых колес кругами из КНБ 81
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев
- Струтинський В.Б., Скрипник В.С.** Підвищення точності наземних роботизованих комплексів на основі раціональних співвідношень швидких переміщень виконавчого органу та його точних мікропереміщень 83
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ

Струтинський В.Б., Бондаренко Н.Б., Келавець Ю.Р. Визначення нелінійних характеристик деформативності мобільного робота побудованого на основі механізмів із паралельними кінематичними зв'язками <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	84
Струтинський С.В., Семенчук Р.В. Динамічні властивості конвейерної системи для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	85
Данильченко Ю.М. Моделювання похибок токарного оброблення внаслідок пружних деформацій системи «шпindelь-заготовка» <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	86
Майданюк С.В. Дослідження якості оброблення дисковими відрізними фрезами з різнонаправленими зубцями <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	87
Біланенко В.Г., Приходько В.П. Базування в технологічних процесах оброблення різанням <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	88
Біланенко В.Г. Проектування ефективних технологічних процесів оброблення різанням <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	90
Волох В.И., Буря А. И. Влияние температуры на структуру и магнитные свойства сталей <i>Днепро́вский государственный технический университет, г. Каменское</i>	92
Буря А. И.¹, Томина А. – М. В.¹, Теренин В. И.² Влияние термостойкого волокна лота на прочностные свойства органопластиков <i>¹Днепро́вский государственный технический университет, г. Каменское</i> <i>²Всероссийский научно-исследовательский институт полимерных волокон</i>	94
Сиром'ятніков П.С. Логістична система внутрішньовиробничого управління матеріальними потоками промислового підприємства <i>Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка</i>	95
Кошель С.О., Кошель Г.В. Структурне дослідження складних механізмів з плоскими структурними групами вищого класу <i>Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ</i>	96
Тришин П.Р. Влияние режимов обработки на износ дисковой полимерно-абразивной щетки <i>Запоро́жский национальный технический университет, г. Запорожье</i>	98
Чернета О.Г.¹, Буря О.І.¹, Набережна О.О.¹, Волощук Р.Г.² Технологія відновлення і зміцнення поверхневого шару деталей автомобіля <i>¹Дніпро́вський державний технічний університет, м. Кам'янське</i> <i>²ПАТ «Дніпро-Азот»</i>	100
Приходько В.П. Автоматизація формування та розмірного моделювання маршрутів оброблення отворів <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	102
Мироненко Є.В., Полупан І.І., Міранцов С.Л. Підвищення ефективності процесу відновлення колісних пар на колісотокарних верстатах <i>Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ</i>	103

Максименко І. С., Гаврушкевич А. Ю., Гаврушкевич Н. В. Системи числового програмного керування – вимога сучасного виробництва <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	105
Кальченко В. І., Сіра Н. М., Кужельний Я. В., Кальченко Д. В. Дослідження сил різання абразивного зерна під час процесу шліфування <i>Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів</i>	106
Литвин О.В., Кравець В.О. Захват мобільного робота для маніпулювання небезпечними об'єктами <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	108
Литвин О.В., Ящук І.Р. Структурно - морфологічний синтез затискних патронів токарних верстатів <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	110
Литвин О. В., Гаврушкевич Н. В., Ільчов А. В. Вплив жорсткості затискного патрона на точність обробки <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	112
Романенко В.В. Технологія виготовлення гнутих біметалів при з'єднанні пластин за допомогою потужного джерела енергії <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	114
Романенко В.В. Особливості реалізації технології виробництва алюмо-сталевих біметалів при з'єднанні пластин потужним джерелом енергії <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	116
Головко Л.Ф., Романенко В.В., Блощин М.С., Салій С.С. Лазерно – ливарні процеси виготовлення біметалів <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	118
Головко Л.Ф., Романенко В.В., Блощин М.С., Салій С.С., Свічка І.В. Кір'янова К.О. Застосування індукційного нагрівання при лазерно-ливарній технології виробництва біметалів <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	119
Процишин В.Т., Кравець С.В. Вплив змащувальних характеристик мастильно-холодильних рідин на їх технологічні властивості <i>НДІННП “МАСМА” Міненерговугілля, м. Київ</i>	120
Міщук О.О., Велігорська Ю.В., Годун Б.О., Яворська З.С. Мастильні синтез-матеріали для функціональних покриттів <i>Науково-дослідний інститут НДІННП “МАСМА”, Міненерговугілля, м. Київ</i>	122
Міщук О.О. Квантово-розмірні релаксаційні ефекти структурних перетворень третьової контактної зони. <i>Науково-дослідний інститут НДІННП “МАСМА”, Міненерговугілля, м. Київ</i>	124
Новік М.А., Юрчишин О.Я. Оптимізація процесу виконання затиску та розтиску гідромеханічного трикамерного затискного патрона <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	126
Тігарєв В.М., Гончаренко А.О., Медведєв А.А. Розробка технології створення та аналізу параметричної моделі рами електроскутера <i>Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса</i>	128
Сусла Д.В., Стельмах Н.В. Покращення продуктивності виробництва за рахунок сучасної методології Design for Assembly <i>Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ</i>	130

- Осадчий О.А.¹, Рижук Я.О.¹, Девін Л.М.²** Зменшення ймовірності руйнування 131
різальних пластин з КНБ за рахунок збільшення демпфуючих властивостей
державки різця
¹ *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
² *Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України, м. Київ*
- Осадчий О.А., Доценко О.К.** Вплив демпфування різальної пластини з КНБ на 133
шорсткість обробленої поверхні
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Мозговий О.В.¹, Тігов А.В.², Герасимова О.В.³** Використання механічної 134
спектроскопії при оцінюванні ефективності поверхневого пластичного
деформування алмазним вигладжуванням
¹ *Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського, м. Вінниця*
² *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
³ *Національний авіаційний університет, м. Київ*
- Буховець В.М.** Забезпечення радіальної точності обробки конструкторсько- 136
технологічними методами на токарних верстатах
Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль
- Тарган Д.В., Майборода В.С.** Вплив розташування мітчиків в робочій зоні 137
верстату на параметри якості їх робочих поверхонь при магнітно-абразивному
обробленні
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Майборода В.С., Джулій Д.Ю., Слободянюк І.В., Коцун Ю.В.** Вплив режимів 139
магнітно-абразивного оброблення на шорсткість плоских поверхонь
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Олійник О. Ю.¹, Рубанка М. М.²** Доцільність використання в приводі 141
круглов'язальної машини відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним
моментом
¹ *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*
² *Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ*
- Веселовська Н.Р., Малаков О.І.** Принцип роботи та основні пристрої самохідної 143
косарки-плющилки на прикладі КПС-5Б
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
- Churyna V.M.** Simulation of the spatial stiffness of technological robots by parts 145
State Research and Development Center of the Armed Forces of Ukraine, Chernihiv
- Дмитрієв Д. О., Войтович О. А., Чурсов С. О., Баль О. Д.** Застосування 147
багатокоординатних механізмів в якості випробувальних стендів шин автотранспорту
Херсонський національний технічний університет, м. Херсон
- Буря О.І., Єрьоміна К.А.** Вплив самофлюсуючого сплаву на зносостійкість 149
металополімерів
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське
- Анастасенко С.М., Григурко І.О.** Модернізація спеціальної оправки з торцевою 151
фрезою-протяжкою, яка працює за схемою прогресивного фрезерування
*Первомайська філія Національного університету кораблебудування ім. Адмірала
Макарова, м. Первомайськ*
- Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Красовський В.В.** 154
Технологічне керування температурою на операціях безцентрального шліфування
робочих поверхонь роликів підшипників
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

- Danylenko O. V., Chechotkina A. M.** Computerized research of temperature deformations of a machine 156
National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“
- Мазанко В.Ф., Богданов С.Е., Богданов Е.И., Ворона С.П.** Взаимодействия сплава ВК 8 со Ст. 20 при электроискровом легировании 157
Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев
- Мазанко В.Ф.¹, Филатов А.В.¹, Шипицын С.Я.², Степанова Т.В.²** Особенности поведения углерода в сталях в условиях испытаний на усталостную выносливость 159
¹ *Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев*
² *Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев*
- Юрченко Ю.Д.** Оптимізація режимів різання при чистовому точінні аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням 161
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси
- Пилипенко О.І.** Ресурсоощадні технології виробництва деталей машин 163
Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів
- Єрмоленко В.М.** Перспективи використання композитів на основі кубічного нітриду бора при фрезеруванні поверхонь деталей з важкооброблюваних сплавів на основі Fe-C 165
Институт надтвердых матеріалів ім. Бакуля НАН України, м. Київ
- Солод В.Ю., Кашинський І.С.** Шліфувальні круги на основі поліімідів 167
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське
- Шульга А.С., Музичка Д.Г., Сошенко С.В., Шульга Р.О.** Дослідження кутової жорсткості кільцевих напрямних 168
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське
- Бойко І.А.** Використання показника питомої жорсткості при визначенні частот власних коливань шпиндельного вузла багатоцільового верстата 170
ПАТ «Мотор Січ», м. Запоріжжя
- Верба І.І., Даниленко О.В.** Ремонтуємо, модернізуємо чи купуємо нове: «За» і «Проти» 172
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Verba I. I., Danylenko O. V.** We repair, modernize or buy new: "For" and "Against" 174
National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“
- Пуховський Є.С., Кореньков В.М., Розанов В.** Розробка постпроцесора для 4-осьової обробки на верстаті з ЧПК 176
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Зигуля С. М.** Дослідження геометричних розмірів циліндрів поліграфічних машин 177
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Петришин А. І.,** Оцінка точності обертання шпиндельного вузла на опорах кочення з використанням методу непрямого вимірювання коливань 178
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- L.A. Prots, V.I. Lavrinenko, V.F. Molchanov, V.Yu. Solod** Evaluation of reliability of injury in the finish formulation of optical surfaces of borosilicate glass with semiconductor CDS nanocrystals at the execution of the machining processes 179
¹ *Institute of electron Physics National academy of sciences of Ukraine, Kyiv*
² *Institute of superhard materials named after V.M. Bakul National academy of sciences of Ukraine, Kyiv*
³ *Dnieper State Technical University, Kamenskoe*

- Кальченко В. В., Венжега В. І., Литвин О. О., Кальченко Д. В.** Дослідження процесу двостороннього шліфування торців різного діаметру кругами з калібруючими ділянками та без них 181
Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів
- Єрошенко А. М., Кальченко Д. В.** Дослідження процесу двостороннього шліфування торців циліндричних деталей орієнтованими кругами з калібруючими ділянками 183
Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів
- Яшина Т. В.¹, Динник О. Д.², Залога В. О.³** Автоматизована оцінка якості виробничих процесів машинобудівного підприємства 185
¹ *Сумський державний університет, м. Суми*
² *Конотопський інститут СумДУ, м. Конотоп*
- Чернишов О.О.¹, Чернишов О.В.², Трикіло А.І.², Чухно С.І.², Швачка А.В.², Продан А.Н.²** Підготовка шламів шліфувальних верстатів до металургійного переплаву 186
¹ *Дніпровський металургійний комбінат, м. Кам'янське*
² *Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське*
- Кореньков В.М., Ткач І.І., Крачков В.** Застосування алгоритму Ant Colony Optimization для вирішення задачі календарного планування 187
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Буря О.І.¹, Калініченко С.В.², Начовний І. І.²** Оганоластики на основі фторполімеру 189
¹ *Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське*
² *Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро*
- Роп'як Л. Я., Шовкопляс М. В., Витвицький В. С.** Особливості розрахунку припусків на механічну обробку деталей з хромовими покриттями 191
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- Пригоровська Т.О.** Аналіз сучасних технологічних процесів виготовлення доліт типу PDC 192
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

СЕКЦІЯ 2

«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ІНСТРУМЕНТ ТА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБКИ ТА МЕБЛЕВОГО ВИРОБНИЦТВА»

- Кравченко В. И.** Математическая модель для АРМ бригадира деревообрабатывающего цеха 193
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск
- Максимів Ю. В., Бехта П. А., Щупаківський Р. Б.** Дослідження зміни кольору шпону берези та вільхи при термомеханічному ущільненні 194
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
- Мачуга О. С.¹, Яхно О. М.², Библюк Н. І.¹** Наукові засади інтегрованого енергозабезпечення технологічних процесів лісозаготівлі із відновних джерел 197
¹ *Національний лісотехнічний університет України, м. Львів*
² *Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ*

- Копанський М.М.** Вплив вмісту і розмірів частинок ріпакового наповнювача на міцність арболіту 199
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
- Цапко Ю.В., Цапко О.Ю.** Вплив мінеральних речовин покриття на ефективність захисту деревини від дії полум'я магнію 201
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
- Козак Р. О.** Розроблення технологічної схеми виготовлення стружкових плит з використанням соломи 202
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
- Тігарєва Т. Г.¹, Тігарєв А. М.²** Моделювання системи регулювання процесу сушіння тирси 204
¹ *Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса*
² *Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, м. Одеса*
- Лютий П.В., Ортинська Г.С.,** Виготовлення деревинно-полімерних комозитів 206
полоским способом
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
- Пінчевська О. О., Горбачова О. Ю.** Колористичні характеристики термообробленої деревини різних порід 208
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
- Денисюк В. А., Кушпін А. С., Кушпін О. М.** Аналіз впливу виду з'єднань за шириною на формостійкість меблевих щитів 209
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів
- Новицький С.В.** Щодо властивостей сухостійної деревини сосни звичайної 211
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
- Буйських Н.В.** Дослідження впливу складу лакофарбового матеріалу на адгезійну міцність 213
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ
- Заворотнюк О.В.** Практичні рекомендації щодо прогнозування довговічності плит MDF 214
ТОВ «НІТ-ГРУПП», м. Бердичів
- Тимик Д.В.** Зменшення токсичності карбамідоформальдегідних смол додаванням органічних наповнювачів 215
Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

СЕКЦІЯ 3

«РОБОЧИ ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ ПРОМИСЛОВОЇ ГІДРАВЛІКИ ТА ПНЕВМАТИКИ»

- Андренко П. Н.¹, Лебедєв А.Ю.²** Критерій оцінки технічного рівня елементів систем гідроприводів 217
¹ *Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків*
² *ТОВ «ХЗТФ «Моторімпекс», м. Харків*
- Доценко О., Стельмах Н.В.** Проектування повітряних трубопроводів 220
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Орловський Б. В.** Комп'ютерна кінематика програмно керованого механізму машин легкої промисловості для двох операцій при одному циклі роботи 221
Київський національний університет технологій та дизайну, м. Київ

- Миронов К. А., Олексенко Ю. Ю.** Механічний вплив динамічних явищ на 223
радіально-осьові гідротурбіни при нестандартних умовах
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків
- Іванов М.І., Ковальова І.М.** Дослідження впливу діаметру дроселя в корпусі 224
похилого диска на роботу гідростатичного підшипника
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
- Іванов М.І., Гречко Р.О.** Моделювання роботи гідростатичної трансмісії типу 226
ГСТ 90
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
- Циба О.А.** Локалізація активної зони реактора в кавітаційному емульгаторі 228
вихрового типу
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси
- Закревський В.П.** Дослідження впливу параметрів насоса типу PVC 1 на якість 229
витратних характеристик
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця
- Медведєв С.В.** Моделювання процесу видалення відходів в трубопроводі 231
вакуумної системи літака
Державне підприємство «АНТОНОВ», м. Київ
- Аврунин Г.А.** О методике обучения современному объемному гидроприводу в 232
высшей школе
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков
- Семінський О. О., Семінська Н.В., Косенко В.В.** Експериментальне дослідження 234
кінетики емульгування в одноступінчастому роторно-пульсаційному апараті
проточного типу
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», м. Київ
- Гречка І. П.¹, Хованський С. О.², Свиначенко М. С.³** Надійність гідроагрегату 235
обертання
¹ *Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків*
² *Сумський державний університет, м. Суми*
³ *Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків*
- Бадах В. М., Браженко В. М.** Гідродинаміка рідини у поверхні та в отворах 237
проникного фільтроелемента ротаційного фільтра
Національний авіаційний університет, м. Київ
- Слабий О. О., Никифорчин Ю. М., Ільків Н. В.** Моделювання динаміки роботи 238
двоступеневого компресора шляхом побудови його імітаційної моделі в мові
Modelica
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- Світлої пам'яті Олександра Кириловича Караулова** 241

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

УДК 621.313

Шинкаренко В.Ф., докт. техн. наук, професор

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», svf1102@gmail.com

О ПРИРОДЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАЛЛЕЛИЗМОВ В ЭВОЛЮЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Важным результатом современного этапа структурно-системных исследований стало осознание того, что эволюция природных и антропогенных систем происходит в соответствии с системными законами наследственности, что позволяет их исследовать как генетически организованные системы (ГОС). Наследственные процессы развития охватывают живую и неживую природу, жизнь, технику и общество. Несмотря на существенный прогресс в познании системности принципов наследственности, их исследования, особенно в системах антропогенного происхождения, еще далеки от завершения и целый ряд научных проблем еще требуют своего решения. К таким проблемам следует отнести феномен возникновения упорядоченных структурных рядов - аналогов в разнообразии развивающихся технических систем [1].

Наличие параллельных процессов в эволюции объектов техники обуславливает неопределенность и неоднозначность в задачах их анализа и синтеза, создает трудности в обоснованном выборе проектных решений, ставит под сомнение полноту информационных баз данных и баз знаний, создает сложности в терминологическом толковании и определении их классификационного и таксономического статуса. Эволюционным параллелизмам посвящено немало научных работ, но в технических науках у этого понятия до сих пор нет ни четкого терминологического определения, ни методологии их исследования, ни даже сколь-нибудь общепринятого толкования.

Разнообразие форм, неоднородность проявления структурных рядов, а также свойство их взаимных пересечений, обуславливает главную проблему научного объяснения принципов их образования в развивающихся технических системах. Поэтому, определение источников и принципов параллельного структурообразования в прогрессирующем разнообразии создаваемых объектов электромеханики и техники в целом, необходимо рассматривать как одно из актуальных направлений на пути познания природы структурного единства и разработки научной стратегии предвидения и управления процессами создания сложных технических систем междисциплинарного уровня.

Новым этапом на пути познания принципов структурной организации и структурной наследственности в эволюции технических систем стало открытие генетической классификации (ГК) первичных источников электромагнитного поля [2]. Результаты анализа инвариантных свойств элементного базиса и структуры ГК показали, что структурное разнообразие и свойства параллельных структурных рядов в ряду поколений электромеханических объектов (ЭМ-объектов), связаны с определенным типом наследственного подобия, уровень проявления которого определяется степенью генетического родства. По результатам анализа детерминированных структурно-информационных связей первичных структур с разнообразием структур-потомков установлено, что процессы образования параллельных рядов определяются двумя взаимосвязанными уровнями их организации - уровнем порождающих элементов и наследственными рядами структур - гомологов. Структурные ряды порождающего уровня определяются принципами структурной изотопии, гомологии и парности. Ключевая роль

в образовании устойчивых взаимосвязей элементного базиса ГК с процессами наследственного видообразования ЭМ-объектов, принадлежит принципам сохранения генетической структуры и информации (рис. 1). Поэтому, принципы видообразования наследственных ЭМ-структур логически объясняются через структуру порождающих классов предметной области ГК. Каждому структурному классу порождающего уровня соответствуют определенные гомологические ряды и Виды структур – потомков.

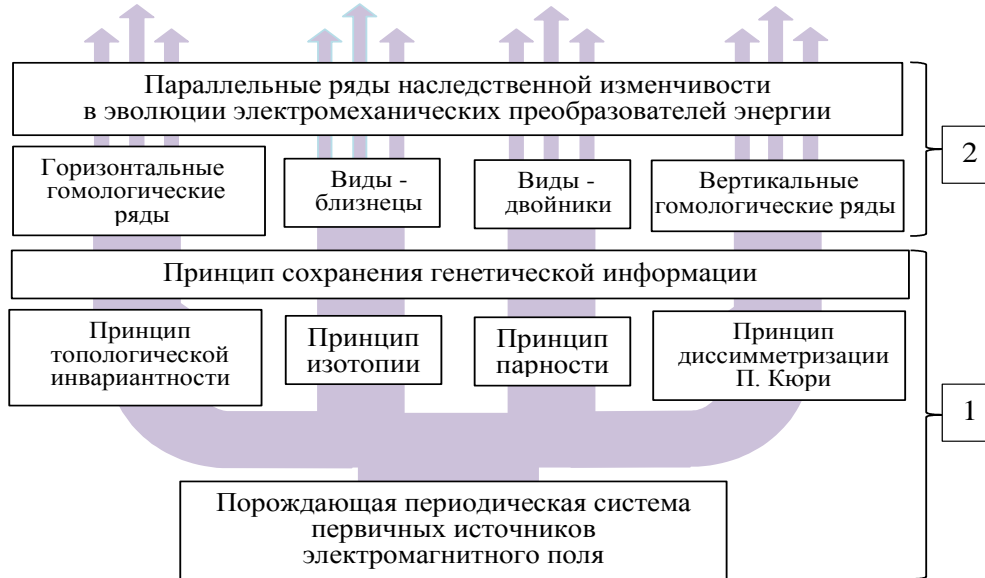


Рис. 1 – Принципы структурообразования и взаимосвязь порождающих и наследственных параллельных классов структур в технической эволюции электромеханических объектов: 1 – порождающий уровень; 2 – уровень наследственной технической эволюции

Количество рядов порождающего уровня ограничено, так как они определяются структурой пересекающихся групп и периодов ГК и принципами сохранения первичных структур. С учетом изначальной упорядоченности и свойства гомеоморфизма, параллельные классы структур порождающего уровня приобретают статус генетически допустимых (идеальных). Внутривидовой уровень дополняется множеством комбинаторных вариантов первичных структур, разнообразие которых ограничивается функцией синтеза. Структура и полнота многочисленных рядов наследственной изменчивости определяется способами их технической реализации и результатами конкурентного отбора (рис. 2). Поэтому, в большинстве случаев, видовое разнообразие параллельных классов (в первую очередь, близнецовых) представлено на текущее время эволюции техники лишь фрагментарными группами, отдельными популяциями (представителями вертикальных гомологических рядов), или могут еще полностью отсутствовать.

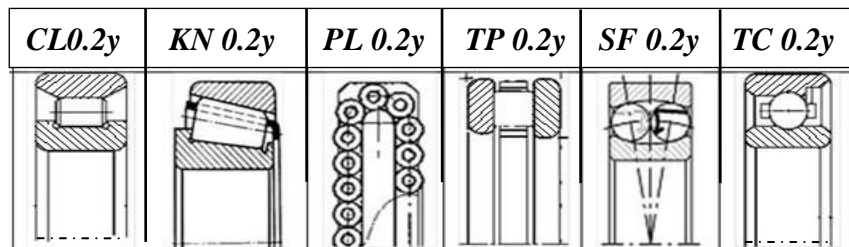


Рис. 2 – Горизонтальный гомологический ряд подшипников качения и их генетические коды (подгруппа 0.2y, первого большого периода ГК)

Важным результатом исследований структурного параллелизма стало открытие структурной изотопии и горизонтального группового параллелизма. Так как произвольный единичный ЭМ-объект является структурным представителем определенного гомологического ряда, то по его генетическому коду и местоположению в периодической структуре ГК, можно определить структуру «идеального» ряда соответствующей подгруппы. Упорядоченные конечные множества первичных элементов в горизонтальных рядах выполняют роль интеллектуальных подсказок в задачах предвидения и направленного синтеза объектов – гомологов, включая структуры объектов, еще отсутствующих на текущее время эволюции исследуемого класса. Кроме того, зная информацию о гомологическом ряде структур одной генетической природы, можно осуществлять междисциплинарный перенос знаний и предвидеть наличие структурных аналогов в параллельном ряду структур другой генетической природы (рис. 2). Указанные закономерности составляют основу технологии предвидения и методологии междисциплинарного синтеза сложных технических объектов [3].

Необходимым условием в создании и развитии объектов техники является созидательная деятельность человека. Природа устанавливает общие принципы организации порождающих систем, создает материальные носители наследственной информации и определяет системные законы их структурной организации. Человеку предоставлена возможность их открытия, познания и функциональной адаптации к конкретной предметной области, а также выбора пути решения задач и их технической реализации. Благодаря технической деятельности человека осуществляется адаптация генотипических структур к изменчивым условиям внешней среды (формирование фенотипа), что возлагает на него ответственность за правильность выбора своих решений с точки зрения обеспечения экологического равновесия.

Не менее важная функция человека предопределена инстинктом познания, посредством которого обеспечивается его непосредственное участие в механизмах передачи новых знаний и генетической информации в ряду поколений объектов техники. Реализуемая человеком адаптация генетически определенных структур и конкурентный отбор технических решений, объясняют причину фрагментарности реальных гомологических рядов и возникновение, не совпадающих по времени, наследственных параллельных процессов структурообразования, которые наблюдаются на всех уровнях организации технических систем.

Обобщая результаты исследований можно констатировать, что процессы эволюции объектов в ГОС сопровождаются образованием рядов наследственной изменчивости, структура, информация и системные свойства которых, определяются через упорядоченный элементарно – информационный базис периодической порождающей системы с такой точностью, что зная генетический код произвольного объекта, принадлежащего к одному из рядов, можно определить структуру и системные свойства всех остальных объектов ряда, а также его генетическую связь с другими генетически допустимыми, параллельными рядами. Приведенное определение, по существу, имеет статус интегрального закона множественности рядов структурной эволюции, который инвариантен к генетической природе, времени структурной эволюции, таксономическому статусу, физической природе и уровню сложности ГОС. Он распространяется на все типы структурных, информационных и наследственных параллелизмов, возникающих в ряду поколений. Системная природа принципа множественности структурных рядов подтверждается открытием эффекта «генетической памяти» ЭМ-объекта, в соответствии с которым, произвольный объект выполняет функцию носителя информации не только о своем местоположении в структуре порождающей системы, но и о своем генетическом родстве - представителях других генетически допустимых рядов наследственного структурообразования (рис. 3).

Достоверность теоретических положений проверялась постановкой эволюционных экспериментов. В результате проведенных геномно-исторических экспериментов, выявлены структурные представители всех структурных рядов, включая близнецовые и двойниковые Виды объектов, а также гомологические ряды вертикального и горизонтального типов. Более значимыми являются результаты геномно-прогностического уровня, по результатам которых осуществлялось предвидение и целенаправленный ввод в техническую эволюцию новых, конкурентоспособных объектов близнецовых, гибридных и гомологических видов, впервые синтезированных по их генетическим программам [3,4].



Рис. 3 – Произвольный технический объект через эффект «генетической памяти» содержит генетическую информацию о всех генетически допустимых рядах параллельного структурообразования

Структурно-информационные параллелизмы в технической эволюции объектов техники являются неотъемлемым свойством их генетической организации и отображают изначальную упорядоченность, заданную порождающей системой первичных элементов. Это означает, что порождающие структуры, по отношению к создаваемому человеком структурному разнообразию технических объектов, являются предсказуемыми, а пути их функциональной адаптации – могут быть заведомо обоснованными и прогнозируемыми.

Наследственная природа принципов структурообразования параллельных структурных рядов имеет место не только в электромеханических, но и механических и числовых системах, что подтверждает фундаментальность и ключевое значение порождающих периодических систем и указывает на их системообразующую роль в науке, системе образования и организации междисциплинарных структурно-системных исследований. Результаты исследований составляют научную, методологическую и информационную основу для упорядочения знаний, создания генетических банков данных и осуществления горизонтального переноса информации на смежные дисциплины, что будет способствовать развитию междисциплинарных структурно-системных исследований, систематизации знаний и реализации технологии генетического предвидения на всех уровнях структурной организации сложных развивающихся технических систем.

Список ссылок

1. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии (Философские и естественнонаучные аспекты) / Ю.А. Урманцев. – М. Ком Книга, 2006. – 232 с.
2. Шинкаренко В.Ф. Основы теорії еволюції електромеханічних систем / В.Ф. Шинкаренко. – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.
3. Shynkarenko V., Kuznetsov Y. Interdisciplinary Approach to Modeling and Synthesis of difficult Technical Systems. // Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 52, 2016. - P. 24-28.
4. Шинкаренко В.Ф. Феномен близнецов и двойников в структурном разнообразии развивающихся технических систем / В.Ф. Шинкаренко. - Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні технології промислового комплексу СТПК-2017» 12 – 17 вересня, м. Херсон. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С.16 - 20.

УДК 620.18: 621.669.15: 621.762

Повстяной О.Ю., канд.техн.наук., доцент
Луцький національний технічний університет, povstjanoj@ukr.net

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРИСТИХ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Як свідчить вітчизняний та світовий досвід останніх десятиріч, успіх розв'язання проблеми створення нових та вдосконалення існуючих методів отримання пористих порошкових матеріалів вимірюється якістю та ступенем прогнозування процесів та явищ, які супроводжують технології їх отримання [1, 2]. Втім, прогнозування, оптимізація та моделювання в порошковій металургії потребують подальшого вдосконалення теоретичних уявлень та їх втілення у вигляді якісних методів та алгоритмів, які реалізуються за допомогою сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій.

Прогнозування закономірностей формування структури та властивостей матеріалів залежать, насамперед, від геометричних факторів часток порошку.

Існує новий спосіб [3], який полягає у застосуванні програмного забезпечення, що реалізує відповідні фізичні моделі, і використовує програмне забезпечення для розробки моделі. Наприклад, в Abaqus, набір порожніх сфер може бути створений, або у вигляді пружних тіл, або більш просто в якості жорстких поверхонь, з відповідними точками контакту. Вони можуть бути змодельовані при падінні у визначений простір-контейнер. Фізика контакту і маси при гравітаційного навантаження забезпечується так, щоб сфери упаковки були реалістичними.

У зв'язку з тим, що початковою стадією технології порошкової металургії є насипка – упаковка з досить низькою густиною, важливим є моделювання нещільної упаковки сферичних часток (рис.1).

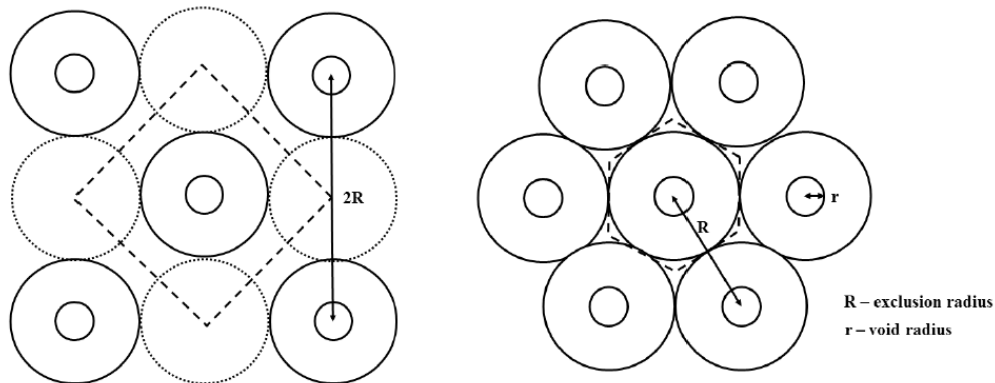


Рис. 1 – Варіанти конфігурації упаковок створених в Abaqus

Нехай середній розмір кульок рівний d , а заповнюють вони частку об'єму $\alpha \in (0; 1)$ від загального об'єму контейнера. Для опису випадкового розподілу кульок пропонується описувати пори між ними (пустоти) за допомогою наступної моделі.

Нехай ξ – пуассонівська випадкова міра у досліджуваній області, інтенсивність якої пропорційна мірі Лебега з коефіцієнтом λ . Випадкова множина пор буде задаватися як:

$$A = \cup_{x \in \xi} B(u, \frac{d}{10}), \quad (1)$$

Центри кульок – це випадкові точки, радіус яких це відстань, яка розміщується між частинками (рис.1).

Для фіксованої точки та простору ймовірність потрапити у дану потрібну випадкову множину (пори) A буде рівна:

$$P(u \in A) = P\left\{B\left(u, \frac{d}{10}\right) \cap \zeta \neq \emptyset\right\} = \\ = 1 - \exp\{-\lambda |B\left(u, \frac{d}{10}\right)|\} = 1 - \exp\left\{-\frac{4}{3}\pi \frac{d^3}{10^3} \lambda\right\}, \quad (2)$$

Нехай, тепер діелектрична проникність частинок рівна ε . Тоді електростатичний потенціал φ всередині матеріалу порошинок буде задовольнятися рівнянням:

$$a(u)\Delta_u \varphi = 0, \quad (3)$$

де $a(u) = 0$, якщо $u \in A$ і $a(u) = \varepsilon$, якщо $u \notin A$

Це випадкове поле стаціонарне і обертово-інваріантне, так як цими властивостями володіє пуассонівська міра. При цьому, значення випадкового поля a в точках, які віддалені на відстань більшу $\frac{d}{10}$, незалежне. Тому існує усереднене значення \bar{a} , яке відповідає діелектричній проникності композитного матеріалу. Для \bar{a} можна буде отримувати різні значення.

Тут прийнятий метод для створення 2D-геометрії з використанням емпіричних законів. При застосуванні генератора випадкових чисел для визначення «частинок» за всією областю контейнера будуються геометричні особливості упаковки. Розподіл точок частинок порошку керується за методом диску Пуассона (рис.1). Дані конфігурації визначають мінімальні і максимальні щільності упаковки, за умови дотримання правила, що жодна точка частинки порошку не може бути ближче до іншої, ніж на величину R , і що кожний доступний простір заповнюється [4].

На підставі результатів, що дає нам можливості Abaqus нескладно розрахувати залежність пористості від радіусу R . Дані наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність пористості від радіусу

R, піксель	Пористість, %
$R_1 = 350$	45,8
$R_2 = 250$	41,1
$R_3 = 150$	34,2
$R_4 = 50$	28,1

Крім того, слід відзначити, що практика застосування нових пористих матеріалів на основі металевих порошків показує, що реалізація у повному об'ємі їх міцнісних і експлуатаційних характеристик потребує суттєвого збільшення рівня прогнозування фізико-механічних властивостей матеріалів та розробки нових методів моделювання, який включає комплексний аналіз процесів формування матеріалів.

Список посилань

1. Повстяной О.Ю. Застосування комп'ютерного моделювання для візуалізації трьохмірних даних при дослідженні властивостей пористих проникливих матеріалів / Повстяной О.Ю., Куц Ю.В., Імбірович Н.Ю.. // Наукові нотатки. – Випуск 50. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2015. – С.159-165.
2. McMillan A J 2011 Stresses and crack propagation in porosity clusters Proceedings of The 16th Composites Durability Workshop, (Seoul National University, South Korea, 28-30 August 2011).
3. Рудь В.Д. Аналіз порошкових матеріалів за допомогою програмного комплексу ABAQUS / Рудь В.Д., Шиберко В.В., Повстяной О.Ю. «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті»: [матеріали XIII міжнародного наукового семінару] / за наук. ред. д.е.н., проф. М. М. Єрмошенка. – К.: Національна академія управління, 2014. – С.77-81.
4. В.В.Шыберко. Прогнозирование структурных характеристик порошковых материалов с помощью 3D моделирования / В.В.Шыберко, В.Д.Рудь, А.Ю.Повстяной // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы, сварка. Сборник докладов 9-го Международного симпозиума. Часть 1. (8-10 апреля 2015). – С.231-238.

УДК 62-82:631.3:621.659

Іванов М.І., канд. тех. наук, професор
Переяславський О.М., канд. тех. наук, доцент
Шаргородський С.А., канд. тех. наук, доцент
Вінницький національний аграрний університет, mosgv@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЬОВАНИХ АКсіАЛЬНИХ РОТОРНОПОРШНЕВИХ НАСОСІВ ТИПУ PVC 1. ДЛЯ LS – ГІДРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Аграрний сектор України при наявних земельних ресурсах та природнокліматичних умовах останнім часом демонструє актуальний розвиток. Прискоренню розвитку аграрного виробництва має сприяти відновлення сільгоспмашинобудування України на новому рівні. В значній мірі ефективність нових сільськогосподарських машин визначається рівнем гідрофікації приводів робочих органів. Розвиток сучасних приводів, чутливих до навантаження, LS – гідроприводів та LUDV- гідроприводів, дозволяє суттєво підвищити енергоощадність та економічну ефективність сільськогосподарських машин. Цей факт набуває особливого значення при умові сучасних тенденцій підвищення потужності та продуктивності с/г машин.

До числа основних складових LS – гідроприводів відноситься регульований насос. Найчастіше використовуються регульовані аксіальні роторнопоршневі насоси з похилим диском. В даний час значного розвитку виробництво насосів даного типу отримало на ПрАТ «Гідросила АПМ» (м. Кропивницький). На даному підприємстві налагоджено виробництво насосів типу PVC. Розвитку виробництва має сприяти удосконалення характеристик цих насосів, що наблизить їх технічний рівень до кращих світових зразків. Приналежність даного обладнання до точного машинобудування ускладнює виявлення причин недоліків та перспектив їх усунення. Дослідження даних об'єктів вимагає використання сучасних підходів та методів.

На кафедрі «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету успішно використовують методи математичного моделювання роботи гідравлічних систем та їх складових елементів.

Дослідження регульованих аксіальних роторнопоршневих насосів типу PVC 1. проходило в напрямі визначення характеристик LS – регулятора типу PVN та власне регульованого насоса. Виявлений вплив величини зазорів в золотникових парах PVN – регулятора, конструктивних особливостей гідростатичних опор похилого диска, системи живлення гідростатичних опор, особливостей навантаження похилого диска дозволив розробити ряд рекомендацій щодо напрямів удосконалення конструкцій, підвищити якість статичних характеристик та коефіцієнт подачі.

Список посилань

1. Ловкис, З.В. Гідроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет / З.В. Ловкис – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
2. Гевко, Б.М. Гідропривод і гідроавтоматика сільськогосподарської техніки: посібник / Б.М.Гевко, С.Г.Білик., А.Ю.Ліник, О.В.Фльонц – Тернопіль:Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.: 2015, – 384 с.
3. Удосконалення системи керування нахилом люльки аксіального роторнопоршневого насоса типу PVC 1.63 / [Іванов М.І., Переяславський О.М., Шаргородський С.А., та ін] // Промислова гідравліка і пневматика. – 2016. – №4(50). – С. 64-70.

СЕКЦІЯ 1
«ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ МАШИНОБУДІВНОГО
ВИРОБНИЦТВА»

UDK 621.9.02

Radzevich S.P. , Dr.(Eng)Sc. , Professor
 RICARDO, Inc., USA, radzevich@usa.com

THREE FUNDAMENTAL LAWS OF GEARING: FOR GEAR DESIGN AND GEAR PRODUCTION

Production of gears is tightly associated with the gear design. When gears are cutting on the gear generators, the kinematics of the gear machining operation, as well as the geometry of the gear-cutting tool, both must obey “*three fundamental laws of gearing*”. Immediately below, these laws of gearing are briefly outlined with respect to C_a – *gearings* (that is, with respect to *crossed-axes gearings*). The case of C_a – *gearings* is the most general one. Thus, I_a – *gearings* (that is, *intersected-axes gearings*), and P_a – *gearings* (that is, *parallel-axes gearings*) are also covered in this consideration.

The first fundamental law of gearing. This law of gearing requires a proper contact of a gear tooth flank, G , and a mating pinion tooth flank, P . The “*Shishkov equation of contact*”:

$$n_g \cdot V_{\Sigma} = 0 \quad (1)$$

is commonly used to describe analytically this law of gearing (Prof. V.A. Shishkov, 1948 [1], [2]). Here is designated: \mathbf{n}_g is the unit vector of a common perpendicular at a point of contact of the tooth flanks, G and P , and \mathbf{V}_{Σ} is the linear velocity vector of the resultant relative motion of the tooth flanks, G and P . The “*Shishkov equation of contact, $\mathbf{n}_g \cdot \mathbf{V}_{\Sigma} = 0$* ”, is known at list since 1948, therefore there is no need to discuss this equation here in more detail.

The second fundamental law of gearing. To fulfill this law of gearing, at every point of the line of contact, a straight line along the common perpendicular vector, \mathbf{n}_g , must intersect the axis of instant rotation, P_{ln} , of the tooth flanks, G and P . The “*equation of conjugacy*”:

$$\mathbf{p}_{ln} \times \mathbf{V}_m \cdot \mathbf{n}_g = 0 \quad (2)$$

is proposed by Prof. S.P. Radzevich (2017) to describe analytically this law of gearing. Here is designated (Fig. 1): \mathbf{p}_{ln} is the unit vector along the axis of instant rotation, P_{ln} (as the angular velocity vector, $\boldsymbol{\omega}_{pl}$, is also along the axis of instant rotation, the unit vector, \mathbf{p}_{ln} , can be substituted with the vector, $\boldsymbol{\omega}_{pl}$), \mathbf{V}_m is the linear velocity vector along an instant line of action, LA_{inst} , through the point of interest, m . In addition, the condition $\mathbf{n}_{pl} \cdot \mathbf{n}_g \neq 0$ must be fulfilled (here, \mathbf{n}_{pl} is the unit normal vector to the axis of instant rotation, P_{ln} ; the vector, \mathbf{n}_{pl} , is entirely located within the plane of action, PA , of the gear pair).

In the simplest case of perfect P_a – *gearing*, second fundamental law of gearing reduces to “*Willis theorem of parallel-axes gearing*” (the term “*Willis theorem*” is an obsolete one; nowadays “*Willis theorem*” is referred to as “*CES – theorem of parallel-axes gearing*”, that stands for “*Camus-Euler-Savary theorem of parallel-axes gearing*”).

The third fundamental law of gearing. In order to meet this law of gearing, angular base pitch of a gear, $\varphi_{b,g}$, must be equal to operating base pitch of the gear pair, $\varphi_{b.op}$, and angular base pitch of a mating pinion, $\varphi_{b.p}$, also must be equal to operating base pitch of the gear pair,

$\varphi_{b.op}$ (Prof. S.P. Radzevich, 2008, [3]). The third fundamental law of gearing is analytically expressed by a set of two equations (Fig. 1):

$$\begin{cases} \varphi_{b.g} = \varphi_{b.op} \\ \varphi_{b.p} = \varphi_{b.op} \end{cases} \quad (3)$$

or simply as $\varphi_{b.g} = \varphi_{b.p} = \varphi_{b.op}$.

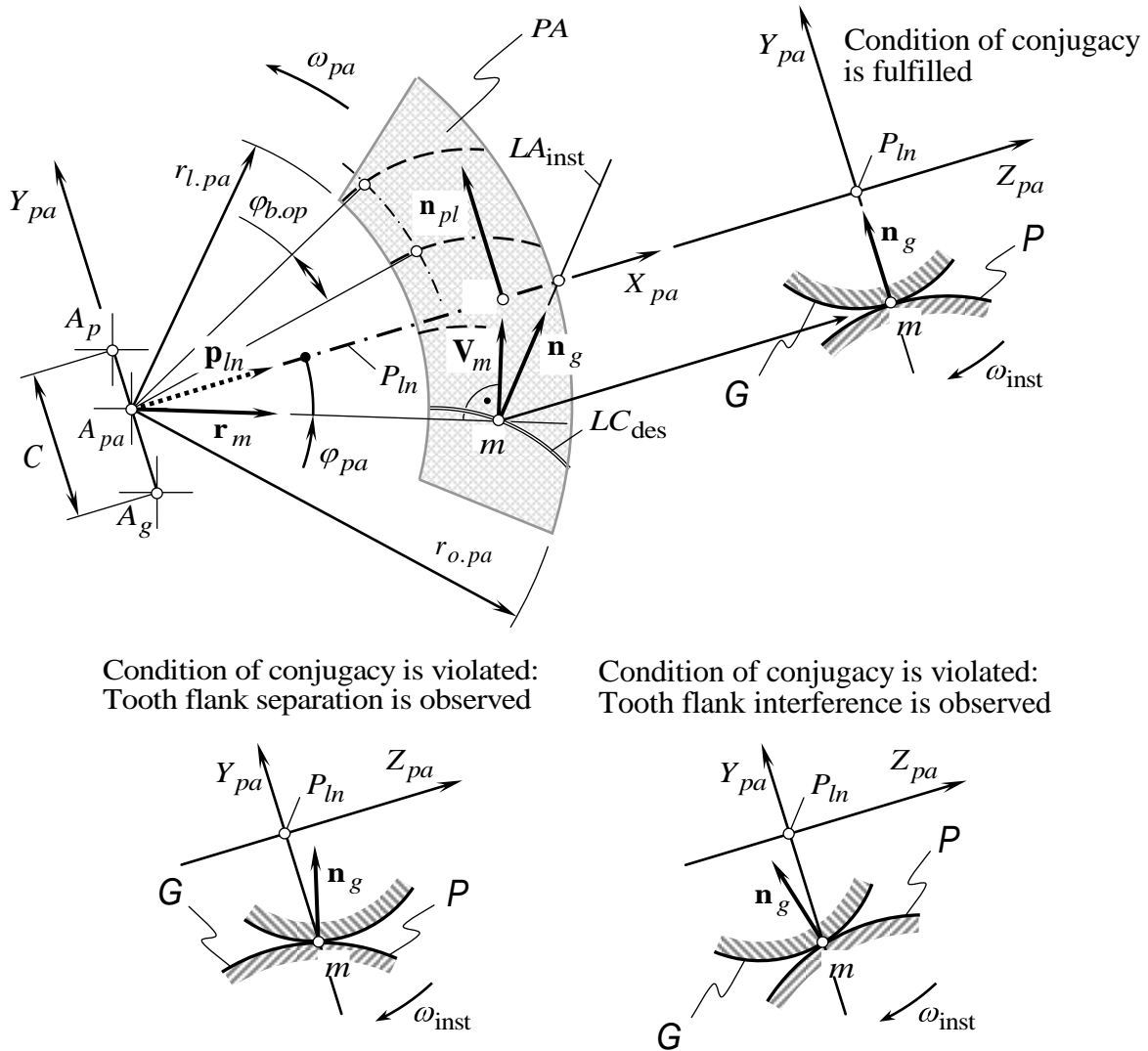


Fig. 1 – Condition of conjugacy of a gear, G and a mating pinion, P , tooth flanks in crossed-axes gearing.

Around 2008, the concept of the “operating base pitch, $\varphi_{b.op}$, of a gear pair” was introduced by Prof. S.P. Radzevich [3]. The proposed concept is specified for all three possible kinds of gearings, that is, for: (a) P_a – gearings, (b) I_a – gearings, and (c) C_a – gearings.

Conclusion: The briefly discussed set of “three fundamental laws of gearing” is of critical importance for both, for the gear designers [3], as well as for the gear manufacturers [4].

References

1. Шишков В. А. Элементы кинематики образования и зацепления зубчатых передач / В. А. Шишков // Теория и расчет зубчатых передач. ЛОНИТОМАШ, кн. 6. – М. – Л.: Машгиз, 1948.

2. Шишков В.А., Образование поверхностей резанием по методу обкатки. / В.А. Шишков – М.: Машгиз, 1951. –152с.

3. Radzevich, S.P., *Theory of Gearing: Kinematics, Geometry, and Synthesis*, 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2018. – 712 pages. [First edition: Radzevich, S.P., *Theory of Gearing: Kinematics, Geometry, and Synthesis*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 2012, 743 pages.].

4. Radzevich, S.P., *Gear Cutting Tools: Science and Engineering*, 2nd Edition, Boca Raton Florida, 2017, 564 pages. [First edition: Radzevich, S.P., *Gear Cutting Tools: Fundamentals of Design and Computation*, Boca Raton Florida, 2010. – 754 pages.].

УДК 621.923.4:621.922.34

Рыжов Ю.Э., канд. техн. наук

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, torsion.rue@gmail.com

Абрамова С.Л., вед. инженер

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, pchelasp@ukr.net

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКЕ

Всю совокупность технологических методов получения деталей машин с требуемыми свойствами можно разделить на три основные группы [1-3]: 1) методы получения материалов для изготовления деталей машин; 2) химико-термические, электронно-лучевые, ионно-плазменные методы обработки; 3) финишные методы механической обработки поверхностей.

Недостаточная разработанность на сегодняшний день методов первой и второй групп применительно к условиям массового производства, а также их относительная дороговизна и сложность реализации, делает наиболее приемлемыми для широкого и универсального применения финишные методы механической обработки поверхностей деталей пар трения. Роль смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) в процессах финишной обработки металлов и, в частности, в формировании поверхностных слоев деталей и повышении их износостойкости описана в научно-технической литературе крайне ограниченно.

Легирующие элементы, содержащиеся в активных компонентах СОТС, существенно, даже в микроконцентрациях, изменяют упруго-пластические характеристики кристаллической решетки железа. С другой стороны, модифицированные поверхностные слои начинают выполнять роль органично связанных с объемом тонких пленок, которые во время деформации влияют на упрочнение и пластичность уже значительно больших приповерхностных микрообъемов стали [4]. Вот почему СОТС, обеспечивая различные толщины науглероженных и оксидных слоев стали, обуславливают формирование различной шероховатости и трибологических свойств ее поверхности.

На основании проведенных в ИСМ НАН Украины и УкрНИИ НП "МАСМА" исследований была разработана универсальная микроэмульсионная СОТС "Трибол" [5]. Разработанная СОТС прошла лабораторные испытания на коррозионную, бактерицидную, антипенную стойкость, стабильность при хранении концентрата и 3-6%-ного водного раствора и признана соответствующей действующим стандартам.

Поскольку в большинстве случаев при изготовлении стальных деталей прецизионных пар трения после обработки поверхностей методами хонингования или суперфиниширования [6] применяется доводка пастами на основе карбида титана или алмазных микропорошков были проведены исследования по применимости разработанной СОТС "Трибол" в доводочных составах. Для доводки металлических поверхностей, как правило, применяются жировые пасты зернистостью 10/7 и 5/3. С целью выяснения вопроса повышения эксплуатационных свойств стальных деталей пар

трения после доводки в жировую алмазную пасту производства ИСМ НАН Украины зернистостью АСМ 10/7 было добавлено 6% концентрата СОТС "Трибол". Результаты исследования обработанных поверхностей стали ШХ 15 приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, при сухом трении присутствие концентрата СОТС "Трибол" в составе жировой алмазной пасты практически не оказывает влияния на эксплуатационные характеристики сформированных при доводке поверхностей (коэффициент трения f , нагрузка сваривания $P_{св}$). При работе в среде дизельного топлива (ДТ) те же поверхности характеризуются повышенной несущей способностью (показатель предельной нагрузки P) и более низким коэффициентом трения (μ). Снижение коэффициента трения стальных деталей в среде ДТ на 30% и повышение несущей способности рабочей поверхности на 30-35% является одним из путей повышения долговечности деталей прецизионных пар трения, например, топливной аппаратуры дизельных двигателей (топливных насосов, форсунок и т.д.).

Таблица 1. – Сравнительные испытания образцов из стали ШХ15 на машинах трения после доводки пастами

Алмазная паста жировая	Сухое трение (Optimol SRV)		Трение в ДТ (микротрибометр)	
	f	$P_{св}$, Н/мм ²	μ	P , МН/м ²
АСМ 10/7	0,43	107	0,0042	520
АСМ 10/7 + 6% СОТС "Трибол"	0,42	110	0,0031	800

Наряду с лабораторными исследованиями влияния на трибологические свойства формируемых поверхностей стальных деталей были проведены предварительные производственные испытания разработанной СОТС "Трибол" на различных операциях финишной алмазно-абразивной механической обработки.

Необходимо отметить простоту приготовления рабочих растворов СОТС "Трибол", их контроль в процессе эксплуатации (определение концентрации, величины pH и т.д.). Коррозия на поверхности деталей и оборудования в течение испытаний отсутствует. СОТС "Трибол" обеспечивает требования технологического процесса – заданную шероховатость поверхности, точность обработки, стойкость инструмента, улучшаются условия труда на рабочем месте, сформированные поверхности после обработки имеют повышенные антизадириные свойства, что является важным фактором в процессе приработки деталей.

Список ссылок

1. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Т.1 / [В.Б. Борисов и др.]. – М.: Машиностроение, 1985 – 655с.
2. Соловьев С. Н. Основы технологии судового машиностроения: Учебн. пособие. / С.Н. Соловьев. – Л.: Судостроение, 1983.– 358 с.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника / Д. Н. Гаркунов. – М.: Машиностроение, 1985.– 424 с.
4. Влияние смазочных сред и присадок к маслам на контактно-фрикционную и объемную усталостную прочность / [Бронштейн Л.А., Фурман А.Я. и др.] //Трение и износ, 1985.– №2.– С. 301–311.
5. Деклараційний патент України № 50365А. Концентрат технологічного засобу для фінішної обробки металів / Процишин В.Т., Рижов Ю.Е. та ін., 2002. – Бюл. «Промислова власність». – №10.
6. Рижов Ю.Е. Вплив водозмішувальних мастильно-холодильних рідин на стан поверхні високоміцних сталей під час фінішної обробки / Рижов Ю.Е., Міщук О.О., Процишин В.Т. // Нафтова і газова промисловість, 2000.– №2.– С. 53-56.

УДК 621.9.04:621.313

Ель-Дахабі Ф.В., канд. техн. наук, доцент

Національна консерваторія мистецтв і ремесел (Ліван), dachabi@i.ua

Кузнєцов Ю. М., докт. техн. наук, професор

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», info@zmok.kiev.ua

КОМБІНАТОРНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ЗАТИСКНИХ МЕХАНІЗМІВ

Однією із світових тенденцій і перспектив розвитку машинобудування і, зокрема, верстатобудування в умовах виклику четвертої промислової революції «Індустрія 4.0», є прагнення до прецизійної (High Precision Cutting) і ультра прецизійної обробки (нанотехнології або субмікронні технології), що дозволяє забезпечити точність обробки виробів до 0,01 мкм і отримати шорсткість поверхні до 0,001 мкм (1 нанометра) [2, 4]. При цьому не менш важливою і перспективною залишається високошвидкісна (High Speed Cutting) при використанні прогресивного лезвийного інструменту (мілкозернистого твердого сплаву з покриттями, кубічного нітриду бору, синтетичного алмазу) на швидкостях різання до 30 м/с і високо обертових шпиндельних вузлів (ШВ).

Еволюція розвитку приводів головного руху, робочих подач і допоміжних рухів верстатів з ЧПК свідчить про те, що підвищення точності і якості поверхні об'єктів обробки при високих швидкостях різання досягається за рахунок скорочення кінематичних ланцюгів, конструктивних елементів в кінцевих ланцюгах, використання матеріалів із змінною наноструктурою, тощо [3, 7].

В приводах головного руху токарних верстатів з ЧПК з використанням електричного струму **довгий кінематичний ланцюг** (джерело енергії (ДЕ) – перетворювачі енергії (ПЕ) у вигляді асинхронних електродвигунів – перетворювачі руху (ПР) у вигляді коробок швидкостей – робочий орган (РО) у вигляді ШВ – об'єкт обробки (заготовки або деталі)) **скоротився** до ДЕ – ШВ – об'єкт обробки, де зникли ПЕ, ПР, а ШВ виконаний у вигляді електрошпинделя, який отримав назву мотор-шпинделя (М-Ш).

В приводах робочих подач токарних верстатів з ЧПК **довгий кінематичний ланцюг** (ДЕ – ПЕ у вигляді високомоментного електродвигуна і коробки подач – ПР з обертового в поступальний – РО у вигляді супорта – ріжучий інструмент (РІ) **скоротився** до ДЕ – РО у вигляді лінійного електродвигуна, де статор є напрямними, а ротор – супорт з РІ.

Така ж сама еволюція спостерігається і в затискних механізмах (ЗМ), для яких нові принципи затиску, їх структури, способи регулювання і стабілізації силових характеристик використовували генетико-морфологічний підхід, комбінаторику і теорію множин [1, 4, 5].

Метою даних досліджень є використання комбінаторики на ранніх етапах проектування для прогнозування і генетичного передбачення високоточних високошвидкісних ЗМ у складі М-Ш з суттєвими скороченнями енергетичних і сировинних ресурсів.

При цьому використані комбінаторні обчислювання на основі двійкової системи наявності (код 1) або відсутності (код 0) елементів в системі ЗМ, що удосконалюється (синтезується).

Починаючи з перших механізованих осесиметричних ЗМ, які широко використовуються в токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних і багатоцільових верстатах, присутні наступні елементи системи (рис.1): джерело енергії (ДЕ) , перетворювачі енергії (ПЕ), привод затиску (ПЗ), затискний патрон (ЗП), об'єкт затиску (ОЗ). Останній може бути штучною, прутковою, трубною чи іншою заготовкою для виготовленої деталі, наприклад, в токарних верстатах, або інструментом (свердлом, фрезою, шліфувальним кругом, тощо).

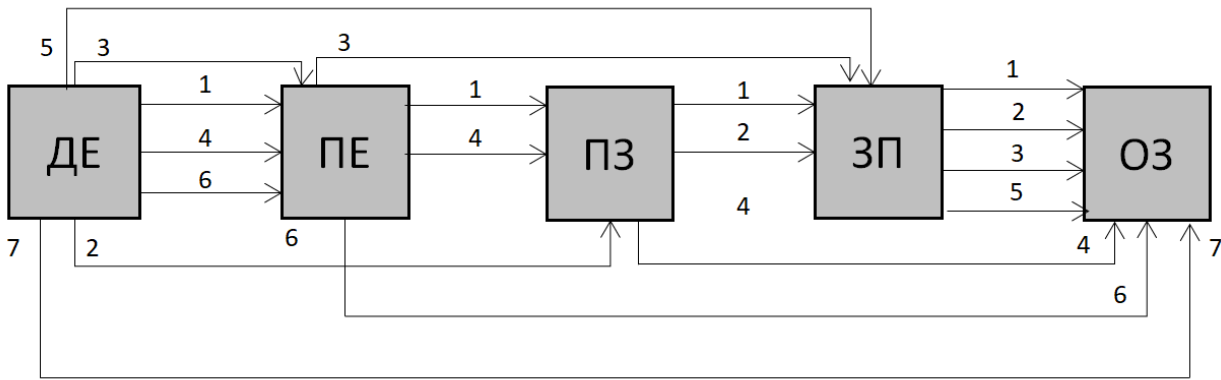


Рис. 1 – Елементи системи ЗМ і зв’язки між ними

В будь-якій системі ЗМ обов’язково повинні бути вхід (ДЕ - вага 1) і вихід (ОЗ - вага 1). Всі інші елементи в послідовному ланцюгу без врахування системи керування (ПЕ, ПЗ, ЗП) в принципі згідно комбінаторики можуть бути і не бути, коли мова йде про спрощення і скорочення ланцюгу.

Згідно теорії еволюційного і генетичного синтезу [6] виникає можливість 100% прогнозування і спрямованого синтезу нових ЗМ з використанням породжувальних систем з заданою цільовою функцією, що вимагає складних математичних перетворень з побудовою моделей мікро і макроеволюцій, а також написанням громіздких структурних генетичних формул.

Тому в роботі запропонований спрощений системно-морфологічний підхід з побудовою цифрової матриці і поступовим вилученням елементів системи при двійковому кодуванні.

Таким чином в еволюційному розвитку системи ЗМ можна передбачити від минулого через сучасне до майбутнього при переборі всіх варіантів лише 7 комбінаторних сполучень з наступними кодами: ЗМ1-11111, ЗМ2-10111, ЗМ3-11011, ЗМ4-11101, ЗМ5-10011, ЗМ6-11001, ЗМ7-10001 (рис.2). До сих пір у виробництві переважно використовуються системи ЗМ1-ЗМ3, частково ЗМ4. Кожний код дає поштовх для пошуку різних варіантів його реалізації.

Елемент системи / Вариант системи	ДЕ	ПЕ	ПЗ	ЗП	ОЗ
ЗМ1	1	1	1	1	1
ЗМ2	1	0	1	1	1
ЗМ3	1	1	0	1	1
ЗМ4	1	1	1	0	1
ЗМ5	1	0	0	1	1
ЗМ6	1	1	0	0	1
ЗМ7	1	0	0	0	1

Рис. 2 – Двійкова морфологічна матриця еволюції і прогнозування системи ЗМ

Реалізація кодів ЗМ6-11001 і ЗМ7-10001 вимагають нових знань, нових фізичних та інших ефектів і навіть наукових відкриттів [2, 5, 7]. Виконаний аналіз публікацій вчених світу, які займаються питаннями трансмутації – перетворення одних речовин в інші. З

проаналізованих джерел стало відомо, що деякі матеріали (золото, срібло, титан) мають гібридну наноструктуру, що складається з міцної металевої основи і електроліту (в якості другого елементу). Для зміни вищевказаних властивостей потрібно впливати на виріб електричним струмом певного потенціалу, що дозволяє виробу ставати більш м'яким, після чого він знову стає твердим. Таким чином вже сьогодні можна передбачити появу системи ЗМ5-10011 без ПЕ і ПЗ.

Список посилань

1. Капустян В.М. Комбинаторные структуры данных для систем фактографического информирования: монография / В.М.Капустян, Ю.А.Махотенко. – М.: ПИО ЦНИИ «Электроника», 1976. – 67 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «ИНДУСТРИЯ 4.0» перед учеными Украины // Матеріали III Міжн. наук.-практ. конференції «СТПК-2017», вип. 3. – Херсон: ХНТУ, 2017. – с.21 – 24.
3. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ и станочные комплексы: Учебн. пособ.ч.2 /Ю.Н.Кузнецов.– К.:–Тернополь: ООО «ЗМОК»–ПП «ГНОЗИС»,2000.–343 с.
4. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахаби; под ред. Ю.Н. Кузнецова. – Габрово: Университетское издательство «Васил Априлов», 2010.–724 с.
5. Хамуйела Ж.А. Герра. Генетико-морфологический синтез зажимных патронов: монография /Ж.А.Герра Хамуйела, Ю.Н.Кузнецов, Т.О.Хамуйела; под ред. Ю.Н.Кузнецова.–Луцк: Вэжа-Друк, 2017.–328с.
6. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (Междисциплинарный аспект) /В.Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. Вип.13, том 4.– Мелітополь. 2013. – С.11 – 20.
7. Switchable imbibition in nanoporous gold, Yuhui Xue, Jörg Weissmüller, Received 11 Apr 2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nature.com>

УДК 621.77.043

Злочевська Н. К., канд. техн. наук, асистент
Лаврінков А. Д., канд. техн. наук, асистент
Вишневський П. С. старший викладач
Щупіченко А. А., студент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
zlochevskaya.natali@gmail.com

ЗБІЛЬШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАГОТОВОК ІЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ VT22 ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Ефективність використання наукоємної техніки машинобудування визначається її надійністю і економічністю в експлуатації.

Одним із напрямків вирішення цих проблем є підвищення механічних властивостей матеріалу деталей методом гвинтового уширюючого пресування [1]. Таке пресування створює великі деформації зсуву в осередку деформацій при зберіганні поперечного перерізу заготовки.

Найбільш поширеними методами обробки заготовок металів, що створюють великі деформації зсуву в осередку деформацій при зберіганні поперечного перерізу цієї заготовки, є рівноканальне кутове пресування (РКУ) [2,3], гвинтова екструзія [4], інші.

Метою роботи є отримання заготовки з підвищеними механічними властивостями для подальшого використання в виготовленні деталей ГТД.

Для оцінки впливу геометрії матриці та швидкості деформування на деформацію заготовки було проведено моделювання процесу методом скінченних елементів в програмі QForm. Моделювання деформації проводилось без урахування пружної складової та з урахуванням теплових процесів. Матеріал заготовки – сплав VT22 (система Ti-Al-Mo-V). Температура заготовки – 930 °С. Температура інструмента – 300 °С. Обладнання для деформування – гідравлічний прес та гвинтовий прес. Змащення – графіт + мінеральне мастило. Моделювання проводилось із двома заготовками для створення протитиску. Реологічна модель матеріалу враховує вплив деформації, швидкості деформації та температури. В результаті моделювання було встановлено, що при деформуванні на гідравлічному пресі відбувається значне охолодження заготовки, що призводить до збільшення зусилля деформування. Тому прийнято рішення проводити експеримент на гвинтовому пресі. Максимальні деформації зсуву були отримані на матриці для гвинтового уширяючого пресування, що забезпечує деформування за схемою «круг-еліпс-круг».

Експериментальне дослідження проводилось на гвинтовому фрикційному прес-молоті зусиллям P-160тс. В експерименті використана матриця для гвинтового уширяючого пресування, що забезпечує деформування за схемою «круг-еліпс-круг». Зразки виконані із титанового сплаву VT22. Розміри вихідної заготовки: діаметр 29,5 мм, висота 50мм.

Перед деформуванням здійснювали нагрівання заготовок. Заготовки нагрівали до температури 930°С, оснащення нагрівали газовою горілкою до 300 °С. Швидкість пресування складала 0,7–1,0 м/с.

Встановлено, що величина інтенсивності деформацій збільшується по мірі руху заготовки вздовж каналу матриці на 15-20%. В напрямку радіальної координати величина інтенсивності деформацій збільшується від центру до периферії. При цьому на периферії заготовки величина інтенсивності деформацій пропорційна довжині напівосей еліпсу. Накопичена деформація при використанні гвинтової уширяючої екструзії розподіляється по перерізу більш рівномірно, ніж при класичній рівно каналній гвинтовій екструзії. Показано, що максимальна величина середнього напруження при рівноканальному пресуванні відповідає осі заготовки (осі каналу матриці). Вздовж радіальної координати від центру до периферії середнє напруження декілька зменшується по величині.

Аналіз показує, що величина середнього напруження стиску при використанні редукування в 1,5-1,7 разів більше, в порівнянні без протитиску.

Розрахунковим шляхом також встановлено, що максимальна величина накопиченої інтенсивності деформації в периферійній зоні zdeформованої заготовки за один прохід складає 0,7-0,8. Така величина накопиченої інтенсивності деформацій складає 74-85 % від теоретичної (характеристики матриці) в периферійній зоні, що підтверджує наявність механізму проковзування при деформуванні. Для підвищення величини накопиченої деформації заготовку потрібно обробляють за декілька проходів.

Експериментально підтверджено, що збільшення накопиченої деформації зсуву викликає зростання величин мікротвердості. Величина накопиченої деформації збільшується повздовж радіальної координати від центру до краю заготовки, що співпадає з результатами розрахунку. Результати механічних дослідів на стискання показують, що після деформування характеристики міцності підвищуються, в середньому на 10-12%.

Висновки

1. Встановлено, що максимальна величина накопиченої інтенсивності деформації в периферійній зоні zdeформованої заготовки за один прохід складає 0,7-0,8.
2. Експериментально підтверджено, що збільшення накопиченої деформації зсуву викликає зростання величин мікротвердості.
3. Показано, що після деформування гвинтовим уширяючим пресуванням характеристики міцності підвищуються, в середньому на 10-12%.

Список посилань

1. Патент України на корисну модель 64346 UA, МПК В21С25/00 Матриця для зміцнення матеріалу при багаторазовому пресуванні /В.А. Тітов, М.С. Тривайло, Н.К. Злочевська, Е.В. Кондратюк, Г.І. Пейчев. – № u201102822; заявл. 10.03.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл.21.
2. Schuh C.A. The effect of solid solution W additions on the mechanical properties of nanocrystalline Ni / Schuh C.A., Nieh T.G., Iwasaki H. // Acta Materialia. – 2003. – v.51. – P.431 – 443.
3. Боткін А.В. Деформационные и силовые параметры процесса равноканального углового прессования длинномерной заготовки по схеме «Conform» / Боткін А.В., Валієв Р.З., Абрамов А.Н., Рааб А.Г. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением – 2009. – № 11. – с. 8-14
4. Бейгельзімер Я.Е. Винтовое прессование: технологические аспекты / Я.Е. Бейгельзімер, Д.В. Орлов, С.Г. Синков, А.В.Решітов. // Физика и техника высоких давлений. – 2002.– Том №12, №4. – с. 40–46.

УДК 621.91

Шахбазов Я. О., докт. техн. наук, професор
Широков В. В., докт. техн. наук, професор
Широков О. В., канд. техн. наук, докторант
Паламар О. О., канд. техн. наук, доцент

Українська академія друкарства, м. Львів, shah-nika@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ

Технологічні можливості процесу шліфування дозволяють розглядати його як один з методів підвищення ефективності на чорнових та чистових операціях механічного обробки. Переваги процесу шліфування в забезпеченні високої розмірної точності, порядку 2 – 4 мкм, шорсткості обробленої поверхні $Ra = 1,25 \dots 0,32$ мкм.

Для більшості шліфувальних кругів обмежуючою умовою часу їх роботи є розмірна стійкість, відновлення якої потребує періодичної примусової обробки їх робочої поверхні, тобто виконання операції правки робочої поверхні шліфувального круга.

Проведені дослідження [1 – 3] показують, що режим правки значно впливає на рельєф робочої поверхні шліфувального круга і, відповідно, на шорсткість обробленої поверхні і на результат процесу шліфування. Управління шорсткістю обробленої поверхні можна досягнути як режимами шліфування, так і зменшенням висоти та кроку нерівностей на робочій поверхні шліфувального круга в процесі правки та її статистичною характеристикою, тобто кількістю абразивних зерен.

Спрацювання абразивних кругів в процесі шліфування на чистових операціях не перевищує 0,02 мм. Статистична характеристика рельєфу робочої поверхні шліфувального круга буде залежатиме від товщини видаленого шару в процесі правки та розмірів контактуючих елементів, які визначають ступінь руйнування шліфувального круга. Для визначення кількості зруйнованих абразивних зерен, за рекомендацією роботи [2] прийнятий закон розподілу їх на робочій поверхні шліфувального круга. Якщо на одиниці робочої поверхні шліфувального круга розташовано Z_o зерен, то на відстані h , від вершин найбільш виступаючих зерен цієї поверхні будуть розташовані Z_h , тобто

$$Z_h = Z_o F(h) \quad (1)$$

де $F(h)$ – функція розподілу вершин зерен при значеннях аргументу h .

Для таких умов побудований графік залежності функції розподілу $F(h)$ зерен від співвідношення h/r_l , де r_l – середньостатистичний радіус абразивного зерна. Графік має поліноміальну характеристику з апроксимуючим рівнянням у вигляді:

$$F \left(\frac{h}{r_1} \right) = 6,4844 \left(\frac{h}{r_1} \right)^4 - 15,151 \left(\frac{h}{r_1} \right)^3 + 10,243 \left(\frac{h}{r_1} \right)^2 - 0,6047 \left(\frac{h}{r_1} \right) + 0,0267 \quad (2)$$

Рівняння (2) дозволяє визначити статистичні параметри робочої поверхні шліфувальних кругів за висотою розташування абразивних зерен. Звичайно правка шліфувального круга здійснюється до усталеного процесу, тобто подальше видалення абразивного шару при незмінних умовах не буде викликати зміну стану робочої поверхні круга. Для цього необхідно, щоб кількість зерен, яка піддається макроруйнуванню від проходу до проходу залишилась незмінною. В цьому випадку, при видаленні з робочої поверхні абразивного шару з глибиною правки (t_k), частина абразивних зерен (Z_a), яка піддається руйнуванню із загальної їх кількості при взаємодії з алмазним інструментом, буде складати:

$$\frac{Z_a}{Z_h} = 1 - \frac{F(h_c)}{F(h_c + t_k)}, \quad (3)$$

де h_c – рівень розташування вершин виступаючих зерен.

Як показали розрахунки за виразом (3), кількість абразивних зерен, яка піддається макроруйнуванню залежить від вибору глибини правки та розміру кристалу алмаза інструменту.

Враховуючи те, що спрацювання абразивного круга в процесі шліфування не перевищує 0,02 мм [2], очевидно глибину правки слід обмежити у межах до 0,025 мм. Як показали розрахунки, це в свою чергу дозволяє зменшити кількість абразивних зерен, які піддаються макроруйнуванню та використовувати їх для виконання процесу різання при шліфуванні.

Для прикладу наведемо розрахунок глибини взаємодії (h_k) шліфувального круга і кристала алмазу, яка викликає макроруйнування (повне руйнування) абразивного зерна. При радіусі вершини кристалу алмазу 0,1 мм: для зернистості 16 – $h_k = 0,025$ мм; для зернистості 25 – $h_k = 0,03$ мм; для зернистості 40 – $h_k = 0,04$ мм. При радіусі вершини кристалу алмаза 0,25 мм: для зернистості 16 – $h_k = 0,019$ мм; для зернистості 25 – $h_k = 0,021$ мм; для зернистості 40 – $h_k = 0,025$ мм. При радіусі вершини кристалу алмаза 0,5 мм: для зернистості 16 – $h_k = 0,016$ мм; для зернистості 25 – $h_k = 0,018$ мм; для зернистості 40 – $h_k = 0,02$ мм.

Забезпечення, по можливості, максимальної кількості абразивних зерен на робочій поверхні круга вимагає виконання процесу правки в режимі мікроруйнування абразивних зерен. Теоретичні розрахунки показують, що такого рельєфу можна досягти при правці шліфувального круга інструментом з радіусом при вершині кристала алмазу не більше 0,1 мм, з врахуванням 20% відхилення. При правці шліфувального круга більшими розмірами кристалу алмаза видалення абразивного шару з робочої поверхні круга буде відбуватися в режимі макроруйнування зерен, що викликає непродуктивні витрати круга та підвищення шорсткості обробленої поверхні.

Користуючись методикою [4] розрахунку кількості зерен та їх відстанями на робочій поверхні шліфувальних кругів, можна дати пояснення закономірностям зміни шорсткості обробленої поверхні при шліфуванні з різними умовами правки шліфувального круга. Як показали розрахунки середньої відстані між абразивними зернами ($l=2/n^{1/2}$, мм; n – кількість абразивних зерен на 1 см^2), підвищення глибини правки або розміру кристалу алмаза викликає збільшення кількості руйнованих зерен (Z_a) та відповідно середньої відстані між абразивними зернами, що погіршує шорсткість обробленої поверхні при шліфуванні.

За прийнятим законом розподілу і методикою розрахунку непродуктивні витрати шліфувального круга в процесі правки при 30 – 50% збереженні зерен на робочій поверхні можуть бути скорочені у межах до 10 ... 20%, за рахунок вибору розміру кристала алмазу, що, у свою чергу, викликає зменшення загальних витрат на процес шліфування.

Інша особливість приведених розрахунків полягає в тому, що зі зменшенням радіуса при вершині кристалу алмаза правку шліфувального круга можна виконувати з більшими глибинами. Це дозволяє підвищити стійкість абразивного круга та скоротити кількість правок, що призводить до зменшення витрат шліфувальних кругів при шліфуванні. Таким чином, отримані результати розрахунків статистичних характеристик робочої поверхні шліфувального круга можна використати при визначенні технологічних умов правки шліфувальних кругів для забезпечення шорсткості обробленої поверхні і скорочення витрат на різних операціях шліфування.

Висновки. Розроблено та обґрунтовано застосування моделі статистичної характеристики робочої поверхні шліфувальних кругів після правки методом точіння алмазними інструментами для розрахунку відстані між абразивними зернами і шорсткості обробленої поверхні. За прийнятим законом розподілу і методикою розрахунку непродуктивні витрати шліфувального круга в процесі правки при 30 – 50% збереженні зерен на робочій поверхні можуть бути скорочені у межах до 10 ... 20%, за рахунок вибору розміру кристалу алмаза правлячого інструменту.

Список посилань

1. Коломиец В. В. Алмазний інструмент фасонного профіля [Текст]/ В.В.Коломиец, Б.И.Полупан, О.В. Химач – К.: Наукова думка, 1992. – 176 с.
2. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке[Текст]/ А.В. Королев – Саратов: Изд-во Саратовского унив-та, 1975. – 192 с.
3. Прогрессивные методы правки абразивных кругов / Под ред. В.И. Пилинского. – К.: Техніка, 1985. – 112 с.
4. Пилинский В.И. Температура и характер контакта при плоском шлифовании торцом круга [Текст]/ В.И. Пилинский // Труды ВНИИАШ. – Л. Машиностроение.– 1968 – №8. – с. 79 – 88.

УДК 621.9.02:621.9.14

Грицай І. Є., докт. техн. наук, професор

Національний університет «Львівська політехніка», i.gryc@i.ua

РОЗВИТОК ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ТА ЇХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ОСНОВІ РАДІАЛЬНО-КОЛОВОГО СПОСОБУ ЗУБОНАРИЗАННЯ

Зубчаті колеса і передачі як основний засіб передавання та перетворення руху є обов'язковими складовими більшості машин. Широке поширення та значні обсяги випуску зубчастих коліс в усіх галузях машинобудування і типах виробництва зумовлюють постійні пошуки й наукові дослідження, метою яких є, з одного боку, підвищення ефективності та покращення експлуатаційних характеристик зубчастих зачеплень та приводів, особливо в умовах, коли зростають навантаження і швидкості передач, а з іншого - удосконалення технології та інструментів.

Результати досліджень, які виконуються на кафедрі технології машинобудування Львівської політехніки протягом тривалого часу дають змогу вирішити одночасно обидві задачі. У першому напрямку обґрунтовано переваги синусоїдального зачеплення порівняно з традиційним евольвентним. На теоретичному і практичному рівнях доведено, що синусоїдальні зубці володіють підвищеною зносостійкістю, мають більшу згинну і контактну міцність, відсутність ділянок локалізації напружень в основі зубців, меншу інтенсивність удару в зачепленні, вищий коефіцієнт торцевого перекриття. Завдяки цьому синусоїдальні передачі характеризуються значно вищою навантажувальною здатністю, нижчим рівнем шуму, мають більший ресурс та забезпечують зменшення до 40% масогабаритних параметрів редукторів при тих же характеристиках передач. Загалом, синусоїдальні передачі можуть використовуватися як ділильні, як швидкісні, а також, як силові.

Перешкодою для широкого впровадження цих передач і коліс була складність виготовлення і перешліфування черв'ячних фрез для їх виготовлення, які базувалися на синусоїдальному початковому контурі. Проте створення радіально-колового способу (РКС) зубонарізання дало змогу успішно подолати цю проблему і одночасно вирішити другу задачу – підвищити ефективність технології зубонарізання та зменшити виробничі витрати.

РКС, який реалізовано на звичайному обкочувальному зубофрезерному верстаті заміною червячної фрези тонкою дисковою фрезою характеризуються найширшою універсальністю, високою продуктивністю та якістю зубчастих поверхонь. Удосконалення РКС введенням мультиплікатора між осями шпинделя і дискової фрези дало змогу змінити кінематику процесу, а оснащення зворотно-поступального руху дискової фрези лінійним серводвигуном, керованим системою ЧПК, або окремим комп'ютером дозволяє нарізати будь-які з відомих типів та видів коліс – евольвентних, кругових, аркових тощо. Разом з тим за умови керованих приводів, одним і тим же інструментом можна нарізати як колеса різних модулів, так і різного виду зубців і профілів – прямо- і косозубі, з прямолінійними, або гвинтовими зубцями, циліндричні, конічні та черв'ячні.

Дослідження РК-способу дало змогу розширити технологічні можливості серійних універсальних зубофрезерних верстатів, видів зубчастих передач та зубчастих коліс у таких основних напрямках.

1. РКС можна використовувати не лише для нарізання, але й для шліфування зубчастих коліс після їх термообробки замість складних і дорогих методів (зубошліфування та хонінгування) та інструментів (хонів, черв'ячних шліфувальних кругів). У цьому випадку викінчувальним інструментом служить тонкий відрізний шліфувальний круг з окремим приводом від швидкісного серводвигуна.

2. Встановлено, що синусоїдальні колеса можуть працювати в парі з евольвентними колесами, а цю властивість можна використовувати в галузі ремонту циліндричних і конічних редукторів та передач. З допомогою гібридного зачеплення є можливість ремонтувати редуктори і приводи гірничої та нафтовидобувної галузей, де широко використовують обладнання, виготовлене у США, а також автомобільних коробок швидкостей авто, випущених у США. Їх передачі відповідають пітчевій системі, а виготовлення нових коліс для заміни спрацьованих представляє значні труднощі. РК-спосіб дозволяє нарізати колеса з будь-яким еквівалентним модулем, забезпечивши необхідну міжцентрову віддаль та передавальне співвідношення шляхом установки дискової фрези з необхідним параметром ексцентриситету.

3. РК-спосіб дає змогу нарізати якісні глобоїдальні колеса, та може бути впроваджений для ремонту ліфтових редукторів, в яких використовувалися глобоїдальні червячні редуктори. Для цього немає потреби в спеціальних верстатах та інструментах – складних і дорогих зубонарізних верстатів і глобоїдних червячних фрез, а весь процес реалізований на звичайному зубофрезерному верстаті з використанням елементарної дискової фрези.

4. Значна економія можлива при використанні РК-способу для нарізання великомодульних коліс модулем 20-40 мм в важкому машинобудуванні. Для цього необхідно розробити на базі важкого порталного карусельного верстата спеціальний зубофрезерний верстат, який працює дисковою фрезою з сервоприводами головного та зворотно-поступального руху фрези.

5. У сучасному машинобудуванні протягом останніх років використовують колеса з асиметричними профілями зубців. Такі колеса мають вищу навантажувальну здатність, проте для їх виготовлення потрібні спеціальні дорогі черв'ячні фрези з асиметричним початковим контуром. Використання РК-способу дає змогу нарізати такі колеса лише завдяки осьовому зміщенню дискової фрези на величину, яка визначає задану асиметрію їх профілів.

6. Виключною є можливість нарізати РК-способом некруглі колеса з будь-якою формою ділильної поверхні, відмінної від колової. У наш час некруглі колеса застосовують у деяких механізмах, хвильових передачах, приводах швейних машин, помпах. До цього часу такі колеса отримували лише точним литвом, або вирізали на електроіскрових верстатах, оснащених ЧПК. РК-спосіб дає змогу виготовляти некруглі колеса будь-якого контуру методами різання, наданням керованого руху столу верстата, значно спростивши та здешевивши їх виготовлення. Отже, ця технологія створює умови для заміни складних механічних систем, які забезпечують нетривіальні закони руху кінцевої ланки механізму парою зубчастих коліс, які здатні виконувати таку ж функцію.

УДК 621.763

Рудь В.Д., докт. техн. наук, професор
Савюк І.В., молодший науковий співробітник
Самчук Л.М., канд. техн. наук
Повстяна Ю.С., канд. техн. наук

Луцький національний технічний університет, iv.saviuk@gmail.com

УТИЛІЗАЦІЯ ОКАЛИНИ КУВАЛЬНО-ШТАМПУВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Утилізація промислових відходів займає вагоме місце при виборі напрямків наукових досліджень. За даними роботи [1] на металургійних підприємствах України накопичено 752,5 млн. т. залізовмісних відходів, щорічне утворення яких складає 70 млн. т. на рік., 10-12% яких припадає на окалину прокатного та штампувального виробництв. Окалина утворюється при гарячому деформуванні сталі та, як правило, складається з оксидів заліза FeO (вюстит), Fe₂O₃ (гематит), Fe₃O₄ (магнетит) масова частка яких складає 65-75% [2]. Перспективним методом утилізації окалини є використання її в якості основного компоненту екзотермічних сумішей. Для досліджень було обрано окалину сталі 18X2H4MA кувалдно-штампувального виробництва. Екзотермічна суміш готувалась з попередньо підготовлених порошків окалини, алюмінію, міді, селітри калієвої та легуючих елементів, феромарганцю та феросиліцію. В результаті спалювання запропонованої шихти було отримано злитки, масова частка заліза в яких 56-58%. З метою визначення хімічного складу матеріалу були проведені металографічні дослідження. На рисунку 1 наведена дифрактограма отриманого матеріалу.

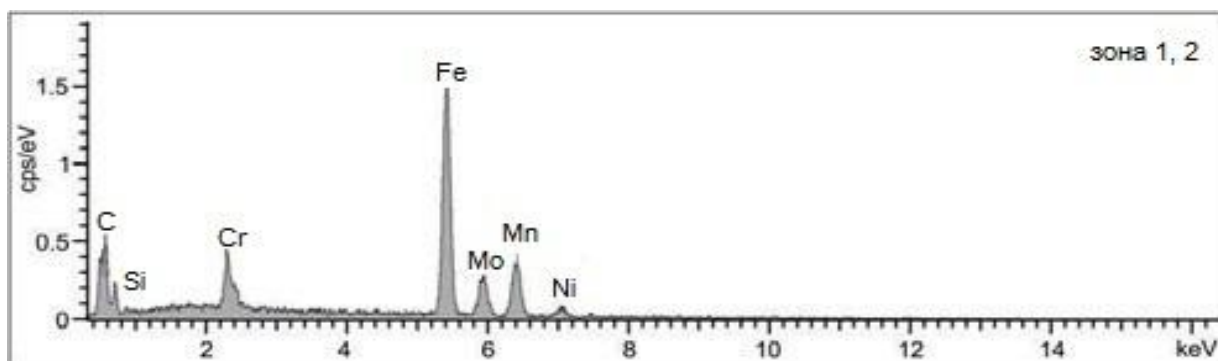


Рис. 1 – Дифрактограма отриманого матеріалу

Хімічний склад матеріалу (після спалювання) наведений у таблиці 1.

Таблиця 1. – Хімічний склад матеріалу

Зона зняття проби	Хімічний склад, %							
	C	Si	Cr	Fe	Mo	Mn	Ni	V
1	0,43	0,21	0,22	98,79	0,07	0,17	0,05	0,3

Наявність високого вмісту алюмінію пояснюється неповним розділенням металу та шлаку при проходженні екзотермічної реакції. Зосередження алюмінію переважає по краях матеріалу та позитивно впливає на корозійну стійкість та триботехнічні властивості. Ідентифікований ванадій імовірно утворюється з оксидів заліза так як він геохімічно наближений до Fe, Mn, Cr, Al, Ti. Присутність ванадію у кількості 0,2 % та більше підвищує стійкість сталі відпуску. Ванадієві сталі характеризуються підвищеною міцністю в нагрітому стані.

Список посилань

1. Копач П.І. Аналіз процесів відходоутворення на виробництвах гірничо-металургійного регіону / П.І. Копач, Д.В. Чілий // Екологія і природокористування. – № 15. – 2012. – с. 118-132.
2. Рудь В.Д. Аналіз кількості утворених відходів машинобудування та металургії на території України / В.Д. Рудь, І.В. Савюк, Л.М. Самчук, Ю.С. Повстяна // Вісник ТНТУ.– Вип. 3(79). – 2015. – С.130–136.

УДК 669.01:621.762:621.89:621.9.048

Роїк Т. А., докт. техн. наук, професор
Віцюк Ю. Ю., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», iuvitsiuk@gmail.com

Триботехнічні властивості деталей тертя для середньоважких умов експлуатації

Метою роботи є встановлення закономірностей впливу технологічних режимів синтезу на структуру і властивості деталей тертя на основі шліфувальних відходів кулькопідшипникової сталі ШХ15СГ з додаванням твердого мастила CaF₂ для середньоважких режимів експлуатації.

Деталі тертя на основі відходів сталі ШХ15С одержували методом порошкової металургії шляхом пресування та спікання, завдяки якому отримали металографічну структуру, що забезпечила високий комплекс триботехнічних властивостей [1, 2].

Легуючі елементи Si, Mn та Cr, що входять до складу матеріалу, здійснюють позитивний вплив на властивості металевої матриці і всього порошкового композиту з CaF₂ у цілому, що видно з табл. Триботехнічні властивості визначали на повітрі при швидкості ковзання 1 м/с при різних навантаженнях (2–8 МПа) та температурах до 400°C у парі з контртілом із сталі Р18 з твердістю 50–52 HRCe. Випробування проводились на високотемпературній машині тертя ВМТ–1 за схемою торцевого тертя ковзання.

Таблиця 1 – Властивості матеріалів на основі відходів сталі ШХ15СГ+CaF₂

Склад, мас. %	Твердість, НВ, МПа	Ударна в'язкість, Дж/м ²	Міцність при згині, МПа	Гранич. наванта- ження, МПа	Інтенсивність зношування, мкм/км, при t, °С			Коефіцієнт тертя, при t, °С		
					200	300	400	200	300	400
ШХ15СГ+(4–7)CaF ₂	660– 720	540–600	420–460	8,0	28– 31	27– 29	43– 46	0,14– 0,16	0,12– 0,14	0,14– 0,17
ЖГрЗМ15 [2, 6]	700	80–94	290–410	3,0	84	212	470	0,22	0,26	0,29

Дані таблиці 1 показують, що використання шліфувальних відходів сталі ШХ15СГ забезпечує надання матеріалу більш високих фізико-механічних властивостей. Це відбувається внаслідок позитивної дії додатково присутніх у твердому розчині легуючих елементів кремнію та марганцю. Кремній збільшує міцність фериту, сприяючи зростанню твердості, та значно підвищує жаростійкість матеріалу внаслідок зростання опору інтенсивному окисленню у атмосфері повітря при підвищених температурах, що

позитивно впливає на значення коефіцієнту тертя та інтенсивності зношування при зовнішньому нагріві пари тертя [2].

Після охолодження від температур спікання, що відповідають температурам гомогенізуючого відпалу, при яких забезпечується більш повне розчинення карбідів і зменшення карбідної смугастості на мікрорівні, кремній, утруднюючи самодифузію, сприяє збереженню дрібного зерна, тим самим підвищуючи фізико-механічні характеристики.

Марганець зміцнює ферит та підвищує стабільність карбідів типу Me_3C внаслідок його розчинення (як і хрому) в цементиті. Марганець заміщає залізо необмежено – від $(Fe,Mn)_3C$ до Mn_3C , а також полегшує розчинення та коагуляцію карбиду [3]. Це призводить до зростання міцності та в'язкості матеріалу (див. табл.1).

Крім зростання фізико-механічних властивостей, присутність легуючих елементів кремнію та марганцю, як видно з табл.1, спричинює значне зниження коефіцієнту тертя та інтенсивності зношування при температурі $400^\circ C$ на повітрі та підвищує гранично-допустимі навантаження у порівнянні з відомим антифрикційним матеріалом [2].

Вплив легуючих елементів на характеристики матеріалів пов'язаний зі способом їх введення у матеріал. Так, хром проявляє себе по-різному залежно від способу введення: при додаванні у вигляді чистого порошку при виготовленні спечених композитів Cr призводить до формування надто гетерогенної грубої структури, що обумовлено уповільнюванням процесів розчинення хрому у залізній основі внаслідок його високої здатності до окислення та карбідоутворення. Проте, одержання матеріалу з легованих порошків забезпечує формування більш однорідної структури. За даними [3] механічні властивості хромистих сталей з легованих порошків вище, ніж у сталей, одержаних механічним змішуванням компонентів: пластичність сталей з легованих порошків у 3–4 рази вище, ніж у сталей із суміші порошків, що мають підвищену гетерогенність.

Крім цього чистий порошок Cr (особливо його підвищена кількість) призводить до „росту” зразків у процесі спікання внаслідок окислення через його високу спорідненість до кисню [2, 3].

Ці обставини значно ускладнюють технологію виготовлення матеріалів з порошками хрому - потрібні додаткові заходи для спеціального захисту матеріалів від окислення та карбідизації (йдеться про неможливість використання еногазу при спіканні), застосування додаткових операцій механічної обробки деталей, що піддалися збільшенню розмірів тощо.

Одержані результати відкривають можливості керування структурою матеріалів і їх властивостями у потрібному напрямку шляхом вибору вихідних легованих порошків-відходів для створення необхідної матричної основи матеріалів та кількісними варіаціями CaF_2 для конкретних умов експлуатації.

Дослідження показали доцільність та розширення подальших робіт у даному напрямку, що обіцяє значні економічні ефекти. Особливу значимість тематика отримує у зв'язку з нестачею високолегованих сталей і сплавів, необхідністю підвищення ресурсу роботи вузлів тертя в широкому діапазоні навантажуючих факторів, а також вирішенням завдань захисту довкілля від забруднень.

Список посилань

1. Новітні композиційні матеріали деталей тертя поліграфічних машин: Монографія / [Киричок П. О., Роїк Т. А., Гавриш А. П., Шевчук А. В., Віцюк Ю. Ю.] – К.: НТУУ КПІ, 2015.– 428 с.
2. Патент України № 122870, МПК C22C 21/02 (2006.01) Композиційний зносостійкий матеріал / Т. А. Роїк, О. А. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк.– Заявка № u 201708942 від 08.09.2017.– опубл. 25.01.2018, Бюл.№ 2. – 4 с.
3. Косторнов А. Г. Триботехническое материаловедение: Монография. / А. Г. Косторнов. – Луганск: «Ноулидж», 2012. – 701 с.

УДК 621.7.07

Васильєв А.В., канд. техн. наук, доцент

Попов С.В., канд. техн. наук, доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,

vas.anatoly@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ РОТАЦІЙНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

Профільні поверхні у вигляді зовнішніх багатокутників складної форми, не кажучи про шестигранні поверхні, останнім часом широко використовуються у болтових з'єднаннях різьбових поверхонь. При ремонті інколи виникає потреба виготовити нову деталь із зовнішнім шестикутником – зірочкою (Торх). Це потребує використання складних процесів фрезерування і звичайними способами механічної обробки це неможливо. Крім того, існує безліч форм різновидів заглиблень на гвинти або болти, що суттєво ускладнює процес виготовлення.

Відомий пристрій [1], запропонований для обробки отворів в деталях на свердлильних і фрезерних верстатах, що мають обертальні і поступальні рухи шпинделя, або обертальний рух шпинделя і поступальний рух робочого столу. За вказаним принципом роботи створені головки для прошивання закордонних виробників Brighetti Meccanica, Slater Tools [2] та ін. Вони мають високу вартість та потребують точного регулювання при зміні інструмента.

Нами запропонований спосіб ротаційного видавлювання зовнішніх профільних поверхонь на токарному верстаті (рис.1, а) шляхом ротаційної обробки. У якості інструмента використовуються звичайні, широко розповсюджені інструментальні накидні головки, робочий профіль яких співпадає з потрібним для виготовлення (рис. 1, б).

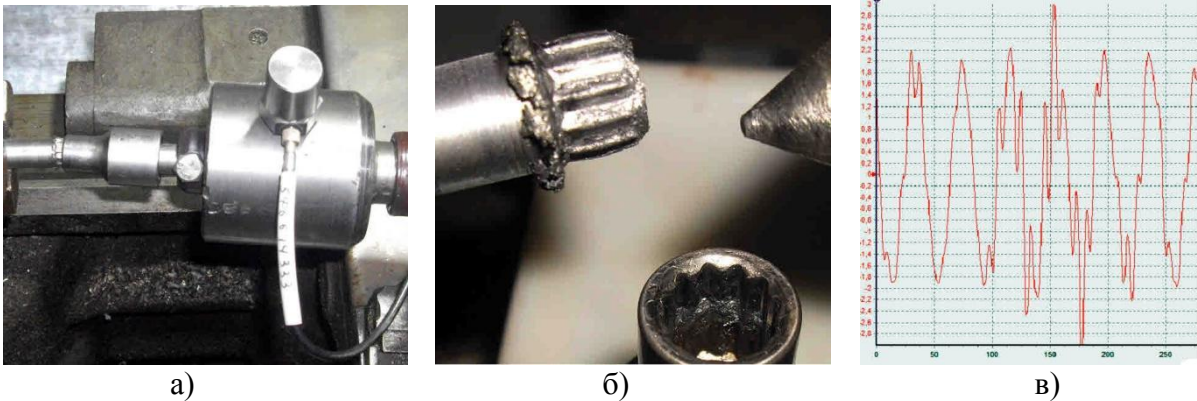


Рис.1 – Ротаційне видавлювання зовнішніх профільних поверхонь:

а – процес видавлювання; б – вигляд профільної поверхні в – фрагмент кривої зміни в часі прискорень інструменту під час утворення профілю

Проведене математичне моделювання процесу видавлювання. Аналіз кривої зміни в часі прискорень інструмента (рис.1, в) дозволив суттєво удосконалити конструкцію його закріплення.

Список посилань

1. Албанский П.П. Инструмент и технологическая оснастка для слесарей / П.П. Албанский, Б.В. Коломинов, В.А. Кузьмин, В.И. Муравьев, И.И. Родин, А.М. Сысоев, К.С. Харченко – М.: Машиностроение, 1969. – 200 с.

2. Vasilyev A. Improvement the method of rotational broaching in the production of profile openings on the lathes of turning group/ A. Vasilyev, S. Popov, E. Vasilyev, A. Pavelieva // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – №1/1 (85). – P. 4–9.

УДК 621.577

Вовченко В.П., викладач

Полтавський коледж нафти і газу, vov.v1956@gmail.com

Малюшицький О.В., канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

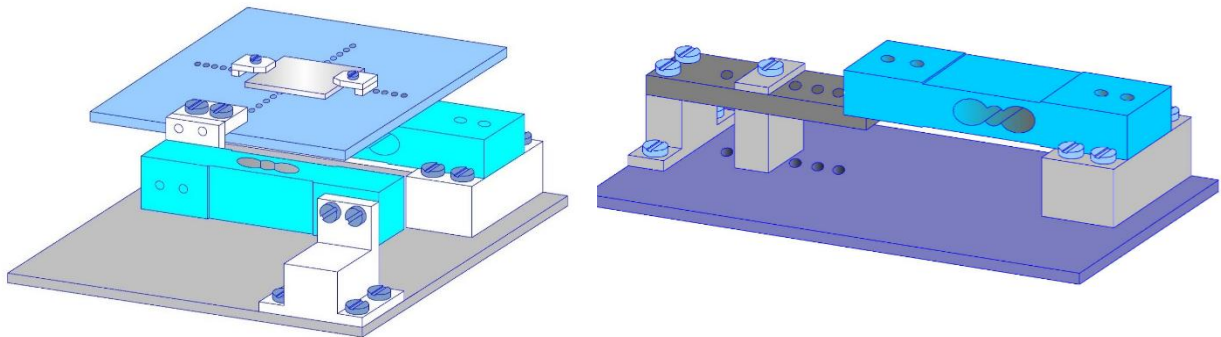
malush.alexander@gmail.com

РОЗШИРЕННЯ ДІАПАЗОНУ ВИМІРЮВАНЬ НА СТЕНДІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУСИЛЬ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

Одним із завдань техніки вимірювання й дослідження механічних величин є вимірювання процесів деформацій, що швидко протікають у конструкціях, деталях машин і матеріалах [1]. Вказані вимірювання виконуються при виготовленні деталей машин і оцінці якості їх роботи. Для вимірювань механічних сил використовують методи з безпосереднім перетворенням вимірюваної величини в електричний сигнал або з проміжним перетворенням вимірюваної величини на механічне напруження. При вимірюванні деформацій найчастіше використовують тензорезистори [2].

Розглянута конструкція стенда для дослідження зусиль різання при свердлінні з розширеним діапазоном вимірювань (рис.1 а), з можливістю вимірювання осьового зусилля та обертового моменту. У якості джерела сигналів використовуються тензорезистори. Для запропонованої конструкції стенду притаманна простота конструкції.

Досліджено проблему розширення нормативних показників тензометричних датчиків. Проведена оцінка можливості використання наявних тензодатчиків поза межами нормованих діапазонів вимірювання, в розширеній області значень впливу навантажень (рис.1, б).



а)

б)

Рис. 1 – Модель стенду для дослідження зусиль різання при свердлінні а) загальний вигляд б) спосіб розширення діапазону вимірювань

Запропонована математична залежність збільшення нормативних показників тензометричних датчиків шляхом консольного підтискання. З'ясовано, що встановивши додаткові пластини жорсткості певних розмірів на тензодатчик, можна ефективно змінювати діапазон вимірювань.

Список посилань

1. Нагорняк С.Г., Обработка отверстий большого диаметра инструментами с адаптивной кинематической связью / С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив // Технология и организация производства. – 1987. – № 4. – С. 27–29.
2. Ящерицын П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П.И. Ящерицын, Л.М. Еременко, Н.И. Жигалко. – Мн. : Выш. школа, 1981. – 560 с.

УДК 621.822.681.2:369.64

Марчук В.І., докт. техн. наук, професор

Марчук І.В., канд. техн. наук, доцент

Луцький національний технічний університет, marchukv@bigmir.net, marchelka@i.ua

ТЕХНОЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ

Температурні дефекти, що виникають на шліфувальних операціях оброблення поверхонь обертання зовнішніх кілець роликотпідшипників не тільки негативно впливають на експлуатаційні властивості підшипника, такі як довговічність, точність базування, зносостійкість, надійність, а й спричиняють значний вплив на подальші операції шліфування доріжки кочення кільця внаслідок дії принципу технологічної спадковості дефектів між операціями.

Під час шліфування доріжки кочення кільця підшипника заготовка на безцентрово-шліфувальній операції на верстаті SASL5AD базується за допомогою попередньо обробленої зовнішньої циліндричної поверхні, тому неточності базування передаються на неточність оброблення внутрішньої доріжки кочення зовнішнього кільця (рис. 1.).

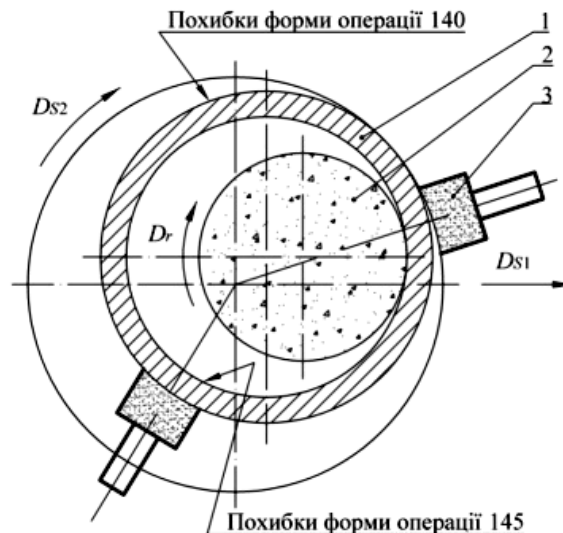


Рис. 1 – Схема шліфування доріжки кочення кільця зовнішнього:

1 – заготовка кільця; 2 – головка шліфувальна; 3 – опори

Необхідно розробити заходи для усунення недоліків, які властиві для переривчастих кругів і тим самим розширити їхні технологічні можливості, на що і спрямована дана робота. Розрахунок і проектування переривчастих шліфувальних кругів найбільш широко розглянуті в роботах А.В. Якімова [1, 2], в яких наведено формули для визначення довжин виступів і впадин. Довжина впадини визначається при умові рідинного охолодження за наступною формулою:

$$l_2 = \frac{V_{кр} \cdot \lambda \cdot C \cdot \gamma \cdot 36}{\alpha^2} \quad (1)$$

Список посилань

1. Якимов А.В. Прерывистое шлифование / А.В. Якимов, Ю.А. Бояршинов и др. // Вестник машиностроения. – 1967. – №3. – С. 76-78.

2. Марчук І.В. Керування температурою на безцентрово-шліфувальних операціях / І.В.Марчук, М.В. Олексин, А.М. Ештеїві // “Перспективні технології та прилади”. Збірник наукових праць. Випуск 10(1). м. Луцьк, червень 2017 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – С. 133–138.

3. Марчук В.И. Управление параметрами качества рабочих поверхностей колец конических роликотподшипников / В.И. Марчук, В.Т. Михалевич // Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве: труды 5-й международной научно-технической конференции. – Харьков: ХНПК ФЭД, 2002. – С. 127–130.

УДК 621. 941

Гальчук Т.Н., канд. техн. наук, доцент
Луцький національний технічний університет, galchuk_tania@rambler.ru

ОБРОБКА СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ КОНТРОЛЮ ТОЧНОСТІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ MINITAB

В сучасних умовах на шляху комп'ютеризації та інформатизації всіх процесів математична обробка результатів дослідження точності механічної обробки ведеться на основі комп'ютерних пакетів статистичного аналізу [1]. Набір комп'ютерних систем та статистичних програмних продуктів на світовому ринку дуже великий і різноманітний. У рамках застосування комп'ютерних технологій використовується інформаційний фонд підприємства, який представлений у формі баз даних і програмних засобів. Для підвищення точності обробки різанням в технології машинобудування важливим елементом є дослідження технологічних процесів обробки поверхонь деталей. Найбільше застосування отримав статистичний метод, що має невисоку вартість і трудомісткість та дає можливість встановити умови оптимального функціонування досліджуваного процесу. Статистичний метод ґрунтується на отриманні та обробці великої кількості експериментальних даних, які забезпечують необхідний обсяг інформації. Його застосовують для дослідження точності технологічних процесів у серійному і масовому виробництві [2]. Для реалізації статистичного методу на виробництві широко застосовують програми: Statistica; SPSS; SAS; Statgraphics+; Minitab; Systat; Stadia; Excel, тощо. Найбільш кращим для вирішення задач точності обробки кільцевих заготовок є програмний продукт Minitab [3]. Ключові особливості програми:

- проста система аналізу даних, зокрема, Мастер Minitab Assistant допомагає аналізувати та інтерпретувати дані;
- наявність функції для описової статистики, перевірки гіпотез, довірчих інтервалів та критеріїв нормальності процесів;
- виявлення важливих факторів, що впливають на якість виробів;
- створення планів вибіркового контролю.

Minitab має широкий спектр різних статистичних інструментів для проведення будь-яких необхідних досліджень. Таких, як створення абсолютно любого графіка, налаштування його кожного елементу під конкретні експериментальні дані, автоматичне оновлення графіків під час зміни даних.

Мета роботи: аналіз точності обробки при виготовленні виробів у вигляді тонкостінних кілець з використанням програмного продукту Minitab статистичної обробки даних.

Дослідження проводилося у виробничих умовах згідно з інструкцією підприємства АТ «СКФ Україна» (публічне) по оцінюванню можливостей обладнання та процесів. Збір даних проводився в порядку обробки деталей без втручання в процес. Вибірка проводилась послідовно, через визначені інтервали часу, з однаковою кількістю деталей, з охопленням якомога більшої кількості особливих причин мінливості. Вимірювальна система, яка використовується для проведення замірів, була прийнятною. Всі деталі, які використовувалися для проведення дослідження зберігалися до завершення проведення статистичної оцінки. Фактичні відхилення контрольованого параметру максимально наближені до середини поля допуску. Однак є випадки виявлення незвичайної поведінки

кривої розподілу, що характеризується одним або декількома критеріями статистичної некерваності процесу. Якщо результати перевірок не відповідають встановленим вимогам, то визначаються причини невідповідностей та розробляється план реагування за результатами статистичної оцінки, в якому ідентифікуються і вказуються засоби усунення особливих причин: технологічні можливості обладнання, засоби вимірювальної техніки, технологічний процес, а також джерело мінливості.

Список посилань

1. Айвазян С.А. Інструменти статистичного аналізу даних / С.А. Айвазян, В.С. Степанов - М.: Наука, 2000. – 302с.
2. Клячкин В.Н. Технология многомерного статистического контроля процесса / В.Н. Клячкин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2002. – № 1. – С. 49-53.
3. Statgraphics Centurion XVII + Minitab 16 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mistergid.ru/pc/soft/36306-statgraphics-centurion-xvii-minitab-16.html>. – Назва екрану.

УДК 621.717-112.6

Григор'єва Н. С., докт. техн.наук, професор
Шабайкович В. А., докт. техн.наук, професор

Луцький національний технічний університет, vik_shabalkin@ukr.net

ВІРТУАЛЬНА РОЗРОБКА МОДУЛЬНИХ СКЛАДАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Концепція віртуальної розробки модульних складальних процесів і технологічного обладнання, в тому числі і виробів, що виготовлятимуться в такому виробництві, полягає в одержанні динамічного віртуального образу на комп'ютері, технологічного та конструкційного інтерактивних середовищ, які включають в себе різні засоби, а також моделюючі, інформаційні та інтелектуальні ресурси.

Віртуалізація конструкційних розробок виробів і технологічного обладнання та оснащення передбачає наявність віртуальних суб'єктів конструкційного середовища і віртуальних форм їх взаємодії, в результаті чого повстає віртуальна конструкція виробу, котра проектується чи процес, що розробляється. Подібно при віртуалізації технологічних розробок передбачається наявність віртуальних суб'єктів технологічного середовища з віртуальними взаємозв'язками. При цьому під віртуальним суб'єктом розуміється сукупність технічних, апаратних і програмних засобів, які змінюються в часі в період його формування та є об'єднаними в цілісну структуру. При віртуалізації конструкції та технології інформаційні зв'язки мають бути гнучкими, а швидкість обміну інформацією достатньою для вирішення конструкційно-технологічних завдань в режимі реального часу.

Математичні моделі конструкцій складального виробу та складального обладнання забезпечують можливість їх проектування на високому рівні. В модель таких конструкцій закладається можливість здійснення модульного складання. Проектування оптимального варіанту конструкції пов'язане з вибраними критеріями, а проблема оптимізації як конструкції, так і модульної технології з реалізацією багатокритеріальних моделей. Для реалізації такого підходу можна використати відомі методи і алгоритми оптимізації, програмне забезпечення. Наприклад, в теперішній час засобом створення різних моделей автоматичного складання є версія 5.10 відомої системи тримірного твердотілого моделювання, проектування складальних конструкцій та технологій, їх автоматичного складання КОМПАС-3D фірми Askon.

Важливим елементом віртуалізації є застосування методів швидкого прототипування (*Rapid Prototyping*), які дозволяють виконувати оптимізацію конструкційно-технологічних рішень. В основі цих методів лежать процеси створення тримірних моделей об'єктів на базі об'ємного проекту виробу в CAD-системі з наступним виготовленням прототипу 3D-

моделі за допомогою методу стерелітографії *SLS, FDM, LOM* та інших, які скорочують процес виготовлення реальних взірців на 30% у порівнянні зі звичайними процесами. Так установка *SLA 500 (CША)* забезпечує виготовлення прототипів з великими габаритними розмірами. Виготовлення прототипів дозволяє одержувати їх концептуальні моделі, проводити їх аналіз, перевіряти і покращувати модульне складання.

Віртуальне представлення модульного складання матиме велике значення в майбутньому комп'ютерно-інтегрованому виробництві *CIM* оскільки в комп'ютерному середовищі можна швидко зробити креслення об'єктів конструкції, розробити оптимальний варіант технологічного процесу та переналагоджуване технологічне обладнання. Але головним при цьому є те, що відкривається можливість перегляду на комп'ютері варіантів віртуальної реалізації об'єктів з їх експлуатацією. Створюється майже ідеальна ситуація, коли при відсутності реальних технологій та конструкцій, відкривається можливість роботи з їх віртуальними прототипами. Особливо цінно те, що на підставі одержаних результатів з метою підвищення їх якості можна ввести всі необхідні зміни як в віртуальну так і реальну конструкцію об'єктів. Ні одна з відомих традиційних методик не забезпечить такі високі результати.

Технологія та конструкція віртуального інтерактивного модульного складання дозволяє отримати комп'ютерне адекватне відображення реальних об'єктів. Елементами такої технології та конструкції виступають математичні моделі: складального виробу, його вузлів і деталей, модульної технології, передбачуваної віртуальної їх експлуатації, одержаних конструкцій виробу та переналагоджуваного обладнання, оснащення, формування показників якості виробу та його модульної технології складання, формування показників якості, внесення покращувальних змін в віртуальні конструкцію та технологію за рахунок використання зворотних зв'язків.

Етапи розробки віртуальної модульної складальної технології включають: підготовчий, на якому вводяться всі необхідні програми, вхідні дані та встановлюються потрібні параметри і характеристики, котрі будуть базою віртуального модульного складання, розробка варіанту віртуального складання, послідуючого коректування віртуального модульного складання за вибраними критеріями, виконання необхідних розрахунків, коректування віртуального складання за одержаними результатами. На підставі одержаних даних проводиться формування модульного складання, визначення його показників якості, введення необхідних покращувальних змін в модульний складальний процес, перевірка реалізації одержаного модульного процесу та його видрук. За результатами віртуальної перевірки можна також покращувати варіант модульної технології на будь-яких етапах розробки.

Найбільш цікавим і плідним напрямком розробки модульних віртуальних складальних процесів є перевірка як віртуальної експлуатації складеного виробу, так і ходу протікання технологічних процесів і на підставі одержаних результатів проведення необхідних покращень в віртуальні модульні конструкції виробів, модульного обладнання, а також складальну технологію. Оптимізація віртуального модульного процесу складання та обладнання на останньому етапі розглядається, як реалізація зворотних зв'язків: експлуатація - конструкція - технологія. При значних змінах може виникнути необхідність в повторенні деяких окремих етапів віртуальної модульної складальної технології. При адекватній моделі віртуальної експлуатації виробу чи перебігу модульного складання можна отримати достатньо достовірні результати віртуальних досліджень і визначити конкретні заходи конструкційного та технологічного планів, направлених на підвищення якості.

На віртуально запроектований згідно віртуального модульного складального процесу виріб передбачається вплив різних чинників. Моделювання таких експлуатаційних процесів вимагає як їх встановлення, так і функціонально-фізичних зв'язків між окремими

показниками якості, конструкцією та технологією, тобто адекватного опису фізичних явищ, які протікають під час роботи виробу в заданих умовах. В загальному, можна відмітити деяку множину варіантів роботи виробу, котрі задовольняють заданим обмеженням і показникам якості, що їх забезпечують. А це приводить до встановлення таких варіантів, вибору методу вирішення поставленого завдання, побудови математичних моделей, їх чисельної оцінки тощо. При вирішенні таких завдань можуть бути корисними відомі методи, які дозволяють виконувати пошук без аналітично вираженої узагальненої функції мети.

При віртуальному проектуванні використовується комп'ютерне програмне забезпечення, а також нова мікропроцесорна техніка. Це в першу чергу стосується інтелектуальних, адаптивних, програмно-орієнтованих і інших систем. Заслужують уваги використання *Internet*-систем в *WEB*-інтегрованому складальному виробництві. На основі *Internet* в середовищі *CALS*-технологій з використанням *CASE*-засобів можна забезпечити оптимальну апаратну комплектацію.

Список посилань

1. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: [монографія] / Н.С. Григор'єва. - Луцьк: Надстир'я, 2008. -529 с.

УДК 621.923

Бурькин В. В., канд. техн. наук

Клименко С. Ан., канд. техн. наук

Мельничук Ю. А., канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник

Рыжов Ю. Э., канд. техн. наук

Муковоз С. Ю., ведущий инженер

Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев, atmu@meta.ua

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КРОМОК СОТОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕД ВАКУУМНОЙ ПАЙКОЙ

Теплозащитные плиточные конструкции, изготовленные из жаростойких материалов, широко применяются для защиты корпусов космических аппаратов (КА). В качестве высокотемпературных, жаростойких материалов для изготовления плиток теплозащитной конструкции используют углерод-углеродные композиционные материалы, жаростойкие металлические сплавы и конструкционную керамику. Установлено, что самые лучшие прочностные характеристики имеют теплозащитные плитки с корпусом из углерод-углеродных композиционных материалов и плитки с наружной трехслойной сотовой панелью из жаростойкого сплава.

Герметизация зазоров между плитками осуществляется вакуумной пайкой соединительных стыков. Для устранения на стыках оксидной пленки, жировых пятен, эмульсий и других загрязнений используют различные способы подготовки поверхностей. Подготовка поверхностей под пайку проводится способом, при выборе которого учитывают: конфигурацию паза; химический состав металлов; твердость поверхностного слоя; структуру и фазовый состав металла; состояние поверхности, включая величину зерна, шероховатость, степень и вид загрязнения, искаженность решетки поверхностного слоя.

В настоящее время в качестве жаропрочного материала применяют покрытие из порошкового сплава на основе Ni-Cr, специально разработанного для использования в теплозащитных конструкциях многоэтажных КА. Для обеспечения чистой поверхности стыков до Ra 0.8 используют механические и химические методы подготовки поверхностей под пайку.

Покриття из порошкового сплава на основе Ni-Cr обладает высокими физико-механическими свойствами, а твердость достигает 50 HRC. В связи с этим операции по очистке поверхностей, которые подлежат пайке, предусматривают применение инструмента содержащего абразивные элементы.

Наиболее оптимальным инструментом для очистки поверхности перед вакуумной пайкой являются лепестковые абразивные круги на неплотной войлочной основе. К их преимуществам относится: обеспечение требуемого качества и бездефектности обработанной поверхности; простота формирования требуемого профиля рабочей части инструмента; малый снимаемый припуск обработанной поверхности покрытия.

Абразивный инструмент представляет собой лепестковый круг ЛК 125x30xM14 зернистостью P240 на войлочный основе Скотч-брайт. Применяется для полирования изделий на универсальных металлорежущих станках и шлифовальных машинках со скоростями до 3000 мин⁻¹. В качестве абразивного материала в круге используется карбид кремния и электрокорунд. Основа круга из нетканого абразивного материала NPA 400.

Формирование рабочего профиля под обработку U-образных стыков производилось путем правки рабочей части круга (рис. 1, а) специально изготовленной абразивной рейкой (рис. 1, б). Размер паза в правящей рейке соответствует размерам U-образного стыка указанного в техническом задании. Правка рабочей части инструмента производилась на токарном станке с частотой оборотов – 1500 мин⁻¹. Форма рабочей части инструмента после правки показана на рис. 1, в.



Рис. 1 – Круг КЛ125x30xM14-P240 (а), вид правящей абразивной рейки (б) и инструмента после правки (в)

Технологические эксперименты проводились на токарном станке ФТ11 на образцах из нержавеющей стали 40X13 и с покрытием, скорость вращения – 2000 об/мин, время обработки варьировалось с 30 до 180 с. Шероховатость исходной и обработанной поверхности определялась с помощью профилометра TR110 (Микротех). Результаты проведенных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты обработки детали из стали 40X13 с покрытием

Вид обработки	Режимы обработки		Шероховатость поверхности	
	n , мин ⁻¹	T , с	$Ra_{исх}$, мкм	$Ra_{обр}$, мкм
Полирование лепестковым кругом Скотч-брайт 125x30–P240	2000	30	1,62	1,25
		60		0,95
		120		0,87
		180		0,81

Анализ полученных результатов показывает, что максимально шероховатость обработанной поверхности снижается в первые 30 с обработки, максимальное время обработки до достижения требуемой шероховатости составляет 120–180 с.

УДК 621.9.025.7

Клименко С.А., докт. техн. наук., професор

Клименко С.Ан., канд. техн. наук

Копейкіна М.Ю., канд. техн. наук, с.н.с.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, atmu@meta.ua

Хейфец М.Л., докт. техн. наук., професор

ДДВО «Центр» НАН Білорусі

**КОНТАКТУВАННЯ СТРУЖКИ ІЗ ПЕРЕДНЬОЮ ПОВЕРХНЕЮ
ІНСТРУМЕНТІВ, ОСНАЩЕНИХ КОМПОЗИТАМИ cBN-Si₃N₄ (3 об.%), cBN-
TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%)**

Визначення розміру ділянки контакту стружки з передньою поверхнею інструментів із ПНТМ на основі cBN є важливою задачею, оскільки дана величина є одним з найважливіших параметрів, що впливає на оцінку сили, температури різання, характеристики стійкості інструменту, окрім того, його точне визначення відіграє значну роль при аналітичних розрахунках та комп'ютерному моделюванні процесу різання.

Для проведення експериментів були використані різальні інструменти, оснащені пластинами RNMN 0700 з композитів cBN-Si₃N₄ (3 об.%) і cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%). Для чіткої візуалізації контактних ділянок на різальні пластини наносився шар алюмінію товщиною 2 мкм. Вплив такого покриття на точність отриманих даних мінімальний, оскільки у перший момент точіння воно виноситься із зони різання і виконує лише інформаційну функцію. Результати досліджень, виконаних при точінні ($t = 0,2$ мм) сталі ХВГ (62–64 HRC), представлені на рис. 1, 2.

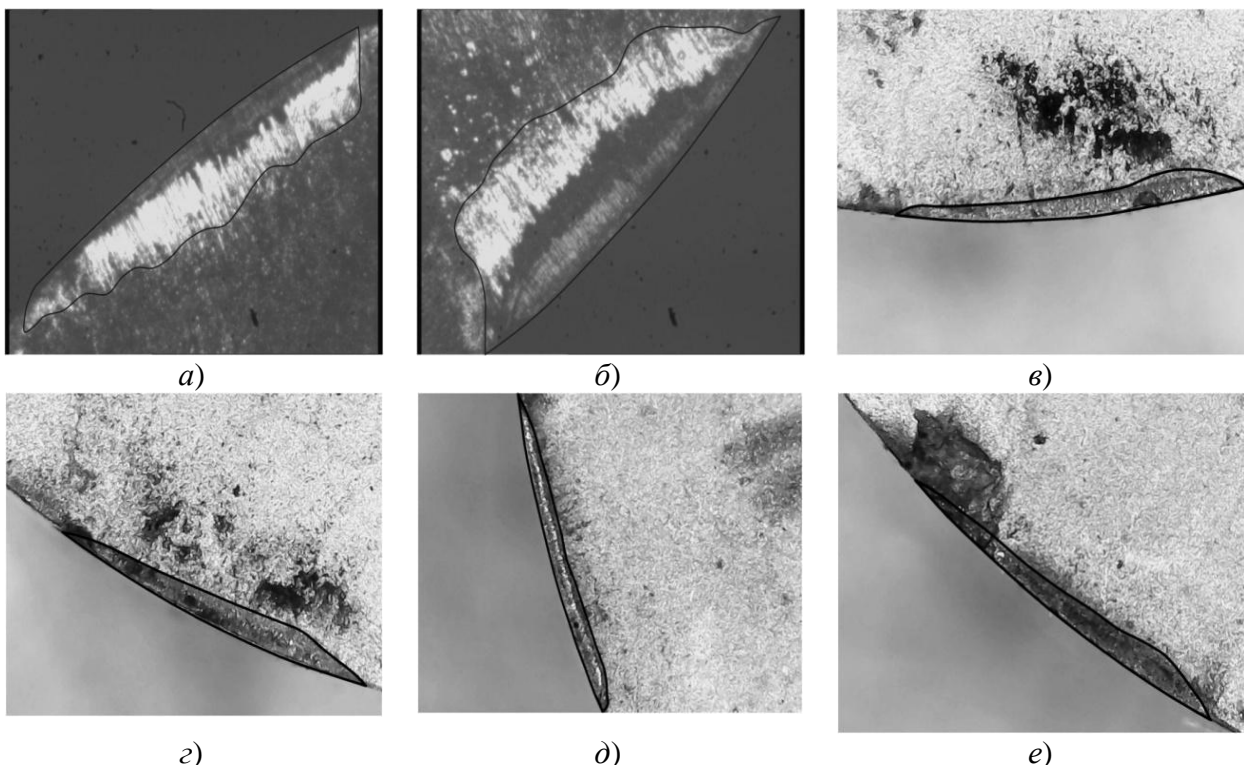


Рис. 1 – Контактні ділянки інструментів з композитів cBN-Si₃N₄ (3 об.%) (а, б), cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%) (в–е): а, б) – 90 м/хв.; в, г) – $v = 100$ м/хв.; д, е) – $v = 200$ м/хв.; а, в, д) – $S = 0,1$ мм/об; б, г, е) – $S = 0,19$ мм/об

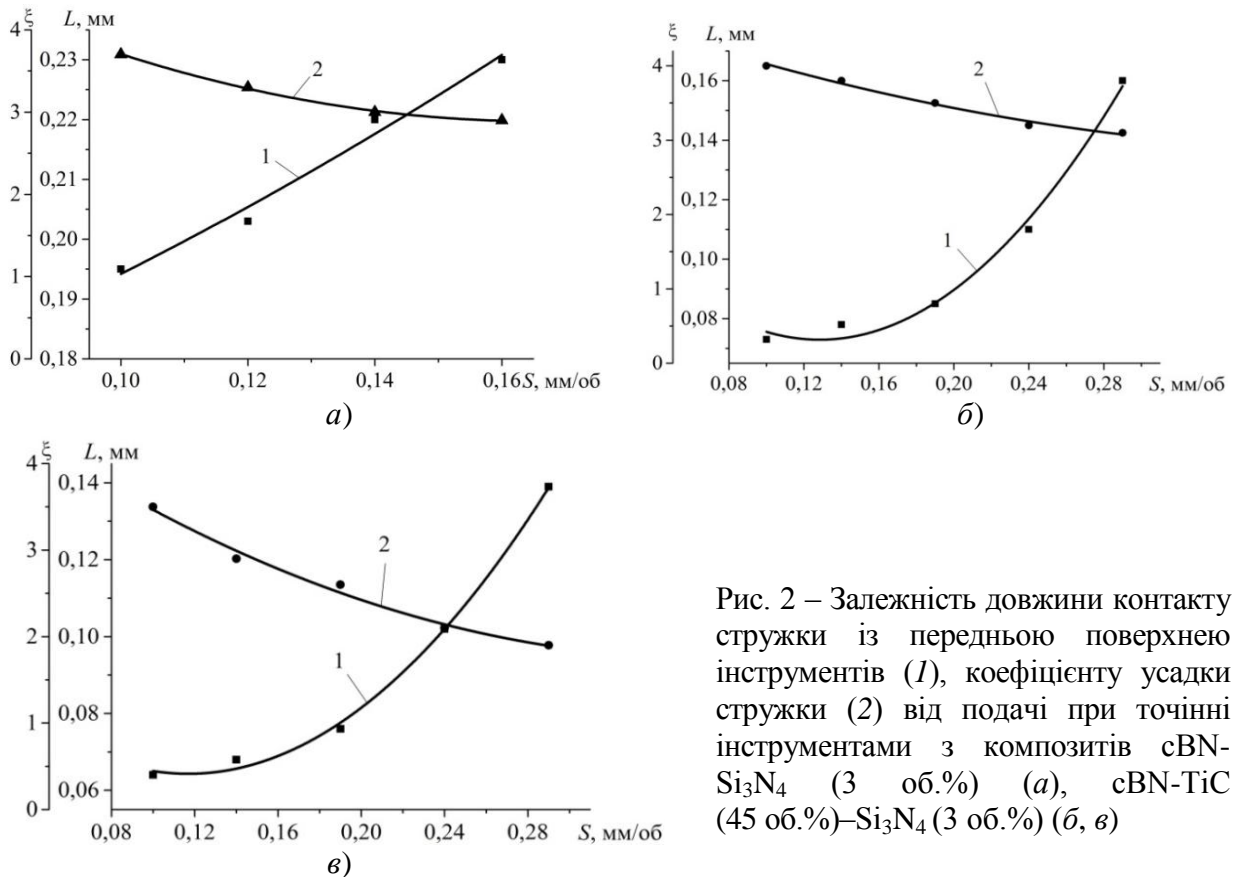


Рис. 2 – Залежність довжини контакту стружки із передньою поверхнею інструментів (1), коефіцієнту усадки стружки (2) від подачі при точінні інструментами з композитів cBN-Si₃N₄ (3 об.%) (а), cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%) (б, в)

Експериментальні результати впливу подачі на величину усадки стружки при точінні загартованої сталі ХВГ апроксимуються виразами:

– для інструменту з композиту cBN-Si₃N₄ (3 об.%) ($v = 90$ м/хв.)

$$\xi(S) = 187,5 \cdot S^2 - 62,25 \cdot S + 8,05 \quad (\text{при } v = 1,5 \text{ м/с}); \quad (1)$$

– для інструменту з композиту cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%) ($v = 100$ м/хв.)

$$\xi(S) = 13,74 \cdot S^2 - 13,96 \cdot S + 4,62. \quad (2)$$

Аналіз проведених досліджень показує, що збільшення подачі, як при використанні інструментів із ПНТМ з композитом cBN-Si₃N₄ (3 об.%), так і з композитом cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%), приводить до збільшення довжини контакту стружки з їхньою передньою поверхнею, що обумовлено збільшенням товщини зрізу, при цьому коефіцієнт усадки стружки зменшується внаслідок збільшення температури різання.

При використанні інструмента з композитом cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%), який працює при більш високих режимах різання, слід відмітити менші значення довжини контакту при збільшенні подачі в порівнянні із інструментом з композитом cBN-Si₃N₄ (3 об.%), що пояснюється комплексною зміною показників процесу різання, а саме: збільшенням температури обробки та зміною умов тертя на контактних ділянках інструменту.

Дослідження, проведені для визначення коефіцієнту усадки стружки (ξ), показали, що при швидкостях 90–100 м/хв. у двох типах інструментів коефіцієнт усадки знаходиться приблизно в одному діапазоні значень, що говорить про майже однаковий ступінь пластичної деформації в зоні різання. При збільшенні швидкості різання до 200 м/хв. коефіцієнт усадки стружки для інструменту з композитом cBN-TiC (45 об.%)–Si₃N₄ (3 об.%) зменшується, що показує більш сприятливі умови стружкоутворення – зменшується ступінь деформації матеріалу на робочих поверхнях інструменту та збільшується швидкість сходу стружки по передній поверхні інструменту, внаслідок чого на зняття припуску витрачаються менші зусилля.

УДК 664.002.5

Іваненко Є.В., студент
Пашенко Б.С., асистент
Бойко Ю. І., канд. техн. наук, доцент
Литвиненко О. А., докт. техн. наук, професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ, hoykke@gmail.com

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ШВИДКОЗНОШУВАНИХ ДЕТАЛЕЙ ОБЛАДНАННЯ

Впровадження сучасних засобів виготовлення деталей на базі комп'ютерних технологій, верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) в багатьох випадках дозволяє реалізувати виробництво таких виробів, яке раніше було ускладнене. На жаль, в машинобудівній галузі України повільно впроваджуються сучасні технології, що не забезпечує належного рівня її розвитку.

В умовах безперервної сільськогосподарської діяльності, коли машини та агрегати зазнають найбільших навантажень, замовлення, доставка і заміна зношених деталей вимагає часу, що затримує проведення сільськогосподарських робіт внаслідок простою техніки. Очевидно, виникає потреба створити певний запас швидкозношуваних деталей для невеликих фермерських господарств, які доцільно замовляти на сучасних підприємствах, в яких реалізується замкнений технологічний цикл від виготовлення заготовки до готової деталі. Це дозволяє знизити собівартість виробу при забезпеченні його високих експлуатаційних характеристик.

Водночас підприємства, орієнтовані на виготовлення високоточних виробів, забезпечені сучасними прикладними програмами комп'ютерного проектування та відповідним обладнанням для їх використання.

Для розроблення технологічного маршруту виготовлення специфічних виробів найбільш раціонально використовувати програмний продукт Fusion 360. Це комплексний CAD / CAE / CAM інструмент для промислового дизайну і машинобудівного проектування. Він поєднує в собі найкраще від Inventor, Alias, Simulation та інших програмних продуктів Autodesk, щоб створити унікальне середовище, яке можна використовувати для проектування будь-яких виробів.

Після визначення форми і конструктивних особливостей майбутнього виробу з врахуванням твердотілого моделювання створюється графічна модель в середовищі, що підтримує імпорт понад 50 форматів файлів (рис. 1).

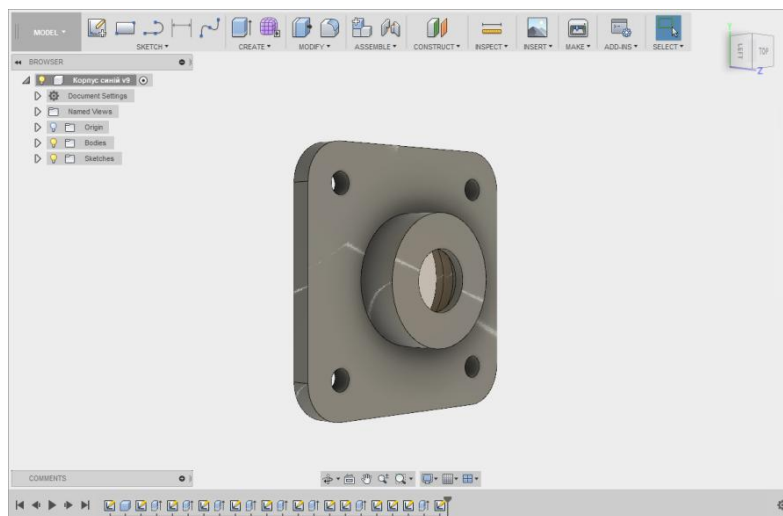


Рис.1 – Графічна модель швидкозношуваної деталі (корпус підшипника)

При САМ виробництві створюється керуюча програма для майбутнього виробу. На рис. 2. показано три вісі координат XYZ, початок відліку осей координат у даному випадку задається від верхнього торця деталі, так як обробка буде здійснюватись зверху-вниз. Вісь Z завжди є віссю інструменту.

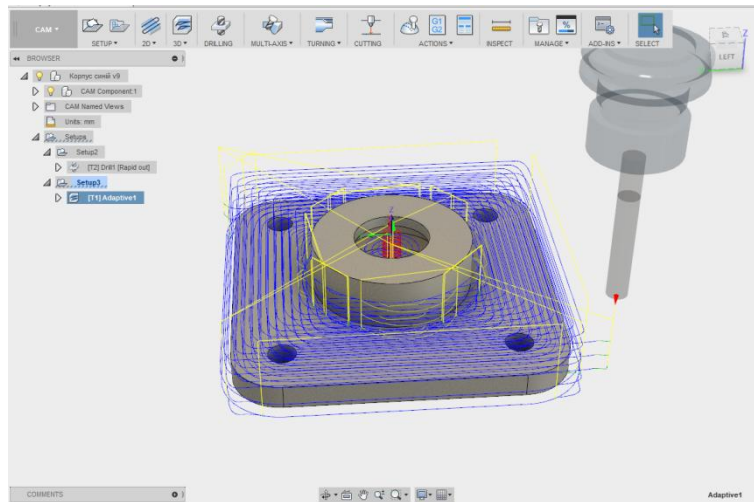


Рис. 2 – Траєкторія руху інструмента

Дана САМ система дозволяє максимально використати всі можливості верстата. Найбільш раціонально реалізувати розроблені програми виготовлення з використанням сучасного обладнання, наприклад, металообробного центра HERMLE C800 V з ЧПК (рис. 3).



Рис.3 – Загальний вигляд 3-осьового центра HERMLE C800 V з ЧПК

Таким чином, при виборі програми для комп'ютерного розроблення технологічного процесу необхідно орієнтуватись на її можливості. Зокрема, при програмуванні в системі Fusion 360 забезпечується більш повна візуалізація технологічного процесу, можуть використовуватись підвищені швидкості подачі інструменту, що дозволяє скоротити машинний час оброблення. Використання програмованого технологічного процесу та обладнання для його реалізації дозволяє суттєво підвищити якість поверхні виробу для забезпечення його довговічності.

Список посилань

1. Сухенко Ю. Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підручник / Ю. Г. Сухенко, О. А. Литвиненко, В. Ю. Сухенко. – К.:НУХТ, 2010. – 547 с.
2. Fusion 360: Product development has changed. So should the tools. [Електронний ресурс]. – <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/free-trial>.

УДК 621.914

Дядя С. І., канд. техн. наук, доцент
Штанкевич В. С., аспірант

Запорізький національний технічний університет, vitavs2007@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ПОДАЧІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОГО РІЗАННЯ

Якість обробленої поверхні, є однією з важливих характеристик процесу фрезерування, що визначається цілим рядом факторів, серед яких основне місце займають режими різання та конструктивно-геометричні характеристики інструмента.

Нерівності поверхні Δh , що виникають при кінцевому фрезеруванні, залежать від діаметру фрези та подачі на зуб і визначаються за формулою [1], мм:

$$\Delta h = 0,5 \cdot (D_{\text{фр}} - \sqrt{D_{\text{фр}}^2 - S_z^2}) \quad (1)$$

де S_z – подача на зуб фрези, мм/зуб;

$D_{\text{фр}}$ – діаметр фрези, мм.

Згідно з нею, зменшення подачі призведе до зменшення нерівності обробленої поверхні.

Але дослідження, які були проведені Розенбергом Ю.А. [2], показують, що при товщині зрізаємого шару матеріалу меншій або рівній 0,02 мм відбувається процес зіскоблювання, а не різання. Це призводить до підвищеного виділення тепла, зносу інструмента по задній поверхні та негативно впливає на якість обробленої поверхні. Виходячи з того, що товщина зрізаємого шару залежить від подачі, тому актуальною задачею є визначення мінімального значення подачі, за яким можливе різання.

Товщина зрізаємого шару матеріалу при кінцевому циліндричному фрезеруванні для будь якого часу різання визначається за формулою [3], мм :

$$a = S_z \cdot \sin\theta \quad (2)$$

де S_z – подача на зуб фрези, мм/зуб;

$\sin\theta$ – кут контакту.

Кут контакту визначається за формулою [3]:

$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{t}{R_{\text{фр}}}\right) \quad (3)$$

де t – глибина різання, мм;

$R_{\text{фр}}$ – радіус фрези, мм.

Знаючи ці основні співвідношення та провівши деякі тригонометричні перетворення, отримуємо формулу для визначення мінімальної подачі на зуб, мм/зуб:

$$S_{z \min} = \frac{a_{\min}}{\sqrt{1 - \left(1 - \frac{t}{R_{\text{фр}}}\right)^2}} \quad (4)$$

де a_{\min} – мінімальне значення товщини зрізаємого шару матеріалу, мм.

За формулою (4) можна розрахувати значення мінімальної подачі на зуб фрези, за якої гарантовано буде відбуватися процес різання.

Список посилань

1. Грановский Г.И. Резание металлов [Текст]: учебное пособие/ Г.И. Грановский, В.Г.Грановский. – Москва: Высшая школа, 1985. – 304 с.: ил.

2. Розенберг Ю. А. Силы резания и методы их определения [Текст]: В 2 ч. / Ю. А. Розенберг, С. И. Тахман : Кург. машиностроит. ин-т. – Курган : КМИ, 1995. – 103 с.

3. Петраков Ю.В. Моделирование процессов резания [Текст]: учебное пособие/ Ю.В. Петраков, О. И. Драчёв. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 240 с.

УДК 519.248:621.923.9

Гончар Н.В., канд. техн. наук, доцент
Степанов Д.Н., старший преподаватель
Мерлікова Ю. Р., магистр

Запорожский национальный технический университет, gonchar@zntu.edu.ua

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПОЛИРОВАНИЯ ДИСКОВЫМИ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНЫМИ ЩЕТКАМИ

Общеизвестно, что применение полного факторного эксперимента 2^k значительно уменьшает количество необходимых опытов. Однако высокие коэффициенты корреляции обеспечиваются при близком к линейному характеру изменении изучаемых факторов. При наличии промежуточных оптимумов коэффициент корреляции будет неоправданно низкий. И тогда необходимо применять полный факторный эксперимент 3^k , а иногда стандартные однофакторные эксперименты, что не всегда выгодно или даже возможно. Для таких случаев можно применить так называемый центральный композиционный анализ, который с помощью нескольких дополнительных реплик в центральной точке и «звездных» точек за пределами крайних значений факторов дает возможность получения искомого оптимума.

Целью данной работы был статистический анализ режимов полирования полимерно-абразивными щетками (ПАЩ) с помощью центрального композиционного анализа.

ПАЩ – щеточный инструмент вращательного действия. Представляет собой установленные в ступице полимерно-абразивные волокна (основа которых полимер; по его объему равномерно распределены абразивные частицы определенной зернистости). Обрабатываемые образцы из стали 3 имели различное значение исходной шероховатости, поэтому результирующим показателем качества поверхности был коэффициент улучшения шероховатости, равный отношению значений Ra до и после полирования щетки: $\varepsilon_{Ra} = Ra_{исх} / Ra_{пол}$. Следовательно, чем больше значение ε_{Ra} , тем лучше качество полирования ПАЩ.

Изучаемыми переменными факторами были взяты продольная подача $S=1...8$ м/мин и натяг $i=1...3$ мм (величина, характеризующая степень прижатия щетки к обрабатываемой поверхности). Постоянные факторы: скорость обработки $V=17$ м/с, количество двойных ходов $N=5$ дв.х. и параметры инструмента: диаметр волокон $d\phi=21$ мм, зернистость F180, материал абразива 63С.

Предварительно был проведен классический полный двухуровневый эксперимент для двух переменных i и S (табл. 1). Полученная модель, имеющая коэффициент корреляции $R=1$, при экспериментальной проверке контрольных точек показала низкую сходимость с расчетными значениями (ошибка превышала 40%). Поэтому для выполнения центрального компонентного анализа были добавлены 5 реплик в центральной точке и 4 «звездные» точки за пределами $[-1; +1]$, т.е. еще 9 опытов (табл. 2).

Таблица 1 – Исходные данные

№ опыта	Фактор 1		Фактор 2		ε_{Ra}
	X1	i , мм	X2	S , м/мин	
1	-1	1	-1	1	3,28
2	-1	1	+1	8	1,94
3	+1	3	-1	1	2,41
4	+1	3	+1	8	1,58

Таблица 2 – Реплики и «звездные» точки

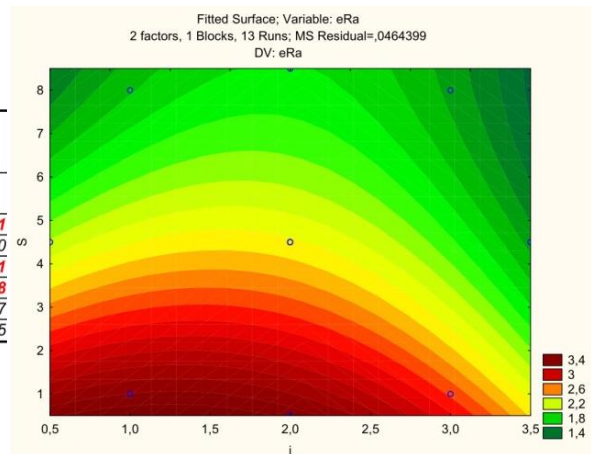
№ точек	Натяг i , мм	Подача S , мм	\mathcal{E}_{Ra}
1	реплики в центральной точке	2	2,27
2		2	2,33
3		2	2,35
4		2	2,24
5		2	2,41
1	«звездные» точки	0,5	1,96
2		3,5	1,73
3		2	3,62
4		2	8,5

Расчет проводили с помощью пакета «Statistica». Рассчитанные при дисперсном анализе коэффициенты регрессии полученной модели (рис. 1, а) показывают, что линейная составляющая i и квадратичная составляющая S имеют невысокое влияние на отклик системы. Однако при исключении их из модели точка максимума значительно смещается, поэтому модель была оставлена в полном виде (коэффициент корреляции $R=0,92$):

$$\mathcal{E}_{Ra} = 3,372 + 0,5 \cdot i - 0,215 \cdot i^2 - 0,417 \cdot S + 0,017 \cdot S^2 + 0,036 \cdot i \cdot S \quad (1)$$

Полученная поверхность (рис. 1, б) подтверждает наличие оптимума и нелинейное изменение факторов. Экспериментальная проверка контрольных точек показала высокую сходимость с расчетными значениями. Был определен локальный максимум: $i=1,27$ мм, $S=0,5$ м/мин ($\mathcal{E}_{Ra}=3,49$). Однако, окончательно рациональным значением подачи была принята $S=1$ м/мин (на меньшей подаче без применения СОТС возможен перегрев щетки); этому значению соответствует $i=1,23$ мм ($\mathcal{E}_{Ra}=3,32$). Рациональную величину натяга i задаем диапазоном 1...1,5 мм для удобства настройки инструмента.

Regr. Coefficients; Var.: eRa; R-sqr=.92507; Adj.: 87156 (Ok_ish Ra.sta) 2 factors, 1 Blocks, 13 Runs; MS Residual=.0464399 DV: eRa						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err.	t(7)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	3,372847	0,439404	7,67597	0,000119	2,333822	4,411871
(1)i(L)	0,510212	0,334137	1,52696	0,170610	-0,279896	1,300320
i(Q)	-0,214859	0,073736	-2,91389	0,022535	-0,389217	-0,040501
(2)S(L)	-0,417238	0,102832	-4,05746	0,004825	-0,660397	-0,174078
S(Q)	0,016653	0,008756	1,90185	0,098936	-0,004052	0,037357
1L by 2L	0,036429	0,030786	1,18330	0,275315	-0,036368	0,109225



а) б)

Рис. 1 – Коэффициенты регрессии модели и поверхность отклика.

В результате проведенной работы было установлено, что, проведя центральный компонентный анализ, т.е. добавив к полному двухуровневому факторному эксперименту несколько дополнительных опытов, можно изучать факторы, изменяющиеся нелинейно, и получить математические модели с высоким коэффициентом корреляции. На примере такой статистической обработки результатов полирования стальных образцов полимерно-абразивными щетками были определены рациональные значения режимов обработки.

УДК 621.785

Манько О.В., канд. техн. наук, доцент

Стецько А.Є., канд. техн. наук, доцент

Українська академія друкарства, м. Львів, oleksiymanko@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ ДИФУЗІЇ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТЯ ПІД ЧАС КОМПЛЕКСНОЇ ЗМІЦНЮВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ

Проблема збереження ресурсів та електроенергії, зростання цін на енергоносії та матеріали змушує нас звертати погляд на удосконалення ресурсо- та енергозберігаючих технологій у машинобудівній галузі. Однією з таких технологій є дифузійне насичення сталей хромом після попереднього нікелькобальтфосфорного (Ni-Co-P) хімічного покриття.

У результаті її реалізації було отримано дифузійний шар чіткої будови (рис.1), а саме: композитна зона 1, яка складається з колонії стовпчастих зерен карбідів хрому Cr_7C_3 та $Cr_{23}C_6$ в матриці твердого розчину хрому в α -залізі товщиною до 70 мкм; зона 2 твердого розчину хрому в α -залізі товщиною до 25 мкм; евтектоїдна зона 3 товщиною до 15 мкм, зневуглецьована зона 4 товщиною до 160 мкм і далі основний метал.

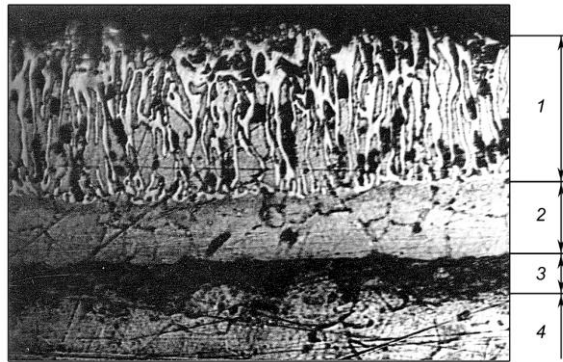


Рис.1 – Мікроструктура дифузійного шару на сталі 45 після хромування з попереднім Ni–Co–P покриттям. Режим: $T=1050^{\circ}C$, тривалість насичення $\tau=7$ год, 600^{\times}

З попередніх досліджень [1] зрозуміло, що утворенню такого дифузійного шару сприяє т.зв. ефект «рідкометалевої фази». У нашому випадку розплавляється хімічне покриття Ni-Co-P, що різко пришвидшує дифузійні процеси його компонентів та атомарного хрому в глибину зразка.

Чітка структура зерен карбідної колонії, їх паралельність наштовхують на думку про сприятливі умови для реалізації формоутворення такої композитної зони, а саме про розвинуту пористість твердого розчину матриці. Останнє дозволяє формуватись зонам підвищеної дефектності по найкоротших траєкторіях, зорієнтованих перпендикулярно до фізичної поверхні виробу, що в подальшому дозволить сформуватись стовпчастій колонії карбідів хрому.

З метою глибшого дослідження дифузійних процесів, які протікають під час комплексної обробки було здійснено аналіз розподілу насичуючих елементів в дифузійному шарі на основі даних, отриманих на рентгенівському мікроаналізаторі «Сомебах» фірми «Самека» після проведеної низки експериментів із введенням ізотермічної витримки $\tau_{is}=1$ год. при $T=700^{\circ}C$ і $800^{\circ}C$ та повної витримки насичення 6 і 7 год для сталей 45 та У10 при температурі насичення $T=1050^{\circ}C$.

Кристал та інші автори [2] провели дослідження на таких системах: Fe-Ni, Fe-Co, Fe-Cr, Fe-Cu, Cu-Ni та Mo-W. Власне тільки для систем Fe-Ni і Fe-Co ефект Френкеля конкурує з ефектом Кіркендалла. У той час, як взаємодія вакансій з дислокаціями на стороні швидко дифундуючого компонента призводить до усадження зразка за рахунок

зникнення атомних площин, утворення пористості створює залишкове видовження. Після дифузії Ni і Co, котрі дифундують першою хвилиною, створюються спрямовані зони підвищеної дефектності (в т.ч. пористість), через які в подальшому дифундує атомарний хром (рис. 2).

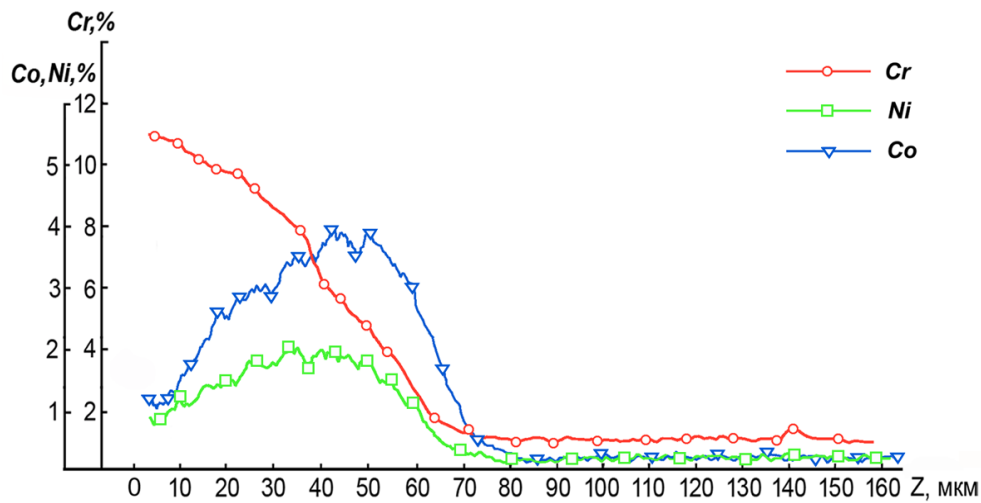


Рис. 2 – Розподіл Cr, Ni та Co у дифузійному шарі після хромування, $\tau = 5$ год, $T = 1050^{\circ}\text{C}$. Безперервний нагрів до температури насичення.

Показано чітку залежність дифузійних процесів, де атомарний хром як на перших етапах, так і в подальшому витісняє вглиб нікель і кобальт, проте не впливає на розподіл фосфору. Нікель і кобальт в основному будуть концентруватись у гомогенній зоні 2 (наприклад рис. 3).

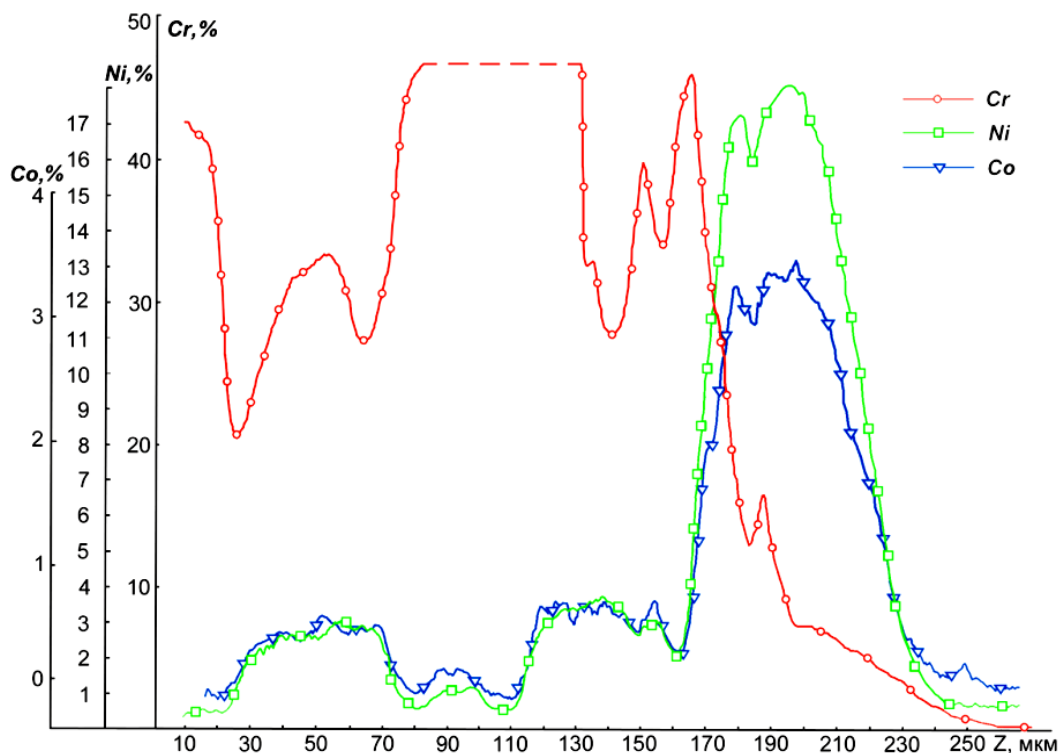


Рис. 3 – Розподіл компонентів Cr, Ni, Co після дифузійного насичення сталі У10 з ізотермічною витримкою $\tau = 1$ год. при $T = 800^{\circ}\text{C}$ та витримці насичення $\tau = 7$ год і $T = 1050^{\circ}\text{C}$.

Проведені дослідження підтверджують припущення про утворення в процесі дифузії спрямованих зон підвищеної дефектності, через які посилено транспортуватиметься

атомарний хром, що в надалі призведе до формування регулярної структури зовнішньої композитної зони.

Список посилань

1. Манько О. В. Особливості формування дифузійного шару після хромування з попереднім Ni-Co-P покриттям / Стецьків О.П., Стецько А.Є., Гнатюк П.Є. // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні». – 2002. – №442. – С.138 – 145.
2. Криштал М.А., Многокомпонентная диффузия в металлах / М. А. Криштал, А. И. Волков. – М.: Металлургия, 1985. – 177 с.

УДК 621.923

Рудик А.В., канд. техн. наук, доцент
Венжега В.І., канд. техн. наук, доцент
Пасов Г.В., канд. техн. наук, доцент

Чернігівський національний технологічний університет, andrei.rudik@gmail.com

АНАЛІЗ АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ТОРЦЕВОГО ШЛІФУВАННЯ

Діагностування теплової напруженості обробки на процес формування якості торців є актуальною, поки що не вирішеною, науковою проблемою. Існуючі сучасні аналітичні термомеханічні моделі не повною мірою враховують складну кінематику, характер роботи кромки, стан робочої поверхні круга із урахуванням зернистості та ряду інших режимних параметрів. Рідко враховують імпульсний характер дії теплових джерел, не уточнена їх частка, що надходить до деталі, одночасну зміну теплофізичних характеристик матеріалу заготовки. Крім того, відсутня загальна модель температури шліфування, яка дозволяє визначати її для різних методів, у тому числі для традиційної зустрічної та попутної обробки, що не дозволяє прогнозувати покращення якості для нових запропонованих методів. Ці перераховані фактори підвищують важливість аналізу теоретичних та експериментальних методів досліджень.

Метою даної роботи є проведення порівняльних досліджень потужності та теплової напруженості процесу торцевого шліфування периферією інструменту із метою прогнозування якості нових та перспективних способів обробки.

Аналітична модель теплової напруженості базується на результатах роботи по знаходженню товщини зрізу [1], де враховані усі кінематичні складові руху, стан РПК та динаміку його зміни, умови переходу кромки від деформування металу до різання. Вона дозволяє знаходити характер роботи кромки: різання або тільки деформування металу, їх частку, загальний час та інтервали між контактами. Модель дозволяє визначити залежно від напрямків швидкостей різання та кругової подачі співвідношення між деформуючими та різальними кромками, які контактують, що врешті і впливає на теплову напруженість шліфування. Слід поділити кромки, що контактують на ті, що лише деформують метал та різальні. Зміна характеру роботи обумовлена виконанням умов різання.

Автори вважають, що тепло до деталі передається не тепловим потоком, а сукупністю дії теплових джерел – кромки, чим пояснюється імпульсний характер.

Потужність локальних теплових імпульсів джерел-кромки може бути визначеною двома шляхами: через загальну із урахуванням кількості кромки, що контактують, та, з іншого боку, через об'єм та інтенсивність напружень одиничного зрізу. Для різальних кромки ця потужність витрачається у зоні стружки утворення та головним чином відводиться зі стружкою, для деформуючих вона обумовлена тертям на задній поверхні та

залишається у деталі. Співвідношення між цими складовими оцінено калориметричним способом для лезвійної обробки.

Створені алгоритм та програма розрахунку температури для одновимірної моделі надходження тепла, які дозволяють визначати її максимальне значення.

У роботі [2] був наведений експериментальний стенд для дослідження теплової напруженості та потужності під час торцевої обробки розташований на базі двохстороннього торцево-шліфувального верстату 3342 АДО. Попередні дослідження впливу факторів проведені із використанням тепловізора. В їх результаті встановлено, що потужність шліфування залежить від основних факторів: кутової швидкості барабану подачі заготовок, припуску, кутів орієнтації бабки у горизонтальній та вертикальній площинах.

Проведені вимірювання температури та потужності, що витрачається на шліфування торця циліндричної заготовки, складені математичні моделі у залежності від припуску t , часу τ повного повороту барабану подачі заготовок та кута ν орієнтації шліфувальної бабки у вертикальній площині. В натуральних величинах ці моделі мають вигляд:

$$\theta(t, \tau, \nu) = 8.7\tau + 1563 \cdot t - 544 \cdot \nu - 15.6 \cdot \tau \cdot t - 186 \quad (1)$$

$$N(t, \tau, \nu) = 68,1 + 30,2 \cdot t + 69.8 \cdot \nu - 0.4 \cdot \tau - 15.6 \cdot \tau \cdot t \quad (2)$$

Проведений аналіз теплової напруженості процесу, описаний у роботі [3], де для умов плоского шліфування без використання охолоджувальної рідини при попутній обробці показані зареєстровані результати вимірювання потужності та температури шліфування інструментом із кубічного нітриду бору діаметром 406 мм та швидкістю різання 58 м/с. Досліди проведені із одночасним використанням вбудованих штучної та природної термопар та, інфрачервоним датчиком. Усі отримані результати досліджень підтверджують та доводять імпульсний характер теплових джерел, їх потужність та інтервали дії, визначені розподілення теплоти. Разом із тим, не обґрунтовані причини, що викликають піки та стрімке падіння температури.

Для запропонованих нових способів шліфування поверхонь обертання [4] ефект зниження теплової напруженості через зменшення розмірів контакту та перерозподіл функцій ділянок профілю інструмента у міру наближення до формоутворюючої повинен посилюватись.

Висновки. Отримані теоретичні результати не суперечать експериментальним. Зроблені висновки про інтенсивність теплових імпульсів, що визначають через витрачену загальну потужність шліфування, або тієї, що припадає на окрему різальну кромку, або ту, яка лише деформує метал. У результаті проведених вимірювань отримані експериментальні залежності потужності та температури від факторів.

Список посилань

1. Рудик А.В. Визначення товщини зрізу кромкою круга із врахуванням стану поверхні інструмента та кінематики // Технічні науки та технології. – Чернігів: ЧНТУ, 2016.– №1(3). – С.65-73.
2. Рудик А.В. Дослідження теплової напруженості обробки торцевих поверхонь на верстаті 3342 АДО/ А. В. Рудик, В. І. Венжега, Г. В. Пасов. // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (26-29 квітня. 2016, м. Чернігів) – Чернігів: ЧНТУ, 2016.– С.60-62.
3. Ху Хипенг, Стивен Малкин. Сравнение методов измерения температуры шлифования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.km.ru/referats/334607-sravnenie-metodov-izmereniya-temperatury-shlifovaniya>
4. Рудик А.В. Ефективне шліфування ступінчатих поверхонь на верстаті з ЧПК моделі В3208Ф3 / Рудик А.В., Пасов Г.В., Венжега В.І., Рудик В.А. // Матеріали VI міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (24-26 квітня. 2017, м. Чернігів) – Чернігів: ЧНТУ, 2017.– С.60-62.

УДК 621.38

Калафатова Л.П., докт. техн. наук, професор
 Рашков І.О., магістр

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, lydmila.kalafatova@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ПРИ ШЛІФУВАННІ КРИХКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

В даний час все більш широке застосування знаходять вироби з крихких неметалевих матеріалів (КНМ), до яких відносяться технічне скло, різні види технічної кераміки, які успішно замінюють метали в багатьох галузях промисловості. Їм притаманні такі важливі експлуатаційні характеристики, як високі твердість, міцність на стиснення, корозійна, хімічна та температурна стійкості, радіопрозорість, виходячи з чого КНМ використовуються для виготовлення виробів ракетно-і авіабудування, енергомашинобудування, приладобудування, тощо.

Однак із-за підвищених твердості та хрупкості ці матеріали відносяться до категорії важкооброблюваних, що робить можливим здійснити їх механічну обробку переважно алмазним шліфуванням. Причому в якості негативного фактору необхідно відмітити появу приповерхневого дефектного шару, який є наслідком безпосередньо процесу різання і негативно впливає на експлуатаційні характеристики виробів із КНМ.

В результаті проведених досліджень встановлено [1], що розвиток дефектного шару, викликаного обробкою, залежить від фізико-механічних характеристик оброблюваного матеріалу (твердості, міцності, крихкості, похідної дефектності), а також від рівня силового впливу на сформовану поверхню. Враховуючи те, що технологічний процес шліфування КНМ можна віднести до складних технічних систем [2], рівнем силової дії можна керувати, змінюючи вхідні параметри технологічного процесу (рис. 1).

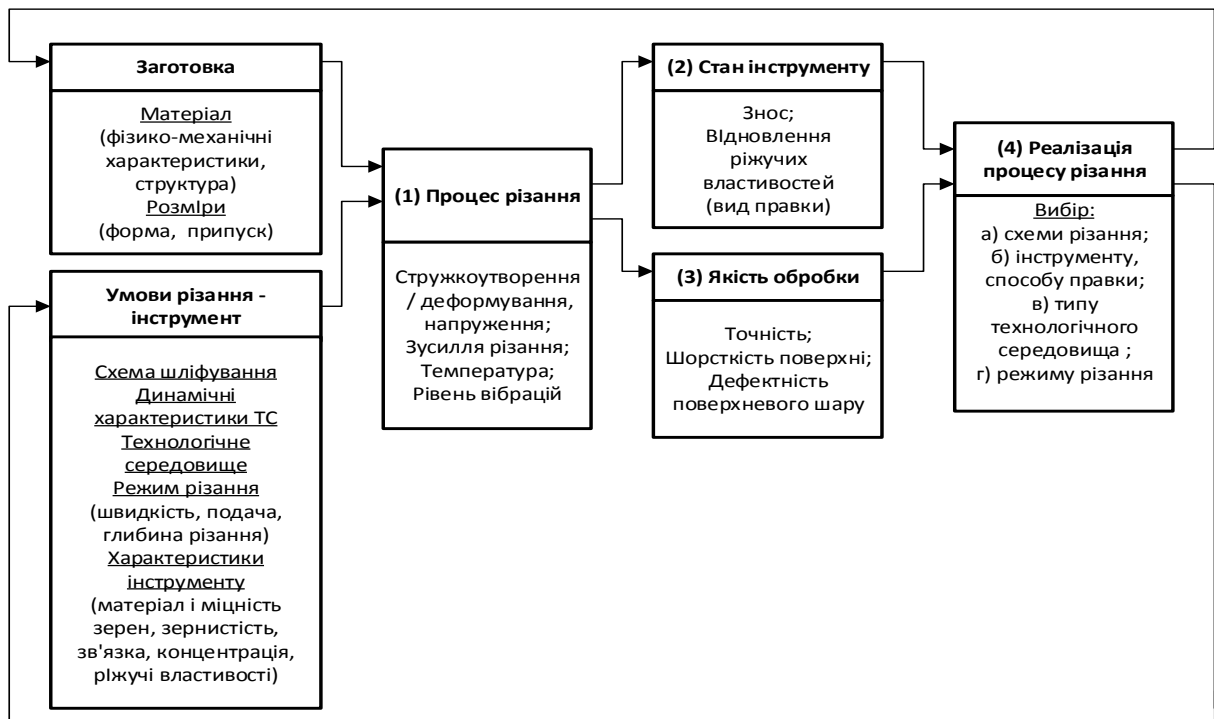


Рис. 1 - Схема взаємодії факторів, що визначають процес абразивної обробки крихких неметалевих матеріалів

Одним із факторів, які змінюють ситуацію в зоні різання (див. рис. 1), є мастильно-охолоджуючі технологічні середовища (МОТС), застосування яких обов'язково при

абразивній обробці КНМ, особливо матеріалів на основі скла. Навіть при оптимізації всіх інших параметрів, що визначають стан технологічної системи при обробці, використання МОТС зі спрямованими властивостями дозволить додатково підвищити ефективність процесів різання за рахунок зміни умов протікання процесів диспергування оброблюваних матеріалів (ОМ) у зоні різання.

Під силовим впливом інструменту та впливом МОТС змінюються характеристики міцності, теплофізичні характеристики, хімічні та фізико-механічні властивості ОМ. Крім того, і властивості самого інструменту змінюються в процесі різання. У сукупності це призводить до зміни рівня вихідних параметрів процесу (параметрів функціонування системи різання), до яких відносяться, зокрема, продуктивність, якість і точність обробки.

Механічна обробка КНМ зв'язаним або вільним абразивом є одночасним множинним впливом зосереджених навантажень, що супроводжується переміщенням зерен - «мікроінденторів». Відповідно до класичних уявлень про взаємодію абразивного зерна інструменту з поверхнею більш м'якого оброблюваного матеріалу тангенціальна складова сили різання-тертя P_{τ} може бути представлена у вигляді суми складової, що призводить до зсуву, і деформаційної складової:

$$P_{\tau} = A \cdot S + P_{\text{деф}},$$

де A – реальна площа контакту інструмента і ОМ;

S – міцність на зсув у контактному шарі

$P_{\text{деф}}$ – деформаційна складова.

Мета застосування МОТС - зниження абсолютного значення величини P_{τ} при забезпеченні інтенсивного диспергування оброблюваного матеріалу. З аналізу складових у виразі для визначення P_{τ} видно, що зазначена мета може бути досягнута за рахунок застосування рідини з малим опором на зсув утвореною нею граничною плівкою (мінімум S) і активно взаємодіючою з поверхневим шаром оброблюваного матеріалу в напрямку зниження його механічної міцності (мінімум $P_{\text{деф}}$). Крім полегшення диспергування ОМ зниження величини P_{τ} зменшує тепловиділення в зоні контакту алмазного зерна з оброблюваною поверхнею, що є вкрай важливим з точки зору зменшення швидкості зносу алмаза і поліпшення якості обробки.

Таким чином, одна з найважливіших вимог до МОТС - ефективне відведення тепла із зони різання може реалізуватися. Змащування і тепловідвід важливі не тільки з точки зору зменшення швидкості зносу інструменту, але і як засіб зменшення термічних напружень у поверхневому шарі КНМ, які можуть призводити до появи додаткових дефектів. Реалізувати ці вимоги можливо за рахунок використання поверхнево-активних технологічних середовищ. Для більшості КНМ, особливо технічних стеклокерамік та ситалів – різновиду склокераміки, що відносяться до групи гідрофільних матеріалів, поверхнево-активними середовищами є вода та водні розчини поверхнево-активних речовин [1, 3].

Експериментально встановлено [1, 2], що використання поверхнево-активних середовищ при абразивній обробці КНМ дозволяє в порівнянні з водою, яка широко використовується на виробництві, знизити енергоємність процесу різання до 40%. Зниження енергоємності процесу різання сприятливо змінює глибину і структуру виникаючого в результаті обробки дефектного шару. Загальна глибина проникнення дефектів (при обробці технічних стеклокерамік та ситалів) зменшується практично вдвічі при зниженні середніх розмірів одиничних дефектів в 1,6 - 2,2 рази, що позитивно впливає на міцність виробів.

Список посилань

1. Гусев В.В. Технологическое обеспечение качества обработки изделий из технической керамики: монография / В.В. Гусев, Л.П. Калафатова Л.П. – Донецк: ГВУЗ «ДонНТУ», 2012. – 250 с.

2. Калафатова Л.П. Повышение эффективности шлифования твердых сплавов и конструкционной керамики: монография / Л.П. Калафатова, П.Г. Матюха, Д.В. Поколенко и др. – Покровск: ГВУЗ «ДонНТУ», 2017. – 182 с.

3. Калафатова Л.П. Технологічні основи обробки крихких неметалевих матеріалів: навч. посіб. / Л.П. Калафатова. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. – 150 с.

УДК 621.9.048.6

**Шевченко О.В., докт. техн. наук, професор
Беляєва А.Ю., доцент**

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», o.shevchenko@kpi.ua

СПЕЦІАЛЬНЕ ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ

Підвищення ефективності токарної обробки шляхом розширення технологічних можливостей токарних верстатів є однією з важливих науково-технічних проблем сучасного машинобудування.

Безперервне зростання вимог до точності малих переміщень обмежує використання традиційних кінематичних ланок верстатів, які часто не забезпечують необхідної точності позиціонування робочих органів. Для позиціонування в мікрометричному діапазоні в приводах верстатів доцільно використовувати спеціальні пружні кінематичні пристрої, що виконують функції напрямних та виключають вплив зовнішнього тертя в останній передачі приводу на точність позиціонування.

Аналіз конструктивних особливостей відомих пристроїв з механізмами мікрорегулювання положення різального інструменту, технологічних можливостей автоматизованих токарних верстатів та типових деталей, що обробляються на них [1], дозволяє встановити основні вимоги до таких пристроїв, а саме:

- найбільший хід різального інструменту $0,25 \div 0,3$ мм, що визначається за критерієм зносу різальних кромки і, наприклад, для твердосплавних різців при чистових операціях приймається $h_z = 0,2 \div 0,25$ мм;

- стабільність положення вершини різального інструменту при позиціонуванні до $0,5$ мкм;

- крок підналагодження в діапазоні $1,0 \div 5,0$ мкм при дискретному позиціонуванні інструменту, що визначається вимогами до точності обробки із розрахунку $\frac{1}{4}$ частини поля допуску на розмір поверхні, що обробляється;

- жорсткість за напрямками дії складових сили різання не нижче $10 \div 20$ Н/мкм;

- лінійна залежність між переміщенням вершини інструмента (різця) та входною дією в приводі при позиціонування в напрямках до деталі та від деталі.

У відповідності до вказаних вимог розроблено ряд конструкцій різцетримачів для верстатів токарної групи.

При обробці таких матеріалів, як високолеговані сталі і ряд сплавів кольорових металів, переміщення зливної стружки здійснюється в самих непередбачених напрямках, утрудняється спостереження за процесом різання, а сама стружка є потенційним джерелом важкого травматизму. Найбільшої уваги серед способів видалення стружки заслуговують способи її кінематичного дроблення, серед яких ефективністю і надійністю вирізняється вібраційне різання.

Сутність процесу вібраційного різання полягає в тому, що на прийнятну для даної операції кінематичну схему накладається додатковий направлений вібраційний рух інструменту відносно заготовки. При правильному виборі напрямку коливань, їх частоти та амплітуди вібраційне різання дозволяє надійно і ефективно дробити стружку. Суттєвим резервом підвищення ефективності вібраційного дроблення стружки є використання

інструментального оснащення з пружними напрямними для зворотно-поступального вібраційного руху інструменту [2].

Сучасні методи різання дозволяють обробляти матеріали, що традиційно важко піддаються обробці і при цьому отримувати суттєво вищу якість обробленої поверхні. Однак значний розігрів різця при різанні корозійностійких та високоміцних сплавів, необхідність в охолодженні спеціальними емульсіями є проблемами, що суттєво здорожують та ускладнюють процес обробки. Ефективним для обробки таких матеріалів є використання ультразвукового різання. Ультразвукове різання, це процес, при якому різцю за допомогою спеціального пристрою передаються високочастотні (ультразвукові) коливання, як правило, в напрямку швидкості різання. Серед відомих типів вібраційних приводів для ультразвукової обробки найбільше використовують електромагнітні та електро(магніто)стрикційні. Використання пружних елементів в інструментальному оснащенні для ультразвукової обробки реалізує переваги способу точіння з ультразвуком, забезпечуючи достатній рівень статичної жорсткості різцетримача, що дає можливість його використання в режимах із значними силами різання [3].

Одним з розповсюджених видів обробки на токарних верстатах є обробка консольним інструментальним оснащенням, до якого належать оправки, різцетримачі, борштанги. Особливістю обробки консольним інструментом є висока ймовірність виникнення вібрацій при різанні, що знижує точність, якість та продуктивність обробки деталей, обмежує технологічні можливості верстатів.

Одним із ефективних способів підвищення вібростійкості процесу розточування є підвищення демпфіруючої здатності борштанг. Одним із недоліків борштанг з демпфером є їх низька радіальна жорсткість в точці розміщення різальної пластини внаслідок наявності порожнини значного діаметру в корпусі для розміщення демпфіруючого пристрою. Для забезпечення в точці різання радіальної жорсткості консольної частини борштанги з порожниною на рівні жорсткості суцільного тіла консольної частини необхідно витримати умову, щоб діаметр порожнини d не перевищував половини діаметра D консольної частини корпусу борштанги, а саме: $d/D \leq 0,5$. При виконанні цієї умови втрачається не більше 3÷5 % радіальної жорсткості консольної частини борштанги і є можливість встановлення демпферу в її поздовжній порожнині. Крім того, забезпечення умов вібростійкої обробки консольним інструментом може здійснюватись шляхом раціонального вибору конструктивних параметрів оснащення з врахуванням відповідної орієнтації головних осей жорсткості пружної системи інструменту по відношенню до напрямку дії сили різання та вибором раціонального співвідношення жорсткостей оснащення за головними осями жорсткості [4].

На основі виконаних досліджень розроблені методика проектування, нові ефективні конструкції спеціального інструментального оснащення для мікрорегулювання різця, ефективного дроблення стружки в процесі різання, ультразвукової обробки, вібростійкого точіння та визначені основні вимоги до цього оснащення і розроблені рекомендації щодо його ефективного використання при токарній обробці.

Список посилань

1. Шевченко О.В. Підвищення точності обробки на токарних автоматизованих верстатах шляхом мікрорегулювання положення різця. / О. В. Шевченко, Т. Г. Гримуд // Вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут», Машинобудування, вып.59, Київ. – 2010. – с. 59 - 64.
2. Шевченко О.В. Ефективне дроблення стружки при токарній обробці / О. В. Шевченко, А. Ю. Беляєва // Технологія і техніка друкарства. Збірник наукових праць – Київ: НТУУ „КПІ”, 2010. Вып. 4(30). – с.131 – 137.
3. Шевченко О. В. Пристрій для ультразвукової обробки / О. В. Шевченко, М. Ю. Бальченко / Матеріали 5 міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем», – Чернігів: 19-22.05.2015. – с 114-115.

4. Шевченко О.В. Методи підвищення сталості процесу різання при токарній обробці нежорстким інструментальним оснащенням. / О. В. Шевченко // Машинознавство, № 8 (146).— Київ, 2009. – с. 16–23.

УДК 621.9.048.6

Шевченко О.В., докт. техн. наук, професор
Гаталай О.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», o.shevchenko@kpi.ua

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ТА СТІЙКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ПРИ РОЗТОЧУВАННІ

Для процесу токарної обробки литих та штампованих заготовок характерні значні коливання припуску та твердості оброблюваного матеріалу, похибки взаємного розміщення поверхонь, що є причинами низької точності та якості обробки. Найбільш ефективним способом виправлення похибок отворів в таких заготовках є розточування однолезовим різцем, встановленим в розточувальній оправці.

При обробці розточувальними оправками рівень коливань інструменту визначається жорсткістю та коливаннями самої оправки, а втрата вібростійкості виникає в основному на формі її коливань. При розточуванні вибір інструменту залежить від діаметру обробки, а довжина чи глибина отвору визначає виліт консолі. При цьому виліт консолі вибирається мінімальним, а діаметр за можливістю максимальним, що обмежується діаметром отвору оброблюваної деталі. Крім того, необхідно забезпечити безперешкодне відведення стружки та достатній радіальний хід інструменту. Вказані обмеження обумовлюють необхідність детального відпрацювання конструкції розточувальної оправки для забезпечення стабільності процесу різання.

Типовий розточувальний інструмент токарно-гвинторізних верстатів традиційної компоновки не має явно виражених осей найбільшої і найменшої жорсткості в площині, що перпендикулярна до осі оправки. Це призводить до суттєвого впливу координатного зв'язку на збільшення амплітуд автоколивань оправки при різанні [1].

Для теоретичного аналізу коливальних процесів при обробці консольними борштангами розроблено принципову схему домінуючої коливальної системи процесу розточування на токарно-гвинторізному верстаті традиційної компоновки (рис. 1,а) та побудовано математичну модель.

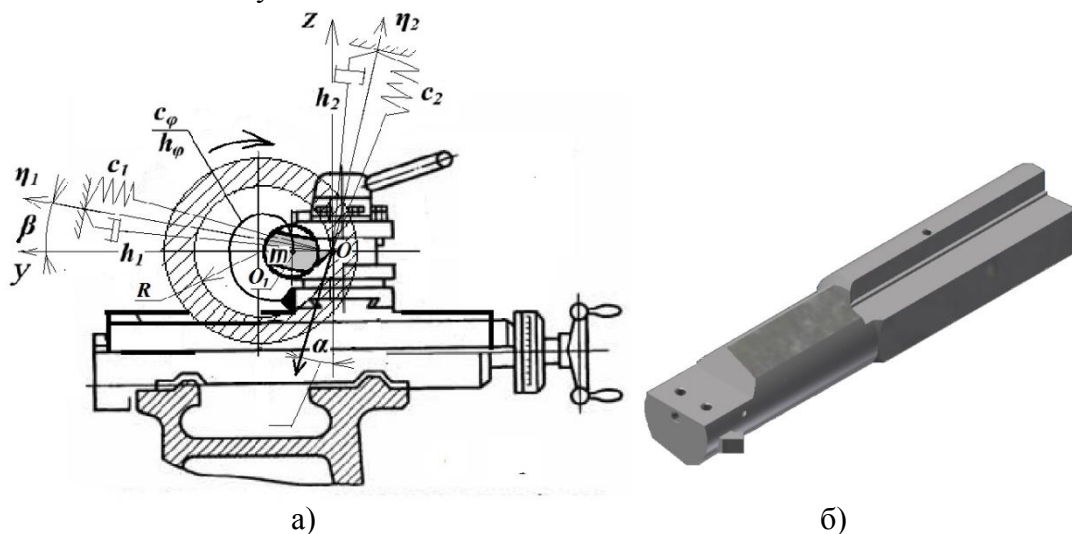


Рис. 1 – Розрахункова схема процесу розточування на токарно-гвинторізному верстаті (а) та загальний вигляд модернізованої конструкції розточувальної оправки (б)

Модель пружної системи інструменту представлена як система з трьома степенями вільності. За початок координат прийнято вершину різця (т. O). Вісь Oy направлено по нормалі до оброблюваної поверхні, а вісь Oz – перпендикулярно до неї. Сила різання $P(t)$ прикладена під кутом α до осі Oz , а головні координати $O\eta_1$ і $O\eta_2$ розвернуті під кутом β до довільних координат Oy і Oz . За результатами досліджень [2] встановлено, що найбільші сталими при різанні є пружні системи інструменту, у яких виконується умова $\beta=\alpha/2$ при співвідношеннях приведених жорсткостей в напрямках головних осей координат $c_{\min}/c_{\max} \approx 0,7$. На основі аналізу АФЧХ передаточної функції розімкнутої динамічної системи верстата за критерієм Найквіста визначено вплив конструктивних параметрів консольної частини борштанги на запас сталості по амплітуді пружної системи інструменту. Підтверджено, що найбільш сталими при розточуванні є пружні системи інструменту у яких виконується наведена вище умова.

З метою підвищення режимів вібростійкого розточування модернізовано конструкцію розточувальної оправки (рис. 1, б) для обробки отворів діаметром більше 100 мм на важкому токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. До особливостей конструкції оправки, що має довжину консольної частини 250 мм та діаметр 85 мм, можна віднести наступне:

- підвищена радіальна жорсткість консольної частини;
- раціональна орієнтація головних осей жорсткості і відповідне співвідношення жорсткостей за цими осями;
- можливість встановлення демпфера в консольній частині оправки;
- підвищена жорсткість оправки в зоні кріплення на різцетримачі.

Розрахунки статичної жорсткості розточувальних оправок базової та модернізованої конструкцій, проведені з використанням твердотільних розрахункових моделей та методу скінченних елементів, дозволили отримати наступні результати:

- жорсткість консольної частини в напрямку радіальної складової сили різання збільшена вдвічі до 120 Н/мкм;
- співвідношення мінімальної та максимальної жорсткостей за головними осями жорсткості наближено до 0,7, що мінімізує вплив координатного зв'язку на рівень коливань оправки при різанні;
- кут розвороту головних осей жорсткості оправки $\sim 20^\circ$ в точці різання забезпечує умови, при яких збільшення сили різання викликає відтиск інструменту від оброблюваної деталі;
- в консольній частині оправки виконано отвір для встановлення демпфера, при цьому діаметр отвору не перевищує половини діаметру консольної частини оправки [3].

Проведені експериментальні дослідження дослідного зразка розточувальної оправки підтвердили результати розрахунків статичної жорсткості. Для визначення коефіцієнтів математичної моделі проведені дослідження частотних характеристик оправки. Встановлено основні (нижні) частоти власних коливань 337 Гц в напрямку радіальної складової та 348 Гц в напрямку тангенціальної складової сили різання. Час затухання коливань консольної частини оправки після встановлення демпфера скорочується не більше ніж на 30%, що обумовлено достатньо високою жорсткістю самої розточувальної оправки. Разом з тим, амплітудно-частотні характеристики вільних коливань оправки зареєстрували значне зменшення амплітуд на 2 та 3 парних гармоніках коливань. Проведені тестові дослідження при різанні показали достатньо високу вібростійкість дослідного зразка розточувальної оправки.

Список посилань

1. Кудинов В.А. Динамика станков. / В. А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. –360с.
2. Шевченко О.В. Методи підвищення сталості процесу різання при токарній обробці нежорстким інструментальним оснащенням. / О. В. Шевченко // Машинознавство, № 8(146). – Київ, 2009. – с. 16–23.

3. Розточувальна оправка: Патент на корисну модель № 117470: МПК В23В 29/02. Оpub. 26.06.2017, Бюл. № 12. – 3с. (автори Шевченко О.В., Яшник А.В., Беляєва А.Ю.)

УДК 621.9

Пермяков О.А., докт. техн. наук, професор
Шепелев Д.К., магістр

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», perm_a@i.ua

Іщенко М.Г., головний технолог

ПАТ «Турбоатом», г.Харьков, mikelmik@i.ua

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ КОМПОНУВАНЬ МОБІЛЬНОГО ПОРТАТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Актуальним виробничим завданням заводу «Турбоатом» є ремонт деталей і вузлів турбоагрегатів, що експлуатуються в Україні та за кордоном. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможлиблює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів.

Поняття про блокову структуру верстата і способи сполучення блоків дозволяє позначати будь-яку компоновку за допомогою структурних формул (по Ю.Д.Врагову). Для опису просторової компоновки і можливості використання математичного апарату в структурних формулах використовують систему позначень осей координат, що відповідає рекомендаціям ІСО. Структурна формула компоновки - це певна послідовність символів, що позначають блоки компоновки, яка розкриває координатну приналежність і спосіб сполучення блоків. Очевидно даний похід можливо застосувати для структурного аналізу і синтезу компоновок металорізального обладнання для ремонту недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Особливістю таких верстатів є мобільність або можливість їх використання за місцем служби ремонтної машини, а також те, що роль стаціонарного блоку (станіни) верстата може виконати сама деталь, що ремонтується.

Вирішується завдання систематизації компоновок мобільного портативного технологічного обладнання, створюваного за агрегатно-модульним принципом, з метою типізації компоновальних схем і уніфікації конструкцій верстатів для механічної обробки недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Розглянуто і проаналізовані приклади реалізованих на заводі «Турбоатом» компоновок мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів: розточувального верстата для спільної обробки осьових отворів у фланцевому з'єднанні валу генератора і валу турбіни гідроагрегата Середньодніпровської ГЕС; дреля для обробки отворів в циліндрі і корпусі робочого колеса ЛАРДЖІ ГЕС (Індія); верстата для фрезерування паза під шнур ущільнювача в нижньому кільці направляючого апарату гідротурбіни Кременчуцької ГЕС. Виконано аналіз компоновок аналогічного технологічного устаткування зарубіжного виробництва.

Список посилань

1. Yoshimi Ito. Modular Design for Machine Tools. - McGraw Hill Professional, 2008. – 400p.
2. Агрегатные станки средних и малых размеров / Ю.В. Тимофеев, В.Д. Хицан, М.С.Васерман, В.В. Громов / Под общ. ред. Ю.В.Тимофеева. - М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.

3. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков: (Основы компонетики) – М.:Машиностроение, 1978. – 208 с.
4. Гебель Х. Компоновка агрегатных станков и автоматических линий./ Гебель Х. /Пер.с нем. – М.:ГНТИ МЛ, -1959. – 189 с.

УДК 621.7.01

Олійник С.Ю., канд. техн. наук

Донбаська державна машинобудівна академія, dgma.tm.su.oleynik@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АНТИФРИКЦІЙНОЇ ПОВЕРХНІ ПІДШИПНИКІВ РІДИННОГО ТЕРТЯ З БАБІТУ Б83

Технологічний процес отримання антифрикційної поверхні великогабаритних підшипники ковзання (діаметр вище 500 мм), які використовуються в конструкціях прокатних станів в якості опори валків є трудомістким і енерговитратним. Високі вимоги до якості поверхні обґрунтовуються важким режимом роботи підшипникових вузлів в машині. Для отримання якості поверхні за технологічними параметрами точності, шорсткості, форми необхідно після нанесення антифрикційного шару проводити його додаткову опоряджувальну обробку. Серед таких методів найбільш перспективними у використанні є: методи поверхнево пластичного деформування (ППД). Крім того, проаналізував сучасні методи отримання поверхні для великогабаритних підшипників рідинного тертя (ПРТ) [1, 2], отримані дані щодо зміни структури поверхневого шару матеріалу після ППД, що вимагає додаткових досліджень.

Несуча дія масляного клина забезпечує відсутність тертя між втулкою та цапфою, але під час запуску, реверсу машини та впродовж етапу приробки поверхневий шар, який має гострокуткову великозернисту структуру твердих включень швидко руйнується. Відсутність тертя між втулкою та цапфою забезпечується високими вимогами до допуску форми поверхні та шорсткості, отримання яких трудомісткий процес.

Запропоновано спосіб розкочування великогабаритних вкладишів підшипників ковзання [3] в основу якого поставлено задачу вдосконалення існуючих способів розкочування таких деталей на етапі остаточної обробки з метою зменшення похибки форми та точності відносно зовнішньої поверхні, шорсткості поверхневого шару, подрібнення його мікроструктури та виключення переносу похибки технологічної системи на поверхню під час обробки. Пристосування для розкочування встановлюється відносно зовнішньої поверхні, а рівномірність обробки забезпечується двома інструментами – кульковими розкатками. Розкатки встановлені під заданим кутом відносно один одного, який залежить від режиму розкочування. Перша розкатка у складі має датчик тиску - він виконує роль елемента, який виявляє похибку. Цей інструмент працює за «пружною» схемою. Інша розкатка виконує роль інструменту, який калібрує та працює за «жорсткою» схемою. Це дозволяє виключити похибку форми деталі, як в повздовжньому, так і в поперечному перетині до заявленої точності за кресленником, здійснювати автоматичний контроль похибки форми, виключити перенос похибки технологічної системи на поверхню під час обробки, зменшити шорсткість поверхні та подрібнити мікроструктуру поверхневого шару.

Список посилань

1. Пат. 2295423 РФ, МПК В23К20/08. Способ получения антифрикционного слоя подшипника скольжения [Текст] / Барькин Н.П., Фазлыяхметов Р.Ф.; заявитель и патентообладатель Институт проблем сверхпластичности металлов РАН. - № 2005114296/02; заявл. 03.05.05; опубл. 20.11.06, Бюл. № 8. – 15 с.
2. Асланян И. Р. Износостойкость антифрикционных материалов с дисперсной структурой и технология получения высокоресурсных элементов трибосопряжений поверхностным

пластическим деформированием : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. : спец. 05.03.05 "Процессы и машины обработки давлением" / Асланян Ирина Рудиковна – Уфа, 2000. – 20 с.

3. Пат. 122062U Україна, МПК В24В 39/02 (2006.01). Спосіб розкочування великогабаритних вкладишів підшипників ковзання / С.В. Ковалевський, С.Ю. Олійник, О.О. Олійник. – № 2017 06644; заявл. 27.06.2017; надрук. 26.12.2017; Бюл. №24. – 5 с.

УДК 621.9.048

Кондрашев П. В., канд. техн. наук., доцент

НТУУ «Київський політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського, kondrashev@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ КЕРУВАННЯМ ФОРМОЮ ГАЗОПОРОШКОВОГО СТРУМЕНЯ

Технологія лазерного сплавлення порошкової композиції з фізичної точки зору достатньо складний процес з великою кількістю технологічних факторів впливу. Тому в даній роботі було використано метод планування експерименту, який дає можливість отримати більш достовірні результати експериментальних досліджень в порівнянні з іншими методами досліджень. Аналіз апріорної інформації [1, 2] показав наявність великої кількості технологічних факторів з різним ступенем статистичної значимості кожного з них на процес лазерного сплавлення порошкової композиції. Серед основних технологічних факторів найбільш суттєвий вплив на процес лазерного сплавлення порошкової композиції є: масова витрата порошку, геометрична конфігурація засобу доставки порошкової композиції в зону лазерної обробки, швидкість переміщення підкладки. Одним з головних факторів впливу на продуктивність і якість сплавлення порошкової композиції є геометрична конфігурація засобу доставки порошкової композиції у зону сфокусованого лазерного випромінювання (сопла різних конструкцій) [3].

Для дослідження продуктивності процесу лазерного сплавлення порошкової композиції ПГСР-3 був обраний симетричний квазі-*D*-оптимальний план Пісочинського для 3-х технологічних факторів, що має хороші статистичні характеристики та реалізується рівнянням регресії другого порядку (1) [4].

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{i=k} b_i x_i + \sum_{i \leq j}^{i=k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{ii=1}^{i=k} b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

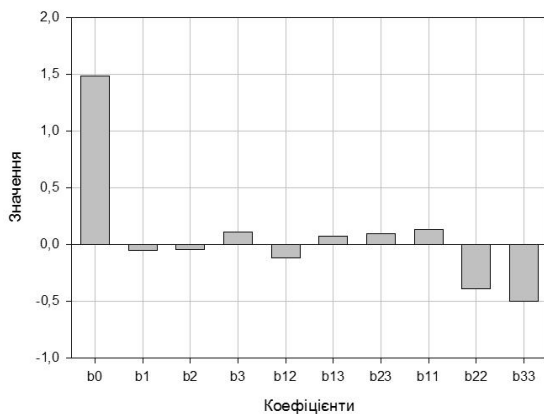
де k – кількість технологічних факторів;
 b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти рівняння регресії;
 i, j – індекси.

В якості функції відгуку була використана продуктивність процесу лазерного сплавлення порошкової композиції (T). В якості технологічних факторів впливу на продуктивність процесу лазерного сплавлення порошку, були використані масова витрата порошку (x_1), швидкість переміщення підкладки (x_2), геометрія кутів утворюючих сопла (x_3). Коефіцієнти рівняння регресії b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} -моделі (1) розраховувалися за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення з використанням математичного апарату лінійної алгебри [4]. Рівні варіювання технологічних факторів (x_i) були визначені експериментально [5] (табл.1).

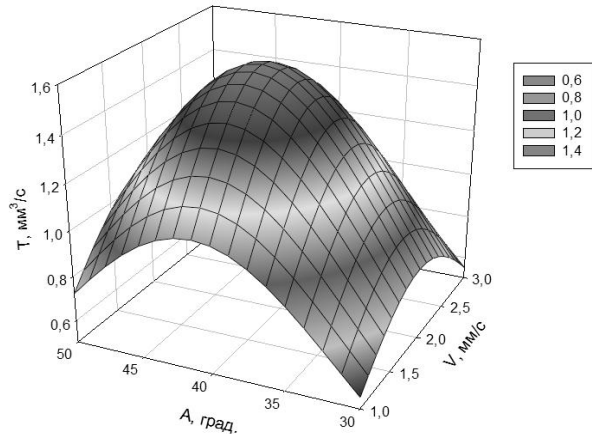
Ступінь статистичної значимості кожного з технологічних факторів на продуктивність процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу ПГСР-3, а також вплив геометричних параметрів коаксіального сопла на продуктивність процесу лазерного сплавлення порошку відображено на ранговій діаграмі (рис. 1, а) і (рис. 1, б) відповідно.

Таблиця 1 – Рівні варіювання технологічних факторів

Рівні варіювання технологічних факторів	Незалежні змінні		
	x_1	x_2	x_3
Розмірність	г/с	мм/с	град.
Основний рівень	0,3	2,0	40
Інтервал варіювання	0,1	1,0	10
Верхній рівень	0,4	3,0	50
Нижній рівень	0,2	1,0	30



а)



б)

Рис. 1 – Рангова діаграма статистичної значимості технологічних факторів на функцію відгуку (T) (а) та залежність продуктивності сплавленого компонента (T) від геометрії кутів утворюючих сопла (A) для різних значень швидкості переміщення підкладки (V) з масовою витратою порошку 0,3 г/с.

Висновки

1. Отримано математичну модель продуктивності процесу лазерного сплавлення порошкової композиції ПГСП-3, яка в подальшому може використовуватися в якості розрахунку керованих впливів спрямованих на підвищення продуктивності процесу лазерного сплавлення порошку.

2. Підтверджено адекватність теоретичних розрахунків і можливість використання математичних моделей процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу при реалізації технології швидкого виготовлення виробів.

Список посилань

1. M. Alimardani. On the 3D modeling of geometrical formation in laser solid freeform fabrication process [Електронний ресурс]: Proceedings of International Congress «ICALEO'2006», Scottsdale, USA, Oct. 2006, LIA.-1 електрон. опт. диск (CD-ROM).-Систем. вимоги: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP. – Назва з контейнера.

2. Magdi Azer. Laser net shape manufacturing using an adaptive toolpath deposition method. [Електронний ресурс]: Proceedings of International Congress «ICALEO'2007», Orlando, USA, Oct. 2007, LIA.-1 електрон. опт. диск (CD-ROM).-Систем. вимоги: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP. – Назва з контейнера.

3. Кондрашев П. В. Моделирование газодинамики порошковой струи при реализации технологии «RAPID PROTOTYPING» [Текст] / П. В. Кондрашев.-Восточно-Европейский журнал передовых технологий. –№ 5/7 (65). – 2013. – с. 4–10.

4. Новик Ф. С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М.: Наука, 1980. – 304с.

5. Кондрашев П. В. Дослідження продуктивності процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу методом математичної статистики [Текст] / П. В. Кондрашев. –Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства».– №3 (41). – 2013р. – с. 52–61.

УДК 621.941-229.3

Луців І.В., докт. техн. наук, професор
Волошин В.Н., канд. техн. наук, доцент
Грицишин І. І., аспірант

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, voloshyn@tk.te.ua

РОЗТИСКНІ ОПРАВКИ ІЗ СЕГМЕНТНИМИ ЦАНГАМИ ТА КОНІЧНИМИ БАГАТОПРОФІЛЬНИМИ ПОВЕРХНЯМИ З РІВНОВІСНИМ КОНТУРОМ

Аналіз різних прогнозів розвитку науки, техніки і технології дає можливість сформулювати основні світові тенденції і перспективи верстатобудування, а саме забезпечення високошвидкісної і високопродуктивної обробки завдяки використанню прогресивного різального інструменту, високошвидкісних мотор-шпинделів, швидкодіючих приводів переміщення вузлів, створення багатофункціонального обладнання для реалізації комбінованих методів обробки, розробка нових компоновок верстатів з мехатронними компонентами та ін.

Одним із важливих вузлів верстата є затискний механізм, який суттєво впливає на точність і продуктивність обробки заготовок, а також визначає режими різання, точність встановлення заготовки і т.д. Широке розповсюдження серед затискних пристроїв для затиску тіл обертання по внутрішній поверхні отримали розтискні оправки. Вони часто використовуються при токарній, фрезерній обробці, шліфуванні та на контрольних операціях. Конструктивно оправки поділяють на жорсткі та розтискні. Жорсткі оправки можуть бути конічними і циліндричними для посадки заготовок з гарантованим натягом чи зазором.

На основі проведеного огляду існуючих розтискних оправок встановлено, що широке розповсюдження при токарній обробці отримали цангові розтискні оправки завдяки простій конструкції, можливості затиску заготовок із значними допусками на отвір та забезпечення високої концентричності при затиску [1]. Серед цангових розтискних оправок досить часто використовуються конструкції оправок із сегментними розтискними цангами та конусними передавально-підсилювальними ланками, наприклад типу MANDO фірми Hainbuch, ABSIS фірми Roehm та ін. Такі оправки мають взаємно рухомі затискні поверхні, розміщені на сегментах розтискної цанги, які при затиску заготовки переміщуються в радіальному напрямку від осі оправки за рахунок переміщення цанги вздовж конусної поверхні корпусу. Крутний момент, який передається такою оправкою заготовці, буде залежати від зусилля затиску та коефіцієнтів тертя між конічною поверхнею корпусу та сегментами цанги, а також між сегментами цанги та циліндричною поверхнею заготовки, по якій проводиться затиск. Тому покращення силових характеристик цангових розтискних оправок із сегментними цангами та уникнення високих напружень у їх конструктивних елементах є актуальною науково-практичною задачею.

Для вирішення цієї задачі запропоновано принцип заміни конусної поверхні корпусу, по якому переміщується сегментна цанга при затиску, на конічні багатопрофільні поверхні з рівновісним контуром (N-гранні пірамідальні та РК-профільні поверхні). Завдяки їх використанню можна забезпечити передачу більших крутних моментів (при тих самих габаритних розмірах оправки), оскільки передача крутного моменту відбувається шляхом зчеплення, а не тертя. Оправки з такими поверхнями мають і інші переваги, зокрема вищу жорсткість за рахунок меншої довжини та нечутливість до забруднення поверхонь тертя.

На основі запропонованого принципу розроблено конструкцію цангової розтискної оправки із сегментною цангою та гексагональною пірамідальною поверхнею. На основі розгляду схеми дії сил в статистиці на затискний сегмент розтискної цанги після вибірки

зазору між сегментами розтискної цанги та заготовкою (рис.1) розроблено модель передачі сил у статиці.

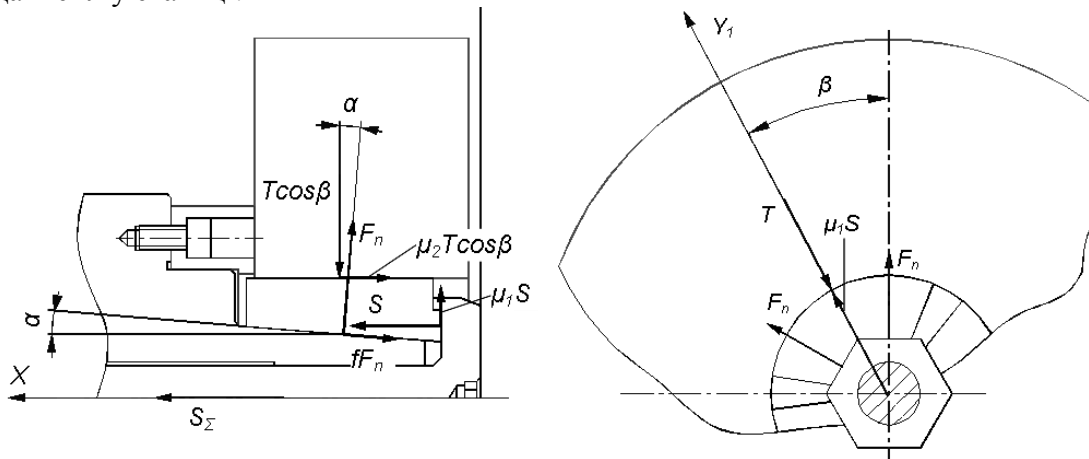


Рис. 1 – Схема передачі сил при затиску у цанговій розтискній оправці

Радіальна сила затиску одним сегментом цангової розтискної оправки:

$$T = S \cdot \frac{\cos \beta (\cos \alpha - \sin \alpha) \mu_1 (\sin \alpha + f \cos \alpha)}{(\sin \alpha + f \cos \alpha) \mu_2 \cos \beta (\cos \alpha - \sin \alpha)} \quad (1)$$

де S – осьова сила, що діє на сегмент цанги;

μ_1, μ_2, f – коефіцієнти тертя між відповідними поверхнями;

α – кут нахилу грані оправки;

β – кут між вертикаллю та лінією дії радіальної сили затиску заготовки сегментом затискної цанги.

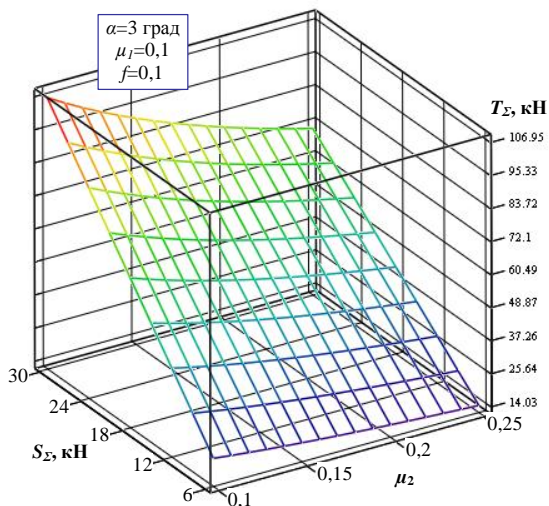


Рис. 2. – Графічні залежності статичної сумарної радіальної сили затиску T_z від S_z та μ_2

Отримані графічні залежності сумарної статичної радіальної сили затиску від осової сили приводу та коефіцієнта тертя (щеплення) між сегментом розтискної цанги і заготовкою (рис.2), а також від кута нахилу грані корпуса показали, що збільшення μ_2 від 0,1 до 0,25 приводить до зменшення сумарної сили затиску у 1,46 рази при $\alpha=3$ град. та у 1,26 рази при $\alpha=5$ град. При збільшенні α від 3 до 5 град. T_z зменшується у 1,18 раз при $\mu_2=0,15$ та у 1,16 раз при $\mu_2=0,2$.

Із отриманих результатів можна зробити висновок, що зменшення кута конусу призводить до збільшення коефіцієнта підсилення і зменшує осові рушійні сили, однак це призводить до збільшення напружень в елементах

конструкції. Тому одним із способів підвищення ефективності клина є зменшення тертя між внутрішньою поверхнею сегментів цанги і поверхнями піраміди, а з іншого – збільшення тертя між зовнішньою поверхнею сегментів цанги та заготовкою.

Список посилань

1. Жажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монография/ [Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф.В.] – Габрово: «Васил Априлов», 2010. – 724 с.

УДК 669.018.25

Ковальов В. Д., докт. техн. наук, професор
Васильченко Я. В., докт. техн. наук, доцент
Шаповалов М. В. асистент

Донбаська державна машинобудівна академія, м.Краматорськ, harleymax1979@gmail.com

ЗМІЩЕННЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВАЖКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ ОБРОБКИ ІМПУЛЬСНИМ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

Підвищення ресурсу інструменту при обробці на важких верстатах є надзвичайно важливим внаслідок значної вартості важких верстатів і необхідністю скоротити час простою при заміні інструменту, а також великою вартістю самого твердосплавного інструменту. Аналіз відмов інструменту при обробці на важких верстатах [1] показує, що поряд з виходом з ладу інструменту внаслідок зносу, майже половина відмов спричиняється крихким руйнуванням різальної частини твердосплавної пластини, яке проявляється в викришуванні різальних кромки та сколюванні різальної частини. Це пов'язано з тим, що великі значення зрізу обумовлюють зростання величини і зони дії напружень розтягу на передній поверхні інструменту [2]. Шляхами отримання інструментальних матеріалів з комплексом необхідних в умовах обробки на важких верстатах характеристик слід вважати об'ємну модифікацію [3]. Серед фізичних методів об'ємної модифікації інструментальних матеріалів як перспективний для підвищення працездатності інструменту для обробки на важких верстатах слід виділити метод обробки імпульсним магнітним полем (ОІМП). Ефективне застосування ОІМП в заводській практиці стримується відсутністю даних щодо впливу цієї обробки, а також різних режимів ОІМП на зміни комплексу властивостей, що визначають експлуатаційні характеристики твердосплавної пластини. Відповідно до [2] в умовах різання на важких верстатах, коли, як зазначалось вище, значна зона передньої поверхні знаходиться в умовах дії напружень розтягу, важливим показником працездатності є міцність в умовах розтягу або згину.

Стандартні методи випробувань твердих сплавів на згин та інші види тестування з використанням спеціальних зразків не відображають реальних властивостей інструменту внаслідок великої різниці у технології їх виготовлення, конструкції, фактичного напруженого стану та геометрії робочої частини. Спільно з ІПМіц ім. Г.С.Писаренко проведені випробування пластин на трьохточковий згин. Поверхню з різальною кромкою та покриттям розташовували у зоні дії напружень розтягу. Тестування проведено на гідравлічній машині ZD-4 з швидкістю навантаження 6,5...10 МПа/с (рис.1). Випробували три партії пластин кількістю по 5 шт. Випробування на міцність при трьохточковому згині проведено також змінних різальних пластин у формі неправильного шестикутника (ламаний трикутник) з твердого сплаву Т15К6 без покриття з розмірами товщиною 4,76мм. Дві партії пластин кількістю по 6 шт. тестувались на гідравлічній машині ZD-40 з швидкістю навантаження 20...22 МПа/с (рис.2). Аналіз отриманих результатів випробування модифікованих різальних пластин із сплавів Т5К10 та Т15К6 показує, що внаслідок впливу комплексу технологічних і конструкційних факторів конструкційна міцність на згин різальної пластини з твердого сплаву є значно меншою ніж міцність традиційних стандартних призматичних зразків. Залежно від технології оброблення та умов випробувань зразків міцність реальних різальних пластин може зменшуватися на 10...50% відносно результатів традиційних механічних випробувань твердих сплавів на згин, що безпосередньо впливає на працездатність інструменту, достовірність оцінок його довговічності та на ефективність його застосування у важких умовах різання.



Рис. 1 – Тестування на згин змінної різальної пластини з Т5К10



Рис. 2 – Тестування на згин змінної різальної пластини з Т15К6

Для пластин з Т15К6 для зразків у вихідному стані отримано також, що значення $\sigma_{зг.пл.}$ значною мірою залежить від того, яка поверхня знаходиться в зоні розтягу: при розташуванні плоскої поверхні в зоні розтягу середнє значення $\sigma_{зг.пл.}$ становить 799 МПа ($\sigma_{зг.пл.}$ при розташуванні в зоні розтягу поверхні з різальною кромкою – 642 МПа).

Встановлено також, що застосований спосіб модифікації твердого сплаву Т5К10 дозволяє підвищити його міцність на згин пластини з цього сплаву на 16...27 % залежно від режиму обробки, а обробка ОІМП за другим режимом підвищила міцність на згин пластини із Т15К6 на 14%. Встановлено також, що після ОІМП зменшується розкид значень міцності на згин. Можна припустити, що підвищення міцності твердого сплаву в результаті ОІМП пов'язано із зменшенням напружень розтягу в кобальтовій фазі, що перешкоджає розвитку тріщин.

Виходячи з того, що для ряду крихких матеріалів встановлено емпіричні залежності між характеристиками міцності на згин при короткочасному статичному навантаженні та границею витривалості та на основі аналізу експериментальних даних щодо визначення границі витривалості титанокобальтових сплавів в умовах віднульового гармонічного циклу, можна зробити висновок, що величина границі витривалості твердих сплавів титанокобальтової групи становить 60...75% від значення міцності на згин [4]. Це дає підстави стверджувати, що отримане підвищення після ОІМП характеристик конструкційної міцності та опору руйнуванню інструментального матеріалу при статичному навантаженні повинно підвищити характеристики циклічної міцності та довговічності, які є важливими в умовах роботи різального інструменту [5]. Практичне значення отриманих результатів підтверджується лабораторними випробуваннями різців, оснащених твердосплавними пластинами з Т15К6 без покриття методом «руйнуючої подачі» [6].

Список посилань

1. Клименко Г.П. Основы рациональной эксплуатации режущего инструмента / Г.П. Клименко. – Краматорськ: ДГМА, 2006. – 200 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т. Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320с.
3. Новиков Н.В. Методы упрочнения поверхностей машиностроительных деталей / Н. В. Новиков, А.А.Бидный, Б.А.Ляшенко и др. – Киев: ИСМ АН УССР, 1989. – 112 с.
4. Лошак М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов / М.Г.Лошак. – Киев : Наук. Думка, 1984. – 328 с.
5. Родічев Ю.М. Прогнозування втомної міцності твердих сплавів, оброблених імпульсним магнітним полем / Родічев Ю.М., Сорока О.Б., Ковальов В.Д., Васильченко Я.В. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ-Київ, 2013. – Вип.31. – С.274-279.

УДК 681.789

Бондаренко М.О., канд. техн. наук, доцент
Мельник І.В., провідний спеціаліст НДІ
Хандюк М.В., ст. викладач
Бондаренко Ю.Ю., канд. техн. наук, доцент

Черкаський державний технологічний університет, maxxium23@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ МІКРОПРИСТРОЇВ

Питання підвищення зносостійкості прецизійних деталей мікропристроїв (мікродозаторів, насосів, гіроскопів, тощо), що на сьогодні знаходять широке застосування в різноманітних галузях науки, техніки та виробництва, призводять до розвитку сучасних технологій та прикладної бази їх реалізації. Це викликано необхідністю застосування цих деталей у приладах, які використовуються в екстремальних умовах (високих або низьких температур, тисків, підвищеної вологості та пилуватості, тощо), що, в свою чергу, приводить до зниження терміну надійної експлуатації та їх передчасного руйнування.

Перспективною технологією підвищення зносостійкості таких виробів шляхом нанесення багат шарового оксидного покриття є комбінована технологія термічного осадження у вакуумі нанорозмірних оксидних покриттів з подальшою поверхневою низькоенергетичною електронно-променевою обробкою. Перспективним в цьому напрямку, на думку авторів, є нанесення трьох шарового нанорозмірного покриття Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , що має високу твердість, зносостійкість, гідрофобність, і, разом з тим, не зменшує техніко-експлуатаційних властивостей самих деталей.

Метою роботи є підвищення зносостійкості прецизійних деталей мікропристроїв шляхом залучення комбінованої термовакuumної технології нанесення багат шарового нанорозмірного покриття і подальше вивчення техніко-експлуатаційних властивостей цих покриттів.

Методика експерименту. Покриття Al_2O_3 , SiO_2 та TiO_2 товщиною 8-20 нм наносилося на плоскопаралельні пластини круглої форми (діаметром 20 мм та товщиною 1 мм) із кремнію Кр0 шляхом їх резистивного осадження у вакуумі з подальшою поверхневою електронно-променевою обробкою в одному технологічному циклі.

Нанесення покриття та електронна модифікація проводилися на спеціальній лабораторній установці (навчально-науковий Центр «Мікронанотехнології та обладнання», м.Черкаси), що містить резистивний випарник та електронну гармату Пірса.

Пластина з кремнію (основа), що попередньо нагрівалася до температури 840 К, за допомогою обертового механізму переміщення розташовувалася у вакуумній камері над блоком випарника, де на протязі 5...8 сек проводилося осадження порошків оксидів на поверхню основи за таких режимів: струм розігріву випарника $I = 185...305$ А; напруга на випарнику $U = 20...26$ В; відстань від випарника до поверхні основи $h = 120$ мм; час нанесення покриття 3...8 с. Осадження оксидів проводилося в наступній послідовності: $SiO_2 \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow TiO_2$.

Після завершення процесу нанесення покриття, основа без зупинки переміщалася над електронною гарматою. При цьому на поверхню діяв низькоенергетичний електронний потік стрічкової форми (ширина 3,0 мм, довжина 60,0 мм). Електронна обробка проводилася за таких режимів: питома потужність $P_{пит} = 3,5 \cdot 10^3$ Вт/м²; струм електронного потоку $I_f = 36$ мА, час електронної дії $t = 1,2 \cdot 10^{-6}$ с; обробка однопрохідна. Така електронно-променева обробка дозволяє вплавлувати поверхневі оксидні шари в матеріал основи, тим самим збільшуючи їх адгезійну міцність.

Мікрогеометрія поверхні нанесених покриттів досліджувалася методом атомно-силової мікроскопії на приладі «NT-206» (виробник: ТДВ «Микротестмашины», Білорусь) з кремнієвими зондами «Ultrasharp CSC38».

Обговорення результатів експерименту. В результаті проведених досліджень встановлено, що трьохшарове оксидне покриття (загальною товщиною 40 нм) отримане шляхом термовакуумного випаровування неоднорідні, мають високу поруватість та містять мікродефекти поверхні (тріщини, точки тощо).

При цьому, середньостатистична мікронерівність поверхні таких покриттів складає 6,7...14,3 нм. Міцність адгезії таких покриттів до основи встановлювалася методом липкої стрічки і складала 1...2 клас для кожного покриття. Після обробки поверхонь електронним потоком стрічкової форми відбувається оплавлення покриття, що дещо зменшує залишкові мікронерівності з 3,6 нм до 11,1 нм та частково вплаває його в поверхневий шар основи, чим збільшується адгезійна міцність до 4...5 класу, рис.1.

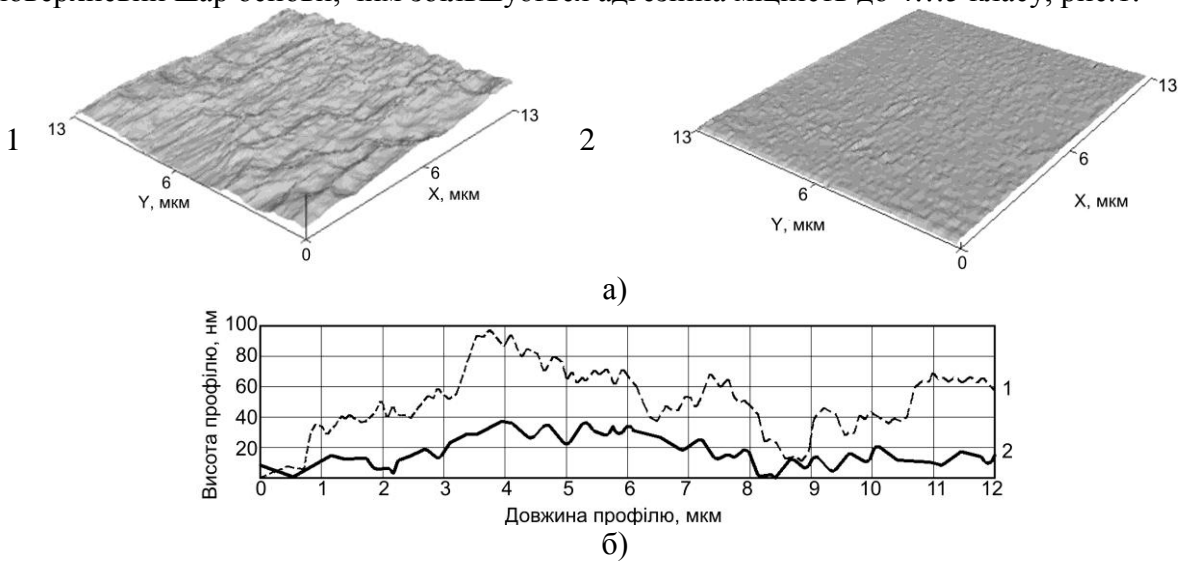


Рис.1 – Мікрорельєф (а) ділянки поверхні покриття ($\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$) на ділянці 13×13 мкм кремнії Кр0 та профіль по цій ділянці поверхні (б) до (1) та після (2) модифікування електронним потоком

В той же час, методом склерометрії з використанням атомно-силового мікроскопу були отримані дані по зносостійкості таких покриттів, що становили 18,3...24,2 у.о. для не модифікованих електронним потоком покриттів, 28,6...31,9 у.о. для покриттів, що були модифіковані електронним потоком. В той же час, зносостійкість вихідного матеріалу (кремній Кр0) становила 25,7 у.о. (так, за 100 у.о. приймалася зносостійкість алмазу).

Таким чином, в ході проведених експериментів зроблено наступні висновки.

Методом атомно-силової мікроскопії встановлено, що після обробки поверхонь кремнію Кр0 з нанесеним багатшаровим оксидним покриттям низькоенергетичним електронним потоком стрічкової форми відбувається зменшення мікронерівностей 1,8-3,4 рази. Разом з тим встановлено, що поверхня покриття після електронної обробки має більш однорідну структуру та позбавлена мікродефектів в порівнянні з покриттям без електронної обробки.

Методом склерометрії із залученням атомно-силового мікроскопу встановлено, що зносостійкість трьохшарового оксидного покриття після електронно-променевої модифікації збільшується у 1,3...1,5 разів в порівнянні з покриттям не модифікованим електронним потоком та у 1,1...1,25 разів в порівнянні з вихідним матеріалом (кремній Кр0), що доводить перспективність комбінованої технології нанесення багатшарових оксидних покриттів нанометричних розмірів у вакуумі для підвищення зносостійкості прецизійних деталей мікропристроїв.

УДК 621.791.052:621.01

Задорожня І.М., канд. техн. наук, доцент
Задорожній М.О., канд. техн. наук, доцент
Пономарьов Д.С., асистент
Сердюк М.А., магістрант

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, zadorozhnyaya_in@ukr.net

АСПЕКТИ ТА КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПРИВІДНОЇ СИСТЕМИ УСТАНОВОК ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

При виготовленні корпусних литих і зварних деталей в машинобудуванні через перерозподіл і релаксації внутрішніх залишкових напружень виникає проблема порушення геометричних розмірів, стабільності форм і надійності виробу [1, 2].

Якість зварних конструкцій є комплексним показником, що визначається сукупністю певних характеристик, набір та значення яких залежать від умов експлуатації. Відомо, що зварювання плавленням створює в конструкціях поле залишкових пружних напружень, які розподілені в них вкрай нерівномірно в залежності від зварюваного матеріалу. При експлуатації конструкцій відбувається релаксація напруг, що супроводжується пластичною деформацією формозміни, тобто конструкція змінює свою форму і може вийти з поля допусків [3, 4]. Високий рівень залишкових напружень в поєднанні з експлуатаційними навантаженнями, структурними змінами в зоні термічного впливу і дефектами є факторами, що обумовлюють виникнення тріщин, особливо при циклічному навантаженні. Застосування термообробки для габаритних конструкцій, конструкцій з активних металів не надає бажаних результатом, виступаючи високоенергоємним методом, та в окремих випадках сприяє зниженню механічних властивостей основного матеріалу.

Для забезпечення розмірної стабільності деталей на фоні пошуку універсальних і менш енергоємних методів сучасне машинобудування використовує вібраційну обробку, що характеризується низькою енергоємністю, дозволяючи скоротити витрати на обробку конструкцій без втрати якості обробки [1].

Актуальною науково-практичною задачею є формулювання рекомендацій з вибору конкретного типу вібратора, враховуючи його діапазон частот, амплітуди коливань з одночасним визначенням вимог до систем керування згідно особливостям технологічного процесу. В загальному випадку застосовують механічні інерційні, ексцентрикові, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні, гідроімпульсні вібратори, інерційно-імпульсні механізми. Системи, призначені для вібраційної обробки, розрізняються типом застосовуваного віброзбудника, основним параметром якого є частотний діапазон.

Серед існуючих типів віброзбудників можна виділити наступні [2]:

- дебалансний частотою від 5 до 200 Гц;
- електромагнітний частотою від 20 до 1000 Гц;
- електродинамічний частотою від 5 до 5000 Гц.

Широке застосування в конструкціях вібраційних технологічних систем отримали інерційні (дебалансні) віброзбудники. Для зазначених систем керування режими вібраційної обробки можуть бути наступними:

- енергетичним (за значенням енергії передану в конструкцію);
- амплітудним (за зміщенням резонансного піку);
- фазовим (за зміною фазового зсуву між вимушеною силою і вимушеними коливаннями).

В режимі вібраційної обробки технологічні системи працюють в коливальних режимах, коли присутній обмін енергією в їх підсистемах, тому електромеханічну систему

віброобробки з двигуном можна розглядати як сукупність електричної та механічної підсистем з постійним обміном енергії [5]. Більшість систем керування вібраційною обробкою за рахунок відсутності автоматизованості процесу виконують обробку саме енергетичним способом, але з урахуванням резонансного піку, що тягне за собою додаткові втрати потужності, і, як наслідок, недостатній обсяг енергії, яка передається в деталь. Тобто, на високих частотах віброобробки з малою постійною часу електродвигуна не можна нехтувати пружними механічними зв'язками з підсистемами, що вносить додаткові зміни в закон руху обертової маси. Крім того пружні ланки мають властивості накопичувати потенційну енергію при крутильних деформаціях, яку в ідеальному випадку можна направити на енергію коливань оброблюваної деталі, підвищуючи таким чином коефіцієнт корисної дії системи. Слід також зазначити, що за рахунок наявності в механічних передачах пружних механічних ланок виникають пружні коливання, які призводять до підвищеного зносу, дисипації енергії всередині системи керування, а це в сукупності і призводить до зниження якості обробки.

З метою компенсації додаткових коливань маси, що вносяться пружними зв'язками, існує ряд способів, заснованих на демпфіруючому ефекті двигуна, який під час обміну енергією між підсистемами повинен представлятися коливальною ланкою. При енергетичному способі керування кількість перетвореної електричної енергії в механічну перевищує кількість енергії, витраченої на релаксацію залишкових напружень, а врахування демпфіруючого ефекту електродвигуна надає можливість використання мінімуму дисипації енергії всередині віброзбудника і максимуму дисипації всередині оброблюваної деталі, що гарантує більші мікропластичні деформації і, як наслідок, компенсацію залишкових напружень [6].

Таким чином, основним завданням при проектуванні систем керування віброкомплексів стає аналіз і синтез параметрів електричної підсистеми здатної спільно з механічною підсистемою передати максимум енергії в деталь, використовуючи енергію пружних коливань. При виборі віброоброблювальної системи для обробки деталей рекомендується використовувати віброзбудник дебалансного типу, система керування яким повинна забезпечувати відповідні показники якості (коефіцієнт демпфірування двигуна $\xi_d = 0,5$; коливальність μ варіюється від 2 до 3; статична помилка складає 0%; динамічна помилка варіюється від 2 до 4 %) та обмін енергією між двигуном і деталлю, використовуючи електромеханічний зв'язок підсистем, який сприяє реалізації активного демпфірування коливань.

Список посилань

1. Дрыга А.И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении. Теория, исследование, технология. / А. И. Дрыга. – Краматорск: ДГМА, 2004. – 168 с.
2. Рагульскис К.М. Вибрационное старение / К.М. Рагульскис, Б.Б. Стульпинас, К.Б. Толутис; Под ред. К.М. Рагульскиса. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 72 с.
3. Жидков А.Б. Мониторинг процесса вибрационной обработки путем контроля превращения энергии пластической деформации / А.Б. Жидков, Р.Н. Паненко // «Зварювання та споріднені процеси і технології» Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих науковців: – Миколаїв: НУК, 2008. – С. 51-52.
4. Жидков А.Б. Новые методы управления процессом вибрационной обработки с целью снижения остаточных напряжений / А.Б.Жидков, Р.Н. Паненко // Проблемы тертя та зношування: Науково-технічний збірник. – К: НАУ. – 2008. – Вип. 49. – Т. 2 – С. 18 – 24.
5. Задорожний Н.А. Взаимосвязи и оптимизация параметров двухмассовых электромеханических систем: монография / Н. А. Задорожний, И. Н. Задорожня. – Краматорск: ДГМА, 2014. – 216 с.
6. Задорожний Н.А. Разработка систем управления электромеханических виброкомплексов с активным демпфированием колебаний / Н.А. Задорожний, А.И. Дрыга // Вибрации в технике и технологиях. – Винница, 2003. – N5(31). – С. 6-9.

УДК 621.983.044

Пузырь Р.Г., докт. техн. наук, доцент
Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, puzyruslan@gmail.com
Щипковский Е.В., начальник технологического бюро
Научно-производственная фирма «Техвагонмаш» г. Кременчуг, schipkovskiy.yevhenii@gmail.com

СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТАЛЬНОГО ДИСКА КОЛЕСА

Технология изготовления автомобильного диска колеса в зависимости от его конструкции включает следующие основные операции: 1 – отрезная (раскрой листа на карты); 2 – вырубка (вырубка заготовки диска из карты); 3 – раскатка (пластическая деформация полуфабриката до получения заданной формы и размеров готового изделия на раскатных машинах); второй вариант – 3 – вытяжка (пластическая деформация плоской заготовки до заданных размеров диска в штампах на прессом оборудовании); 4 – токарная (протачивание торца диска до заданной высоты); 5 – пробивка вентильных отверстий; 6 – чеканка заусениц вентильных отверстий; 7 – пробивка крепежных отверстий; 8 – пробивка центрального отверстия; 9 – правка диска в штампе; 10 – токарная по расточке центрального отверстия и снятия фаски; 11 – сверлильная (снятие фаски крепежных отверстий). Т.е. технологии отличаются только операцией № 3 – способом придания необходимой формы и размеров изначально плоской заготовки. Для принятия решения о рациональности использования рассматриваемых методов формоизменения заготовок в диск в условиях серийного производства был произведен их качественный и количественный анализ.

Оба варианта формовки диска обеспечивают получение качественных полуфабрикатов. Однако, неизбежное утонение детали в опасном сечении не дает возможности облегчить диск колеса за счет уменьшения толщины начальной заготовки. Так, по результатам заводских испытаний, проведенных на АО «Кременчугский колесный завод», получены следующие данные: операция «раскатная» на раскатных машинах – заготовка толщиной 13 мм – толщина около торца полуфабриката до $6,0 \pm 0,1$ мм, толщина полуфабриката в опасном сечении до $9,5 \pm 0,1$ мм; операция «вытяжка» на кривошипных прессах – начальная толщина заготовки 14 мм – толщина около торца полуфабриката до $6,5 \pm 0,1$ мм, толщина в опасном сечении до $9 \pm 0,1$ мм. Размер выборки составил не менее 25 шт. по каждому варианту технологического процесса. Распределение значений измеряемого параметра соответствует нормальному закону распределения с уровнем значимости $\alpha=0,05$. Таким образом, толщина заготовки уменьшилась в первом случае на 27 %, во втором – на 36 %.

Если исходить из представленных результатов, то применение раскатки диска целесообразнее и выглядит предпочтительнее перед вытяжкой, так как осуществляется экономия металла, без уменьшения прочностных свойств готового изделия, а также снижается вес колеса, что необходимо для повышения эксплуатационных характеристик автомобиля в целом [1, 3]. Но, так как тип производства серийный, то раскатной станок или их совокупность становятся «узким местом» в автоматизированной линии. Изготовление одного диска на раскатном станке исследуемого типоразмера составляет $T_{шт} = 9$ мин., в то время как на прессе $T_{шт} = 0,34$ мин., отсюда снижение производительности и необходимость в установке нескольких, параллельно работающих раскатных машин. В то же время стоимость давяльной машины в 10 – 15 раз превышает стоимость кривошипного пресса, который можно применять в производстве и для других операций. Снижение себестоимости продукции обеспечивается, прежде всего, за счет повышения производительности труда. С ростом производительности труда сокращаются затраты труда в расчете на единицу продукции, а, следовательно, уменьшается и удельный вес заработной платы в структуре себестоимости [2].

Поэтому для достижения экономически оправданной себестоимости изготовления стального диска колеса необходимо исходить из комплексных показателей каждого технологического процесса, основываясь на рекомендациях по применяемому оборудованию для каждого типа производства.

Список источников

1. Орлюк М.В. Экспериментальні дослідження комбінованого витягування попередньо спрофільованих заготовок / М.В. Орлюк // Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». К.: НТУУ «КПИ», 2002. - №43. – С.49-51.
2. Конструирование штампов листовой штамповки. Р.Д 37.002.0490-86 НПО «НИИ Тавтопром». – М. – 1987.
3. Пузырь Р.Г. Установление поля напряжений при радиально-ротационном профилировании цилиндрической заготовки без учета радиусов закругления деформирующего инструмента / Р.Г. Пузырь, Е.Н. Сосенушкин, Е.А. Яновская // Вестник МГТУ «Станкин». Научный рецензируемый журнал. М.: МГТУ «Станкин», 2013. – №4 (27). – С. 42–47.

УДК 621.793.620.172

Тулупов В.І., канд. техн. наук, доцент
Онищук С.Г., канд. техн. наук, доцент

Донбаська державна машинобудівна академія, м.Краматорськ, wladimir.tulupov@gmail.com

ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ ПІСЛЯ ФРИКЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО ВИГЛАДЖУВАННЯ З МОДИФІКУВАННЯМ ДИСУЛЬФІДОМ МОЛІБДЕНУ

Останнім часом сформувався новий науковий напрямок, а саме інженерія поверхні деталей машин [1]. В машинобудуванні використовуються різні методи зміцнення поверхні деталей, результатом впливу яких є створення нової якості поверхні та збільшення життєвого циклу виробів. Одним зі способів зміцнення сталевих деталей є механічна обробка поверхонь вигладжуванням при пропусканні електричного змінного струму через зону контакту інструмента з деталлю. В результаті утворюється дискретна структура поверхні у вигляді зміцнених фрагментів [2].

В.Р. Едігаровим [3] розроблений спосіб комбінованого фрикційно-електричного модифікування сталевих деталей. Відповідно з цим способом на поверхню деталі наноситься дисперсний модифікатор з поверхнево-активною речовиною з наступною механічною обробкою поверхонь вигладжуванням. При цьому пропускається змінний електричний струм через зону контакту інструмента з деталлю.

Метою роботи є дослідження процесу фрикційного електроімпульсного вигладжування з нанесенням модифікатора на поверхню виробу з наступною механічною обробкою вигладжуванням при пропусканні імпульсного електричного струму прямокутної форми через зону контакту інструмента з деталлю.

Дослідження процесу фрикційного електроімпульсного модифікування виконувалось на токарно-гвинторізному верстаті мод. 1К625. Зразки для дослідження технологічного процесу фрикційного електроімпульсного модифікування виготовлялися з круглого прокату зі сталі 40ХН ГОСТ 4543-71 у нормалізованому стані.

Заготовки установлювались на оправці та закріплювались в трикулачковому патроні. Перед виконанням фрикційного електроімпульсного модифікування заготовки оброблялись чистовим точінням до $Ra = 2,5$ мкм.

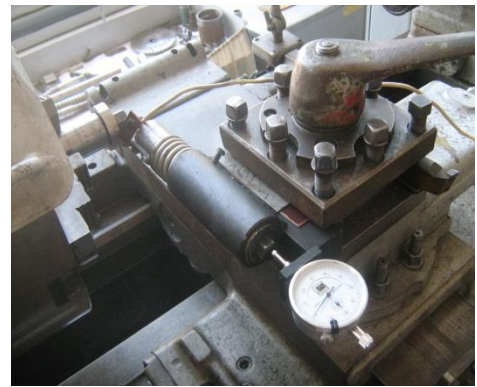
Для локального розігріву зони вигладжування використовувався генератор імпульсного струму (рис.1, а). Індентор вигладжувача виконаний з твердого сплаву Т15К6 (рис. 1,б). Вигладжувач ізольований текстолітовими прокладками від різцетримача верстата.

Дослідження процесу фрикційного електроімпульсного вигладжування з нанесенням модифікатора виконувалось з використанням плану експерименту типу 2^3 . Технологічними факторами при обробці зразків зі сталі 40ХН були: сила струму $X_1(I)$: «-» – 100А, «+» – 200А; зусилля притискання пластини $X_2(P)$: «-» – 250Н, «+» – 500Н; поздовжня подача $X_3(s)$: «-» – 0,14 мм/об, «+» – 0,23 мм/об. Інші умови вигладжування: частота обертання заготовки $n=40 \text{ хв}^{-1}$, частота імпульсного струму 20 Гц, шпаруватість – 2, напруга живлення 3...9 В.

Як модифікатор використовувався дисульфід молібдену (MoS_2). При температурі 400-600 $^{\circ}\text{C}$ він окислюється на повітрі до утворення оксиду молібдену (MoO_3). Тобто, при проходженні імпульсного струму на поверхні утворюються як зміцнені фрагменти дисульфідом молібдену, так й фрагменти з оксидом молібдену. Розташування зміцнених фрагментів залежить від частоти та тривалості імпульсів струму, а також режимів вигладжування [4].



а)



б)

Рис.1 – Оснащення для вигладжування: а) генератор імпульсів струму прямокутної форми, б) вигладжувач

Вимірювання шорсткості поверхні виконувалось профілометром-профілографом мод. TR200. В результаті виконання експериментальних досліджень отримано математичну модель, що має вигляд

$$Ra = 0,7529 + 0,3388I + 0,0021P + 0,2079S \quad (1)$$

де Ra – шорсткість поверхні, мкм;

I – сила струму, А;

P – зусилля притискання пластини, Н;

S – поздовжня подача інструмента, мм/об.

Рівень мікротвердості визначено за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 методом Роквелла при навантаженні 100 г. Мікротвердість була в межах 3,5...7,7 ГПа, залежно від режимів обробки, при початковій мікротвердості поверхні деталі 2...2,12 ГПа. Шар, розташований на глибині від 0,03 до 0,15 мм мав найбільшу твердість, досягаючи 6,0...7,7 ГПа залежно від режимів обробки.

Виконано металографічний аналіз, що показав наявність в поверхневому шарі дисульфиду молібдену, а також дрібнозернисту структуру, що отримана внаслідок фрикційного електроімпульсного модифікування.

Список посилань

1. Овсеенко, А. Н. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения / А. Н. Овсеенко, В. И. Серебряков, М. М. Гаек. – М. : Янус-К, 2004. – 296 с.
2. Багмутов В.П. Импульсное электромеханическое упрочнение стальных изделий с образованием регулярной дискретной структуры поверхностного слоя / В.П. Багмутов, С.Н. Паршев // Вестник машиностроения. 1996. – №2.– С. 38.

3. Эдигаров В.Р. Влияние режимов поверхностного фрикционно-электрического модифицирования на структуру, механические и эксплуатационные свойства стали осей балансиров: автореф. дис...канд.техн.наук: спец. 05.02.01 «Материаловедение (машиностроение)»/ В.Р. Эдигаров. – Тюмень, 2006. – 20 с.

4. Ковалевський С.В. Дослідження методу фрикційного електроімпульсного модифікування / Ковалевський С.В., Тулупов В.І., Онищук С.Г. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем // Матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції – Чернігів: Вид-во ЧДТУ, 2017. – Т.1. – С.146-147.

УДК 621.01

Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент

Кошель Г.В., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну, a_koshel@ukr.net

КІНЕМАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ МЕХАНІЗМІВ З ПЛОСКИМИ СТРУКТУРНИМИ ГРУПАМИ ВИЩОГО КЛАСУ

До вимог, за якими повинно удосконалюватись існуюче або проектуватись нове обладнання сучасних виробництв легкої промисловості відносяться: розширення різноманіття функціональних можливостей, підвищення точності взаємодії робочих органів машин, забезпечення складних траєкторій технологуютьорюючих органів обладнання та наперед заданих законів руху. Складність законів та рухів робочих органів обладнання, значна швидкість викликають необхідність застосування в структурних та кінематичних схемах механізмів машин складних структурних груп з більшою кількістю ланок.

Вдосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових машин пов'язано з досконалістю методів аналізу структурних груп ланок плоских механізмів, з яких останні складаються. Найбільш розробленими є методи дослідження діад або двоповодкових груп.

Знайдені та достатньо відомі методи аналізу структурних груп, до яких надходить чотири ланки, що утворюють групи 3 класу 3 порядку, на основі яких можна структурно синтезувати механізми відповідного класу.

Структурні групи четвертого та більше класу, до складу яких надходять чотири або більше ланок з одного боку вже використовуються або мають значні перспективи застосування в механізмах технологічного обладнання легкої промисловості, з іншого – не мають універсальних методів кінематичного та динамічного досліджень. Пов'язано таке з різноманіттям структурних груп, які можуть бути утворені чотирма, шістьма і більше ланками та відповідною кількістю кінематичних пар.

Недостатня розробка способів аналізу таких структурних груп є фактором стримування їх використання в технологічному обладнанні машинобудівельних галузей виробництв, зокрема, в машинобудуванні легкої промисловості.

Питанням дослідження структурних, кінематичних та динамічних параметрів плоских складних механізмів четвертого та вище класів присвячена значна кількість публікацій. Питанням теоретичного аналізу механізмів вищого класу присвячується ряд робіт [1, 2, 3], зокрема механізмів обладнання легкої промисловості [4, 5].

Задачі кінематичного дослідження складних плоских механізмів залишаються актуальними тому, що в кожному конкретному випадку дослідження механізму вищого класу необхідно підбирати та виконувати оригінальну послідовність дій, яка викликана одночасним застосуванням декількох способів кінематичного аналізу, а універсального способу дослідження різноманіття таких складних механізмів четвертого та вище класів нажаль на сучасний момент не існує.

Дослідження швидкостей та прискорень точок складних механізмів вищого класу

пропонуємо виконувати за допомогою способу, що базується на визначенні величини та напрямку векторів швидкості та прискорення особливої точки Ассура і положень курсу теоретичної механіки про миттєві центри швидкостей (М.Ц.Ш.) і прискорень (М.Ц.П.).

Визначаємо положення особливої точки Ассура складної ланки на планах положення механізму швидкостей і прискорення.

Положення М.Ц.Ш. однієї з ланок механізму можна визначити за допомогою особливих точок цієї ланки, положення яких, в свою чергу, визначаються за допомогою особливих точок інших ланок, для яких є можливим виконати розрахунок швидкостей цих точок за величиною і напрямком та положенням кінематичних пар, якими з'єднані шатуни, що утворюють замкнений контур в складному механізмі.

За положеннями М.Ц.Ш. на плані положення механізму та полюсом плану швидкостей можна за умов обраної помилкової швидкості шатуна, що досліджується визначити дійсний вектор швидкості точки шатуна та побудувати план швидкостей механізму.

Для дослідження прискорень складаємо векторне рівняння для визначення прискорення іншої точки цієї ланки, однак, з огляду на те, що кутове прискорення ланки є невідомою величиною, визначити дійсне положення точки на плані прискорень не є можливим.

Задаємося хибним положенням точки на лінії її можливих положень на плані прискорень. За подібністю визначаємо можливе положення точки М.Ц.П. ланки на плані положення (на плані прискорень точка М.Ц.П. збігається з полюсом плану).

Використовуємо знайдене положення М.Ц.П. на плані положень механізму та повторюємо побудову на плані прискорень для обраної точки, що дозволяє визначити вектор тангенціальної складової прискорення даної точки по відношенню до положення М.Ц.П., що відповідає помилковому положенню обраної точки на плані прискорень.

Аналогічне повторення викладеної послідовності дій дозволяє визначити дійсне положення точки шатуна на плані прискорень і здійснити кінематичний аналіз складного плоского механізму.

Перевага запропонованого способу кінематичного дослідження складного механізму з використанням М.Ц.Ш. та М.Ц.П. полягає в зменшенні об'ємів попередніх розрахунків і побудов, тому що немає необхідності для визначення дійсних величин швидкості та прискорення точки шатуна механізму розглядати всі рухомі ланки структурної групи.

Викладений вище спосіб кінематичного дослідження складних механізмів з плоскими структурними групами вищого класу пропонуємо використовувати для аналізу механізмів, що застосовуються в основов'язальних машинах та інших аналогічних механізмів вищих класів.

Список посилань

1. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинестатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассура с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром / Л.Т. Дворников, С.П. Стариков // Известия ВУЗов, «Машиностроение». – 2008. – №4. – С. 3 – 10.
2. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. – 2011. - №7. – С. 231 – 232.
3. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой аналитическим методом / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. - 2012. - №6. – С. 158 – 159.
4. Гебель Е. С. Моделирование кинематики механизма игл основовязальной машины / Е. С. Гебель, Е. В. Солонин // Сборник материалов X междунар. научно-практ. конф. «Теоретические знания в практические дела»: в 2 ч. – Омск.: Филиал ГОУ ВПО «РосЗИТЛП» в г. Омске, – 2009. Ч. 2. – С. 211 – 215.
5. Кикин А.Б. Синтез рычажных механизмов для привода нитераскладчика мотальной машины / А.Б. Кикин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2005. – № 1. – С. 115 – 119.

УДК 629.3.018.4: 658.512.4

Добровольская Л.Н, канд.техн.наук, професор,
Куць Н.Г., канд.техн.наук, доцент,
Собчук Д.С, канд.техн.наук, доцент

Луцкий национальный технический университет, Луцк, kuts.nadia86@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Отличительная черта нестандартного ремонтного оборудования от технологического оборудования - узкая специализация. Существующая система не учитывает значительные особенности ремонтного производства. Не разработана единая элементарная база для проведения ремонтных работ. Не установлены пути и методика автоматизированной подготовки ремонтного производства. Поэтому, основная проблема ремонтного производства заключается в разработке такой прогрессивной подготовки ремонтного производства, которая позволила бы автоматизировать научную, конструкторскую, технологическую и организационную составляющие подготовки ремонтного производства

Целью исследования является повышение уровня технологической подготовки ремонтного производства на основе модульного принципа. Анализ последних исследований позволил создать структурный перечень определенных составляющих, которые влияют на срок разрушения деталей.

Современное автомобилестроение характеризуется частой заменой усовершенствованных моделей автомобилей. В такой ситуации техническое обслуживание и ремонт дорожно-транспортных средств (ДТС) должен интегрироваться в гибкое производство. Недостатком такой интеграции является ее базирование на старой элементной базе технического обеспечения (ЭБТО) [1].

Проектирование гаражного и нестандартного оборудования по модульному принципу, в первую очередь, предусматривает унификацию и стандартизацию деталей, сборочных единиц, блоков конструкций и изделий в целом. Унификация ГО заключается в приведении составных частей оборудования к единообразию, при этом предусматривается частичная, комплексная и опережающая унификация. Частичная унификация ГО предусматривает общность конструкций деталей и сборочных единиц на основе их общности по размерным и конструктивным параметрам. При этом, используется лишь часть конструкции ГО из возможных вариантов. Наиболее оптимально для ГО, это использовать комплексную унификацию... Модульный принцип проектирования ГО предусматривает набор окончательной конструкции из отдельных унифицированных модулей, а не проектирование отдельных единиц ГО для выполнения только одной технологической операции по ТО и Р.

Таким образом, ремонтная организация комплектуется магазином отдельных конструктивных модулей, из которых собирается требуемая конструкция гаражного оборудования. Одним из направлений ускорения решения задач проектирования ГО является система поискового проектирования [2]. Поиск новых решений в данных системах связан, со структурным синтезом, для реализации которого целесообразно применение метода декомпозиции.

Список ссылок

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. / Б. М. Базров. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
2. Автоматизация поискового конструирования: искусственный интеллект в машинном проектировании. / Под ред. А.И. Половникова. – М.: Радио и связь, 1981. – 344 с.

УДК 621.9

Ламнауер Н.Ю., канд. техн. наук, доцент

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, lamnaouernatali@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРОБЦІ РІЗАННЯМ

В технологічних процесах обробки деталей різанням існує велика кількість різних факторів, що впливають на точність. При цьому виникають систематичні та випадкові похибки. Систематичні похибки, до яких відносяться: розмірний знос інструменту, прогинання деталі під впливом сил різання та інше можна заздалегідь передбачити та за допомогою адаптивного управління та підналагодження їх усунути або зменшити. Але існують й випадкові фактори, що формують погрішності, які можна визначити на основі раніше проведеного експерименту в аналогічних умовах. Інструментом аналізу якості технологічного процесу з метою його управління є ймовірнісно-статистичні моделі, за допомогою яких за невеликою кількістю випробувань можна спрогнозувати якість виробу, яка може бути отримана при його виготовленні. Сучасні статистичні методи аналізу точності лінійних розмірів, що формуються при обробці деталей, використовують три закони їхнього розподілу для різних квалітетів точності: Гауса, Сімпсона та рівномірний [1]. В деяких випадках їхнє застосування цілком доцільне, але існують випадки, коли результати масових випробувань не узгоджуються з запропонованими законами розподілу розмірів.

Таким чином, існує необхідність в новій моделі розподілу лінійних розмірів деталей, що формуються при обробці різанням, на базі якої можна вирішувати актуальне питання в технології машинобудування – управління та забезпечення точності обробки за рахунок більш ефективного аналізу, прогнозування і контролю якості технологічного процесу.

В роботах [2, 3, 4] надано нову модель щільності розподілу випадкової величини X - розміру деталі та розрахункові формули для оцінки її параметрів:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \notin (b, c), \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] & \text{при } x \in [b, a], \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] & \text{при } x \in (a, c], \end{cases} \quad (1)$$

де a – модальне значення розподілу,

b – нижня границя розміру,

c – верхня границя розміру,

k – параметр форми.

На основі використання нової моделі та запропонованих в [5] наданих формулах розрахунку медіанної величини:

$$\left\{ x_{med} - b + k(x_{med} - a) \left[1 - \left(\frac{x_{med} - a}{b - a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \right\} / (c - b) = 0,5 \text{ при } b < x_{med} \leq a \quad (2)$$

або

$$\left\{ x_{med} - b + k(x_{med} - a) \left[1 - \left(\frac{x_{med} - a}{c - a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \right\} / (c - b) = 0,5 \text{ при } a < x_{med} \leq c. \quad (3)$$

На базі отриманих формул запропоновано графічне представлення схеми визначення величини зсуву (рис. 1) та методика настроювання верстату для запобігання виходу значень розміру за поле допуску:

1. Настроюємо верстат на номінальний розмір деталі.
2. Виробляємо більш ніж 5 виробів при заданій величині розміру.
3. Знаходимо нижню границю розміру, при якій досягається максимальна якість.
4. Визначаємо величину різниці θ між нижньою границею поля допуску та нижньою границею максимальної якості.
5. За результатами досліджень оцінюємо медіанне значення одержаного розміру виробу.
6. Знаходимо величину настроювання верстату, визначаючи суму медіанного значення та величини θ .

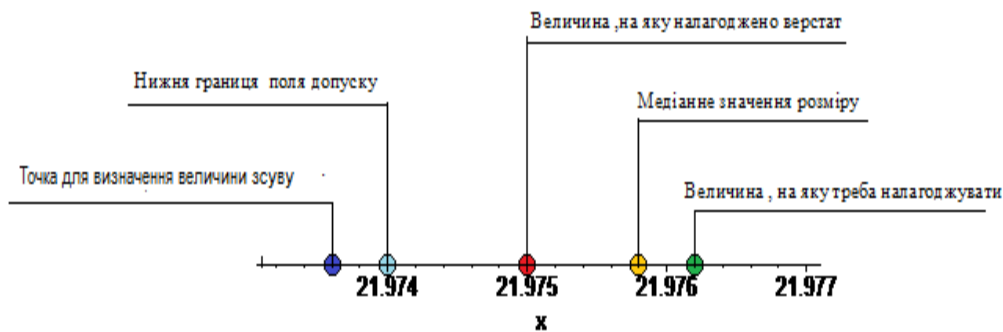


Рис – 1. Схема визначення величини зсуву для розрахунку розміру настройки

На рис. 2 представлено блок-схему забезпечення необхідної точності розміру деталей та запобігання браку.

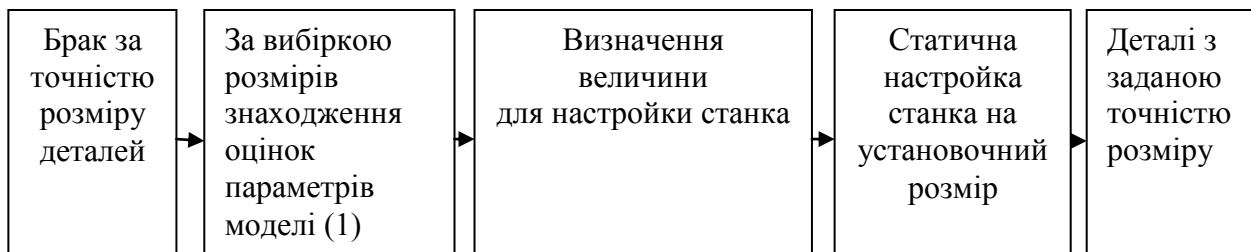


Рис. 2 – Схема забезпечення точності розміру деталей

Список посилань

1. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология, металлорежущие станки и инструменты» [Текст] / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496с.
2. Ламнауэр Н.Ю. Распределение размеров изготовления изделий [Текст] / Н.Ю. Ламнауэр // Високі технології в машинобудуванні: збірник наукових праць. – Харків, НТУ «ХП», 2012. – Вип.1(22). – С.177-181.
3. Ламнауэр Н.Ю. Модель распределения размеров изделий и ее применение для оценки точности обработки [Текст] / Н.Ю. Ламнауэр // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХП», 2012. – №27.– С. 98-107.
4. Ламнауэр Н.Ю. Загальна модель розподілу лінійних розмірів деталей та її застосування для поліпшення якості виробів [Текст] / Н.Ю. Ламнауэр // Вісник Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – №54(1027).– С.134-143.

5. Ламнауер Н.Ю. Управление качеством технологического процесса обработки деталей за параметром точности линейного размера вероятностно-статистическими методами / Н.Ю. Ламнауер // Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», м. Київ , 29 червня – 1 липня 2017 р.: Матеріали конференції. – Київ: 2017. –С.243-245.

УДК 621.923

Рябченко С.В., канд. техн. наук
Гржибовский Б.Б., вед. инженер
Сильченко Я.Л., вед. инженер
Федоренко В.Т., вед. инженер

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, s.giabchenko@ukr.net

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ШЛИФОВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС КРУГАМИ ИЗ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

Шлифование высокоточных зубчатых колес производится методом обката на зубошлифовальных станках, работающих двумя абразивными кругами. Одним из путей повышения качества обработки зубчатых колес является применение кругов из кубического нитрида бора (КНБ) [1].

Шлифование зубчатых колес осуществляли на специальном стенде, созданном на базе зубошлифовального станка модели 5891 [2]. Скорость шлифовального круга – $v_k = 27$ м/с, глубина шлифования – $t = 0,01-0,1$ мм, время обката на одном зубе – $\tau = 3-12$ с. При шлифовании использовали круги типа 12A2 - 20° 225x3x3x40 КР 125/100 на органической (В2-08), керамической (С10) и металлической (М2-09) связках. Шлифовали зубчатые колеса из стали ХВГ (60 HRC) модуль $m = 6$ мм, число зубьев $z = 21$ зуб. Качество зубчатых колес после шлифования кругами из КНБ сравнивали с результатами шлифования кругами из белого и хромистого электрокорунда, наиболее часто применяемых при шлифовании зубчатых колес.

Результаты показали, что шероховатость обработанной поверхности при шлифовании кругами из КНБ на органической связке В2-08 при черновых режимах обработки достигает Ra 1,50–1,70, а при финишном шлифовании кругами из КНБ шероховатость обработанной поверхности достигает Ra 1,00–1,10. Такое значение шероховатости при шлифовании кругами из КНБ объясняется присутствием крупных агрегированных зерен КНБ с покрытием стеклом размером до 0,5–1 мм.

Шлифование кругами из КНБ на керамической связке С10 снижает шероховатость эвольвентной поверхности зубчатого колеса до 30 % и достигает значений Ra 0,60–0,70 на финишных режимах.

Аналогичное снижение шероховатости наблюдается при шлифовании кругами из КНБ на металлической связке, которое составляет на финишных режимах Ra 0,65–0,75. При одинаковой зернистости КНБ 125/100, шлифовальные круги на керамической связке обеспечивают меньшую шероховатость, чем круги на металлической связке. Применение хромистого электрокорунда повышает шероховатость эвольвентного профиля зубчатого колеса до 10 % по сравнению с кругом из электрокорунда белого. Глубина резания на всех исследуемых диапазонах не оказывала существенного влияния на шероховатость поверхности. Хотя тенденция к возрастанию шероховатости поверхности при повышении глубины резания наблюдалась, причем для кругов из электрокорунда более заметно.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования поверхностного слоя зубчатых колес показали, что шлифование кругами из КНБ с охлаждением при $t = 0,01$ мм приводит к формированию поверхностного слоя зубьев с микроструктурой, не

отличающейся от структуры глубинных слоев металла. При послойном рентгеноструктурном анализе в железном и медном излучении градиент концентрации остаточного аустенита в поверхностном слое отсутствует, практически одинакова и ширина рентгеновских линий. Следовательно, при финишном шлифовании зубчатых колес кругом из КНБ с охлаждением температура в зоне обработки значительно ниже точки A_{1c} и изменение структуры не обнаруживается используемыми методами исследований.

Дальнейшее повышение глубины резания до 0,1 мм приводит к образованию слоя вторичной закалки, что ясно видно по количеству остаточного аустенита (в железном излучении) и появлению отдельных участков слоя вторичной закалки. Характерно, что рентгенограммы поверхности в железном излучении после шлифования кругом из КНБ без охлаждения с глубиной до 0,03 мм существенно не отличаются от рентгенограмм, снятых при работе с охлаждением. Только в медном излучении наблюдается заметное повышение количества остаточного аустенита, а на микрошлифах после шлифования с $t = 0,05$ мм видны следы вторичной закалки.

Исследования состояния поверхности зубьев после шлифования кругами из белого электрокорунда без охлаждения показало, что температура на всех режимах выше, чем в случае обработки кругами из КНБ. При минимальной глубине резания $t = 0,01$ мм в железном излучении наблюдается существенное сужение рентгеновских линий и повышение до 25 % количества остаточного аустенита. Дальнейшее повышение глубины резания до 0,1 мм приводит к образованию слоя вторичной закалки.

В результате комплексного металлографического и рентгеноструктурного анализов поверхностного слоя зубчатых колес установлено, что шлифование с глубиной резания $t = 0,1$ мм и более нецелесообразно, так как глубина дефектного слоя превышает припуск на обработку и составляет 200 мкм, который не может быть удален на последующих финишных операциях обработки. При шлифовании кругами из КНБ без охлаждения такая величина дефектного слоя возникает уже при глубине резания более 0,05 мм. Поэтому черновое шлифование зубчатых колес из железоуглеродистых сталей кругами из КНБ с $t = 0,05$ мм без охлаждения нецелесообразно, ввиду образования дефектного слоя, не удаляемого на последующих финишных операциях обработки. Черновое шлифование зубчатых колес с $t = 0,05$ мм кругами из КНБ возможно с применением охлаждения, так как дефектный слой в этом случае составляет всего 20–30 мкм, который вполне можно удалить при следующих финишных операциях зубошлифования.

Одновременно с металлографическими и рентгенографическими исследованиями изучалось распределение остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя зубчатых колес. После шлифования в тонком поверхностном слое (1–5 мкм) возникают значительные напряжения сжатия. При обработке кругами из электрокорунда они достигают 300 ± 10 МПа, а в случае применения кругов КНБ – 1000 ± 10 МПа.

В целом можно отметить, что при зубошлифовании кругами из КНБ растягивающие остаточные напряжения в 2 раза меньше, чем при обработке кругами из электрокорунда. При зубошлифовании на финишных режимах, при $t = 0,01$ мм кругами из КНБ формируются остаточные напряжения сжатия величиной до 200 ± 10 МПа.

В результате проведенных работ установлено, что на всех исследуемых режимах обработки характерно увеличение шероховатости поверхности при уменьшении времени обката зубчатого колеса. Шероховатость обработанной поверхности после шлифования кругами из электрокорунда на 20% ниже по сравнению со шлифованием кругами из КНБ. Установлено, что при финишном шлифовании кругами из КНБ формируется поверхностный слой зубьев с микроструктурой, не отличающейся от структуры глубинных слоев металла, а черновое шлифование глубиной резания более $t = 0,05$ мм нецелесообразно, ввиду образования дефектного слоя. При зубошлифовании в тонком поверхностном слое (1–5 мкм) зуба формируются значительные напряжения сжатия,

которые на глубине 5–8 мкм переходят в растягивающие и составляют на глубине 20 мкм 100–400±10 МПа.

Список ссылок

1. Мишнаевский Л.Л., Сагарда А.А., Емельянов В.М. и др. Высокопроизводительное зубошлифование кругами из кубического нитрида бора / Л.Л. Мишнаевский, А.А. Сагарда, В.М. Емельянов и др. // Синтетические алмазы. – 1970. – №5. – С. 40 – 42.
2. Рябченко С.В. Шлифование зубчатых колес тарельчатыми кругами из СТМ / С.В. Рябченко // Сверхтвердые материалы – 2014. – № 6. – С. 81– 89.

УДК 621.9.06

Струтинський В.Б., докт. техн. наук, професор
Скрипник В.С., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», kvm_mmi@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ РАЦІОНАЛЬНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ ШВИДКИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ТА ЙОГО ТОЧНИХ МІКРОПЕРЕМІЩЕНЬ

Наземні роботизовані комплекси призначені для роботи з небезпечними об'єктами. При цьому реалізуються системи телекерування комплексами. Оператор знаходиться на значній відстані і має обмежену інформацію про умови виконання технологічних операцій. Відеосупровід дає можливість наближено оцінити кінематичні параметри взаємодії виконавчого органу комплексу (маніпулятора) та небезпечного об'єкта. Це приводить до зниження функціональних можливостей комплексу або до суттєвих похибок виконання технологічних операцій.

Для підвищення показників точності роботизованих комплексів, запропоновані методи керування які встановлюють раціональні співвідношення швидких переміщень виконавчого органу та точних мікропереміщень. Методи базуються на розробленні алгоритмів керування комплексів із введенням зворотніх зв'язків по кінематичним параметрам при безпосередній реалізації технологічних операцій. Для введення зворотніх зв'язків проводяться виміри параметрів просторового руху виконавчого органу. Опис швидких просторових переміщень виконавчого органу здійснюється за допомогою векторної величини у вигляді поступального переміщення полюса та повороту навколо миттєвої осі обертання. Раціональним напрямком переміщення полюса є його рух вздовж миттєвої осі обертання. З метою вибору раціональних геометричних параметрів переміщення виконавчого органу маніпулятора вводяться обмеження на компоненти кінематичного гвинта у вигляді швидкості руху полюса та кутової швидкості обертання виконавчого органу навколо миттєвої осі. Дані обмеження стають більш жорсткими при зменшенні абсолютної величини відстані виконавчого органу маніпулятора та небезпечного об'єкта.

Обґрунтування вибору раціональних співвідношень швидких переміщень виконавчого органу та точних мікропереміщень здійснено на основі математичного моделювання. Проведено моделювання кінематичних характеристик маніпулятора. Для цього використані матрично-векторні залежності переміщень характерних точок маніпулятора від змін керованих координат. Мікропереміщення враховані шляхом визначення матриці Якобі, що пов'язує просторові переміщення виконавчого органу із малими приростами керованих координат. На основі розроблених моделей виконані розрахунки змін взаємного положення маніпулятора та об'єкта.

Кінематичні параметри відносного руху маніпулятора і об'єкта надаються оператору у візуалізованій формі і застосовуються для корегування переміщення маніпулятора. Одночасно виміряні параметри вводяться в систему керування в якості зворотніх зв'язків

та забезпечують вибір раціональних, з точки зору точності, законів керування системи приводів маніпулятора. Це забезпечує суттєве підвищення точності наземного роботизованого комплексу.

УДК 621.9.06

Струтинський В.Б., докт. техн. наук, професор

Бондаренко Н.Б., студент

Келавець Ю.Р., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», kvm_mmi@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМАТИВНОСТІ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ПОБУДОВАНОГО НА ОСНОВІ МЕХАНІЗМІВ ІЗ ПАРАЛЕЛЬНИМИ КІНЕМАТИЧНИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ

Мобільні роботомеханічні комплекси із паралельними кінематичними зв'язками мають ряд суттєвих переваг в порівнянні із традиційними роботами консольного типу. До таких переваг відносяться підвищена вантажопідйомність, рівномірність сприйняття навантажень в області повного тілесного кута повороту виконавчого органу маніпулятора, можливість реалізації складних просторових рухів маніпулятора та інші.

До недоліків механізмів з паралельними кінематичними структурами відносяться недостатня жорсткість несучої системи та наявність значного числа шарнірних з'єднань. Це обумовлює нелінійність деформативних характеристик, яка негативно впливає на функціональні можливості мобільного робота.

Для компенсації нелінійностей деформативних характеристик необхідно визначити їх величину і особливості формування. Для цього проведені спеціальні дослідження. Здійснено теоретичне обґрунтування впливу основних параметрів мобільного робота на деформативні та дисипативні властивості його несучої системи. Побудовані теоретичні моделі та обґрунтована методика експериментальних досліджень. Встановлення параметрів нелінійних характеристик деформативності потребує складних експериментальних вимірів та спеціальної апаратури. З метою зменшення трудомісткості досліджень запропонована спеціальна методика. Вона включає наближену оцінку нелінійних характеристик деформативності робота в динамічному режимі із застосуванням квазілінійної моделі. При цьому характеристики динамічної деформативності робота визначаються по записам власних коливань його виконавчого органу. Встановлюються частоти основних складових просторових коливань та їх взаємодія. Дається оцінка дисипації енергії коливань внаслідок взаємодії жорсткісних та дисипативних факторів.

На основі наближеної оцінки параметрів проводиться комплекс вимірів уточнених деформативних характеристик робота. Визначаються гістерезисні властивості пружно-дисипативної системи робота, зокрема параметри петлі гістерезису, обмеження при змінах амплітудних значень навантаження, локальні зміни нелінійних характеристик. Одержані дані уточнюються шляхом врахування стохастичних властивостей нелінійних характеристик деформативності. Знаходиться дисперсія значень нелінійних характеристик та стохастичні зміни параметрів жорсткості. Визначаються лінійні регресії та довірчі інтервали ділянок характеристик деформативності.

Результати експериментальних досліджень порівнюються із даними теоретичних досліджень. На основі цього встановлюються основні причини виникнення нелінійностей та засоби їх компенсації.

Для уточнення запропонованих заходів проведено математичне моделювання характеристик деформативності мобільного робота. Розроблена математична модель просторового руху виконавчого органу робота яка використана при розрахунках.

Знайдені нелінійні характеристики деформативності є основою для оцінки якісних характеристик мобільного робота побудованого на основі механізмів із паралельними кінематичними зв'язками.

УДК 621.87(075.8)

Струтинський С.В., докт. техн. наук, доцент

Семенчук Р.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», strutynskiy@gmail.com

ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОНВЕЙЕРНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ РІДКИХ ПОКРИТТІВ НА ПОВЕРХНЮ ВИРОБІВ

Розроблена ефективна технологія нанесення покриття на поверхню виробів шляхом їх періодичного занурення у ванну із спеціальним розчином. Для реалізації технології розроблена установка на основі ланцюгового конвейера. Особливістю установки є реалізація строго вертикального занурення виробів у ванну. Для забезпечення високої продуктивності технологічної лінії необхідна висока швидкість руху ланцюгового конвейера який має значні габарити. Робота ланцюгового конвейера супроводжується виникненням інтенсивних ударних навантажень, їх визначення є актуальним.

Проведено дослідження причин виникнення динамічних навантажень в конвейері. Встановлено характер навантажень. Обґрунтовано появу інтенсивних динамічних імпульсних навантажень стохастичного характеру. Визначені статистичні характеристики навантажень в ланцюговій конвейерній системі. Імпульсні навантаження апроксимовані прямокутними імпульсами із випадковими значеннями енергії імпульсів. Виділена центрова на складова випадкових імпульсних навантажень.

Здійснено спектральний аналіз складових ударних навантажень і знайдено їх кореляційні функції та спектральні щільності. Виконано аналіз одержаних статистичних характеристик та запропоновані нелінійні математичні моделі для їх опису.

Досліджено вплив геометричних і динамічних параметрів ланцюгового конвейера на вид і величину імпульсного випадкового навантаження. Встановлено особливості формування вектора випадкового імпульсного навантаження на зірочку з боку ролика ланцюга конвейера. Визначено випадкові зміни головного вектора та головного момента навантажень, що виникають при ударній взаємодії ролика ланцюга і зірочки. Встановлено закономірності виникнення і розповсюдження хвильових явищ у ланцюговому конвейері. Запропоновані методи зниження інтенсивності хвиль, запобігання їх інтерференції та кумуляції. Досліджено частотні спектри просторових коливань несучої системи ланцюгового конвейера. Встановлено частоти резонансних областей просторової динамічної системи конвейера та їх можливий зв'язок із параметричними резонансами в ланцюговому конвейері. Для зниження інтенсивності коливань запропоновано використати інерційні демпфери встановлені в характерних областях конвейерної системи. Інерційні демпфери мають масивні кулі встановлені у сферичних порожнинах заповнених феромагнітною рідиною. По периферії корпусу демпфера розміщені постійні магніти. При переміщенні куль має місце інтенсивний рух феромагнітної рідини, що супроводжується втратами енергії і приводить до демпфування коливань несучої системи. Параметри демпферів вибрані із умови реалізації оптимальних законів руху конвейера при опусканні та підніманні виробів із ванни із розчином для нанесення покриття. Застосування демпферів значно поліпшує динамічні характеристики системи. Зниження коливальності на резонансних частотах сягає 10..25%. Резонансні області зміщуються в область високих частот де мають місце власні дисипативні процеси в динамічній системі. В результаті проведених досліджень запропонована раціональна конструкція конвейерної системи для нанесення рідких покриттів на поверхню виробів.

УДК 621.9.06

Данильченко Ю.М., докт. техн. наук, професор
Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», yumd@i.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ПОХИБОК ТОКАРНОГО ОБРОБЛЕННЯ ВНАСЛІДОК ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ СИСТЕМИ «ШПИНДЕЛЬ-ЗАГОТОВКА»

Точність обробки на металорізальних верстатах визначається взаємним положенням інструмента і заготовки в процесі різання і в першу чергу залежить від величини їх пружних зміщень.

Найбільші пружні зміщення при поздовжньому точінні виникають в системі «шпиндель-заготовка». Насамперед це пов'язано з тим, що ця система складається з декількох пружно з'єднаних між собою підсистем і сприймає дію збурень як зовнішнього (від процесу різання і приводу), так і внутрішнього (від підшипників опор шпинделя) характеру.

Зазвичай в пружно-деформаційних моделях системи «шпиндель-заготовка» враховують наявність шпинделя на опорах, корпуса та закріпленого в шпинделі інструменту (заготовки) [1]. Для побудови таких моделей найчастіше використовують метод скінченних елементів (МСЕ) [1], [2] або метод перехідних матриць (МПМ) [3], [4], [5]. Основною перевагою МПМ порівняно з МСЕ є простота розрахункової моделі при забезпеченні достатньо високої точності обчислення.

Розроблена пружно-деформаційна модель системи «шпиндель-заготовка», побудована за методиками [4], [5] із використанням МПМ. Модель дозволяє обчислювати статичні [5] і динамічні [4] пружні зміщення осі консольно-закріпленої в шпинделі заготовки з урахуванням ексцентриситету її закріплення та зміни положення точки прикладання сили різання в осьовому напрямі. Вібраційні збурення опор шпинделя, спричинені похибками виготовлення підшипників кочення і складання шпиндельного вузла, обчислюються за методикою [6]. В пружно-деформаційній моделі системи «шпиндель-заготовка» ці збурення враховуються у вигляді змінної жорсткості підшипників опор для дискретних положень шпинделя за кутом повороту. Обчислення змінного припуску здійснюється за методикою [7]. За результатами обчислення пружних зміщень осі заготовки в точках прикладання сили різання формується 3D модель похибки оброблення.

Список посилань

1. Abele E. Machine Tool Spindle Units [Електронний ресурс] / E. Abele, Y. Altintas, C. Brecher // CIRP Annals-Manufacturing Technology, Vol. 59, No. 2. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: [http://glearning.tju.edu.cn/pluginfile.php/144195/mod_forum/attachment/46778/machine_tool_spindle_unit\(%E7%BB%BC%E8%BF%B0\).pdf](http://glearning.tju.edu.cn/pluginfile.php/144195/mod_forum/attachment/46778/machine_tool_spindle_unit(%E7%BB%BC%E8%BF%B0).pdf).
2. Badrawy S. Dynamic modelling and analysis of motorized milling spindles for optimizing the spindle cutting performance [Електронний ресурс] / Badrawy – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nanotechsys.com/wp-content/uploads/file/PDFs/DynamicModelingandAnalysis.PDF>.
3. Хомяков В. С. Исследование динамических характеристик шпиндельных узлов / В. С. Хомяков, Н. А. Кочинев, Ф. С. Сабиров. // Вестник МГТУ «Станкин». – 2008. – С. 15–22.
4. Данильченко Ю. М. Исследование динамических характеристик механической системы «шпиндельный узел» / Ю. М. Данильченко, А. О. Дорожко, А. И. Петришин. // Вестник МГТУ «Станкин». – 2014. – С. 81–91.
5. Danylchenko Y. M. Static calculation of the “spindle unit” elastic system by using transfer matrices method / Y. M. Danylchenko, M. G. Storchak. // Mechanics and Advanced Technologies. – 2017. – С. 19–25.
6. Данильченко Ю. М. Прецизійні шпиндельні вузли на опорах кочення (теорія і практика / Ю. М. Данильченко, Ю. М. Кузнецов. – Тернопіль - Київ: Економічна думка, 2003. – 344 с.
7. Петраков Ю. В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник / Ю. В. Петраков. – Київ: УкрНДІАТ, 2003. – 383 с.

УДК 621.93

Майданюк С.В., асистент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І Сікорського», maysv3@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДИСКОВИМИ ВІДРІЗНИМИ ФРЕЗАМИ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ

Дискові відрізні фрези широко використовуються у виробництві при відрізанні та розрізанні різноманітних матеріалів. Сучасний рівень виробництва висуває більш жорсткі умови до деталей та заготовок, в тому числі до їх якості та точності, особливо до шорсткості поверхонь та задирок. Дискові відрізні фрези працюють в складних умовах, в умовах скованого різання, що супроводжується різкими змінами зусиль різання, вібраціями при обробленні, що негативно впливає на якість оброблення. Тому задача розробки дискових відрізних фрез підвищеної точності є актуальною.

Одним з шляхів поліпшення умов роботи відрізних фрез є використання інструменту нерівномірним кроком зубців, що дає змогу зменшити зусилля різання та вібрації, що, в свою чергу, призводить до деякого поліпшення якості оброблення [1-3].

Перспективним напрямком удосконалення умов роботи інструменту є зміна схеми зрізання припуску, що дасть можливість зменшити навантаження на зубці інструменту, що зменшить коливання зубців та диску фрези, що призведе до поліпшення умов оброблення та, відповідно, до підвищення якості оброблення. Таким чином, запропонована конструкція дискової відрізної фрези з різнонаправленими зубцями, яка працює за прогресивною схемою зрізання припуску.

В результаті досліджень було встановлено, що така конструкція інструменту поліпшує умови оброблення, знижуючи не тільки зусилля різання та завантаження різальних кромek інструменту [4-6]. Дослідження якості оброблення даними фрезами показало перспективність їх використання при обробленні алюмінієвих та сталевих заготовок, а саме, підвищення якості оброблених поверхонь.

В роботі вирішується задача визначення параметрів якості оброблення, а саме, шорсткості оброблених поверхонь та величина задирок, від геометричних параметрів та режимів різання, при відрізанні дисковими відрізними фрезами з різнонаправленими зубцями, на основі експериментальних досліджень, методом математичного моделювання – методом групового врахування аргументів (МГВА). Отримані залежності можна використовувати при оптимізації геометричних параметрів та режимів різання дискових відрізних фрез з різнонаправленими зубцями, в якості додаткових обмежень.

Список посилань

1. Лорох Р. Повышение работоспособности дисковых пил при отрезке круглых заготовок: дис.... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Лорох Роланд. – К., 1998.
2. Равская Н.С. Экспериментальные исследования процесса отрезки дисковыми пилами с неравномерным шагом зубьев / Н.С. Равская, А.В. Семенов // Резание и инструмент в технологических системах. Вып. 53. – 1999.
3. Семенов А. В. Разработка дисковых пил с неравномерным шагом: Дис.... кандидата техн. наук: 05.03.01 / Семенов Александр Витальевич. – К., 1998.
4. Ковальова Л.І., Майданюк С.В. Моделювання зусиль різання круглими пилками з різнонаправленими зубцями / Л.І. Ковальова, С.В. Майданюк // Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2016.
5. Равська Н.С., Охріменко О.А., Майданюк С.В. Визначення параметрів зрізу зрізуваного шару дисковим інструментом з різнонаправленими зубцями / Н.С. Равська., О.А. Охріменко, С.В. Майданюк // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. - Краматорськ, вип. 40, 2017.

УДК. 621.91.01

Біланенко В.Г., канд. техн. наук, доцент
Приходько В.П. канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І Сікорського», victor_bilanenko@ukr.net

БАЗУВАННЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Однією з важливих тенденцій сучасного світового машинобудівного виробництва є постійне зростання обсягів та складності проектних робіт технологічного підготовки виробництва, які вимагають підвищення вимог до характеристик якості машин, що виготовляються та зростання продуктивності оброблення. Подальше вдосконалення технологічних можливостей сучасних верстатів з ЧПУ та їх систем управління сформувавши умови для подальшого вдосконалення процесів проектування операцій механічного оброблення різанням.

За умов оброблення складних конструкцій корпусних деталей та великогабаритних деталей високої вартості важливим етапом проектування технологічного процесу оброблення є визначення схеми базування та закріплення заготовки для оброблення. При обробленні таких заготовок важливим технологічним завданням є використання верстатних пристроїв простих конструкцій та забезпечення повного оброблення заготовок за мінімальну кількість установок. Оброблення заготовок за одну установку можливе за наступних умов:

- наявності достатньої кількості необроблених поверхонь, які дають можливість установити заготовку для оброблення;
- технологічні можливості верстату можуть реалізувати всі види оброблення, які необхідні для оброблення поверхонь даної конструкції виробу;
- використання конструкційного матеріалу та технологічного процесу виготовлення заготовки, які не створюють значних залишкових напружень в конструкції заготовки.

За умов виготовлення заготовок пластичним деформуванням та литтям технологічний процес механічного оброблення необхідно розділяти в часі на послідовні етапи чорнового та наступних етапів оброблення. Така послідовність механічного оброблення різанням забезпечує підвищення якості оброблення та зменшує подальші можливі просторові деформації обробленої заготовки за рахунок самодовільного вирівнювання в ній залишкових напружень.

Структура технологічного процесу оброблення деталей машин в значній мірі визначається етапом визначення технологічних баз для реалізації кожної технологічної операції. Обґрунтований вибір схеми базування для різних етапів технологічного процесу оброблення, в першу чергу, забезпечує ефективне використання технологічних можливостей сучасних верстатів з ЧПУ, забезпечує зменшення кількості установок заготовки для її повного оброблення та зменшує кількість необхідних верстатних пристроїв, а тим самим і витрати на верстатні пристрої. Визначення схем базування для різних етапів технологічного процесу є достатньо складним технологічним завданням, що обумовлює його недостатню формалізацію та складнощі його автоматизації.

Рівень вирішення завдань визначення технологічних баз при проектуванні технологічних процесів оброблення деталей машин є недостатнім і потребує подальших досліджень та вдосконалення, особливо з урахуванням розширення технологічних можливостей сучасних верстатів з ЧПУ та вдосконалення математичного забезпечення систем управління такими верстатами.

Аналіз сучасних наукових досліджень та практичного досвіду виробництва, які визначають застосування загальної теорії базування в технологічних процесах оброблення

різанням деталей машин, дає змогу розділити її на дві взаємопов'язані частини, а саме: теорію контактного базування та теорію віртуального базування.

Теорія контактного базування передбачає орієнтування оброблюваної заготовки відносно системи координат верстату за рахунок певної теоретичної схеми базування та відповідної конструкції верстатного пристрою, який її реалізує. Незмінне положення оброблюваної заготовки відносно системи координат верстату визначається полишенням шести ступенів вільності, які включають три переміщення відносно координатних осей OX , OY , OZ та три повороти відносно цих осей.

Найбільш складним та багатоваріантним технологічним завданням оброблення корпусних деталей є визначення технологічних баз для першої технологічної операції. Вихідним документом для вибору технологічних баз для перших операцій є кресленник заготовки та результати аналізу вимог кресленника деталі, за якими визначаються найбільш важливі технологічні завдання для оброблюваної деталі, які можуть включати:

- забезпечення заданої точності просторового розташування обробних поверхонь заготовки відносно необробних;
- забезпечення заданої точності просторового розташування взаємозв'язаних обробних поверхонь деталі, що не може бути забезпечено компенсацією похибки базування;
- забезпечення видалення рівномірних припусків на подальших етапах оброблення найбільш відповідальних поверхонь;
- забезпечення симетричності конструкції деталі відносно поздовжньої вісі;
- зменшення кількості установок заготовки для її повного оброблення та перевірка можливості оброблення заготовки за одну установку.

За певних конструктивних особливостей оброблюваних заготовок можуть виникати і інші технологічні завдання, які будуть впливати на визначення схеми базування. За умов контактної базування прийнята схема базування дозволяє вирішувати тільки одне визначене технологічне завдання, а всі інші завдання будуть мати певну похибку, яка буде залежати від вибраної схеми базування. Певне компромісне одночасне вирішення декількох технологічних завдань може бути досягнуто за рахунок введення в технологічний процес оброблення додаткової технологічної операції розмітки.

Практично нові можливості проектування сучасних технологічних процесів оброблення на верстатах з ЧПУ відкриває застосування віртуального базування, яке є важливою складовою адаптивного оброблення різнанням. Таке оброблення найбільш успішно реалізується верстатах з ЧПУ, які мають 5 керованих координат. Для реалізації віртуального базування верстат повинен бути оснащений OMV-вимірювальною системою (On-Machine Verification-контроль на верстаті), яка включає контактний вимірювальний датчик, наприклад, тензодатчик моделі OMP400 або OMP700 компанії Renishaw, приймачем сигналу та інтерфейсу для зв'язку з системою ЧПУ верстату. Для програмування таких вимірювань система управління верстату повинна бути оснащена спеціалізованою CAI-системою (CAI, Computer Aided Inspection), наприклад PowerINSPECT OMV фірми Delcam, яка забезпечує програмування необхідних вимірювань та визначення траєкторій переміщення вимірювального щупу. Такі вимірювання забезпечують контроль дійсного просторового положення заданих поверхонь заготовки, передачу результатів цих вимірювань у систему управління верстату, яка за їх результатами вносить зміни в управляючу програму оброблення заданої деталі. та реалізацію проміжного контролю розмірів заготовки після реалізації певного етапу оброблення поверхні та дають можливість вносити необхідні корективи в наступні етапи оброблення для досягнення заданих характеристик якості. Застосування віртуального базування дає змогу реалізовувати адаптивне механічне оброблення різнанням деталей машин.

УДК 621.91-941

Біланенко В.Г, канд. техн. наук, доцент,
Національний технічний університет України «КПІ ім. І Сікорського», victor_bilanenko@ukr.net

ПРОЕКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Сучасне машинобудівне виробництво базується на переважному застосуванні верстатів з ЧПУ та багатоцільових верстатів на їх основі. Конструкції таких верстатів, системи управління процесами оброблення, використанням сучасного інструментального забезпечення значно розширюють можливості технологічної обробляючої системи (ТОС) і дозволяють реалізовувати нові технологічні прийоми оброблення, оброблення за складними траєкторіями переміщення різальних інструментів та реалізацію нових сучасних стратегій оброблення.

Вдосконалення загальних закономірностей проектування технологічних процесів оброблення різанням з урахуванням можливостей сучасного верстатного обладнання, забезпечення їх надійності, підвищення продуктивності процесів оброблення різанням, зменшення тривалості технологічного підготовлення виробництва є актуальною проблемою сучасного машинобудівного виробництва.

Проектування операційного технологічного процесу оброблення є комплексним завданням і передбачає послідовне вирішення наступних типових технологічних завдань:

- проектування змісту технологічних операцій (послідовності виконання технологічних переходів);
- визначення загальних припусків для кожної обробної поверхні та припусків для виконання кожного технологічного переходу оброблення всіх обробних поверхонь деталі;
- визначення режимів різання для виконання кожного технологічного переходу.

Кожна технологічна операція або етап оброблення, які реалізуються в певній ТОС повинні забезпечувати підвищення точності розмірів, точності форми поверхні, геометричних та фізико-механічних характеристик поверхневих шарів, ступінь зміни яких можна узагальнено характеризувати коефіцієнтом уточнення. За результатами виробничого досвіду машинобудівного виробництва встановлені такі середні значення коефіцієнтів уточнення: для попереднього чорнового оброблення заготовок $K_y = (5-7)$, що буде в середньому забезпечувати точність розмірів оброблених поверхонь в діапазоні (IT14-IT12); для попереднього напівчистового оброблення $K_y = (3-4)$, відповідно, точність оброблення поверхонь (IT11-IT10); для чистового оброблення $K_y = (2-3)$, відповідно, точність оброблення поверхонь (IT9-IT8); для завершального (викінчувального) оброблення $K_y = (1,5-2,0)$, відповідно, точність оброблення поверхонь (IT6-IT7).

Формування технологічної обробляючої системи для реалізації кожної технологічної операції є багатоваріантним завданням, яке обов'язково потребує оптимізації рішень, які приймаються, за певними критеріями оптимізації. Дослідженнями сучасних технологічних операцій оброблення різанням визначено, що на сьогодні основним критерієм їх оптимізації є продуктивність оброблення, при досягненні якої практично забезпечуються і мінімальні витрати на оброблення. Встановлено, що зменшення витрат на різальні інструменти на 30% зменшує витрати на оброблення лише на 1%. Підвищення стійкості різального інструменту на 50% зменшує витрати на оброблення також на 1%. А зростання продуктивності оброблення на 20% (зменшення основного часу оброблення) забезпечує зменшення витрат на оброблення на 15%.

Тому при визначенні режимів різання для верстатів з ЧПУ критерієм оптимізації є найбільша продуктивність оброблення, яка забезпечується розрахунком оптимальних

умов оброблення: глибини різання h , мм, подачі інструмента S_0 або S_z та швидкості різання за характеристиками різального інструменту $[V_i]$ та потужністю двигуна головного приводу верстату $[V_g]$.

Визначення величини кожного елементу режиму різання потребує аналізу особливостей виду оброблення різанням та його кінематичної схеми. Для заданих умов оброблення, необхідно визначити систему технічних обмежень, які повинні враховувати характеристики оброблюваної заготовки, різального інструменту та верстату. За такими обмеженнями визначають величину граничної головної складової сили різання P_z , що допускається елементами ТОС для заданих умов оброблення. Глибина різання, для кожного технологічного переходу, визначається за результатами визначення припусків для даного етапу оброблення. Головна складова сили різання P_z визначається фізико-механічними характеристиками оброблюваного матеріалу та перерізом шару, що зрізується та її величину можна визначити за формулою:

$$P_z = p \cdot f = p \cdot a \cdot b = p \cdot h \cdot S_0 \quad (1)$$

де p – питома сила різання, МПа;

a – товщина шару, що зрізується, мм/об;

b – ширина шару, що зрізується, мм,

h – глибина різання, мм;

S_0 – подача, мм/об.

Питома сила різання для заданих умов оброблення розраховується за формулою:

$$p = (1 - 0,01 \cdot \gamma) \cdot p_c / a_{max}^m = (1 - 0,01 \cdot \gamma) \cdot p_c / (S_0 \cdot \sin\varphi)^m \quad (2)$$

де γ – передній кут інструменту, град;

p_c – одинична питома сила для даної групи конструкційних матеріалів, МПа;

a – товщина шару, що зрізується, м.

Величина подачі за таких умов обмежень визначається за формулою:

$$[S_0] = \left\{ \frac{[P_z]}{(1 - 0,01 \cdot \gamma) \cdot p_c \cdot h \cdot (\sin\varphi)^m} \right\}^{\frac{1}{1+m}}, \text{ мм/об} \quad (3)$$

Зменшення вартості оброблення деталей машин при застосуванні сучасних верстатів з ЧПУ, в першу чергу, досягається за рахунок підвищення продуктивності оброблення. Ефективні умови використання верстатів з ЧПУ характеризуються повним використанням потужності двигуна головного приводу верстату, що визначається співвідношенням:

$$N_p \leq N_g \quad (4)$$

де N_p – потужність різання, Вт;

N_g – ефективна потужність двигуна головного приводу верстату, Вт.

Потужність різання визначається за загальними формулами:

$$N_p = P_z \cdot V \quad N_p = M \cdot \omega \quad (5)$$

де P_z – головна складова сили різання, Н;

V – швидкість різання, м/с;

M – крутний момент, Н·м;

ω – кутова швидкість, рад/с.

Відповідно, за співвідношенням (4) можна визначити швидкість різання, яка допускається двигуном головного приводу верстату за формулою:

$$V_{\text{e}}^{-} = \frac{N_{\text{д}} \cdot 10^3 \cdot n \cdot K_n}{P_z}, \text{ м/с} \quad (6)$$

де N_z – потужність двигуна головного приводу верстату, кВт;
 n – коефіцієнт корисної дії кінематичної ланки головного руху різання;
 K_n – коефіцієнт, допустимого короточасного перевантаження двигуна;
 P_z – головна складова сили різання, Н.

Характеристики різального інструменту повинні забезпечувати швидкість різання, яка буде максимально близькою до визначеної швидкості різання $k = \frac{V_{\text{e}}^{-}}{V_{\text{i}}^{-}} \rightarrow 1,0$.

Волох В.И., аспірант

Буря А. И. канд. техн. наук, професор

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское, aliha2004@ukr.net

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СТРУКТУРУ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

При термической обработке (нагреве сталей) происходит внутреннее изменение микроструктуры сталей, в результате изделие приобретает определённые магнитные и физико-механические свойства.

Коэрцитивная сила отражает интегральные свойства ферромагнетика и характеризует общую устойчивость к внешним температурным воздействиям. Учитывая это, цель работы заключалась в оценке влияния структуры сталей 3пс; St37; 09Г2С на их магнитное состояние H_c , после нагрева образцов.

Для исследований из горячекатаного уголка были вырезаны образцы размером 90 x 40 x 5 мм из сталей, химический состав которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Al
09Г2С	0,08	1,58	0,63	0,018	0,028	0,04	0,03	0,04	0,018
St37	0,17	0,53	0,19	0,016	0,030	0,05	0,03	0,06	0,023
3пс	0,15	0,47	0,21	0,018	0,010	0,04	0,02	0,01	0,034

Для изменения структуры образцы сталей нагревали до 750°C, выдерживали 1 и 5 часов. Для фиксации полученной структуры образцы после окончания нагрева охлаждали в воде. Измерения коэрцитивной силы H_c и твердости НВ каждого из этих образцов, представлены в таблице 2

Таблица 2 – Свойства образцов после нагрева, при разной выдержке

№ п/п	До нагрева		Нагрев при 750°C,			
			выдержка 1 час		выдержка 5 часов	
	H_c	НВ	H_c	НВ	H_c	НВ
Сталь 3пс	3,5	125	4,71	166,85	4,0	140,3
St37	3,42	100,71	5,01	143,5	4,57	137,4
09Г2С	3,45	121,37	6,86	166	6,61	136,33

Анализ изменения свойств сталей после термообработки позволяет заключить, что наилучшей прочностью обладает сталь 3пс выдержанная при температуре 750°С в течении 1 часа. Обращает на себя внимание тот факт, что при варьировании технологических параметров термообработки, прочность и коэрцитивная сила образцов изменяются симбатно.

Что касается влияния термообработки на структуру сталей, то на примере стали 3пс (рис. 1), исходная микроструктура исследуемого образца, представляющая собой феррито-перлитную смесь с соотношением феррит/перлит ~ 80/20% при температуре 750°С изменяет соотношение феррит - перлит до ~ 75/15% соответственно т.е. увеличивается с 4 до 5. Такое соотношение наблюдается как при выдержке 1 так и 5 часов. Однако в последнем случае коэрцитивная сила несколько снижается за счет сфероидизации перлита. В этом случае от границ зерен феррита начинают образовываться новые перлитные колонии с большим проращением в зерна феррита.

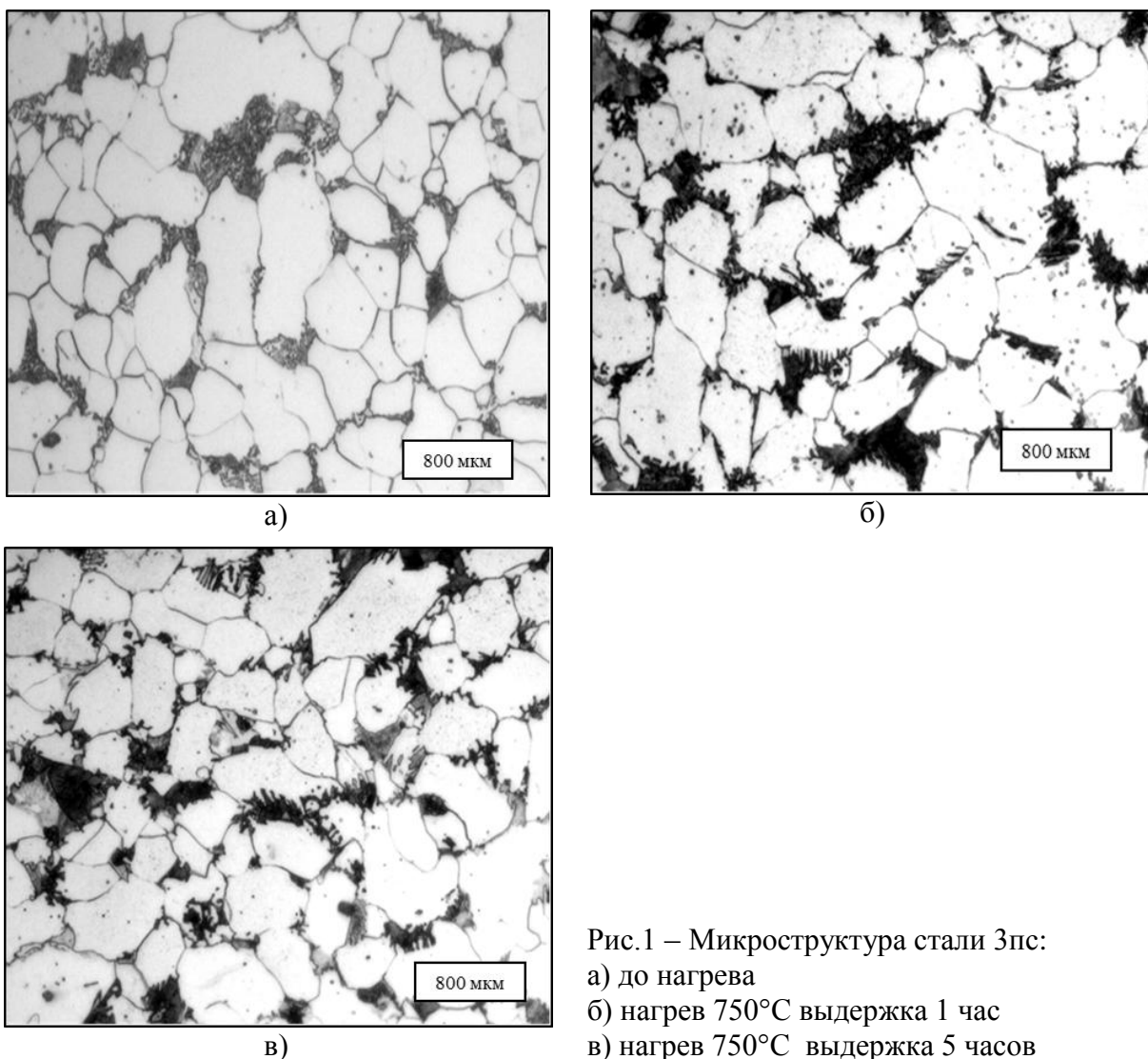


Рис.1 – Микроструктура стали 3пс:
 а) до нагрева
 б) нагрев 750°С выдержка 1 час
 в) нагрев 750°С выдержка 5 часов

Таким образом термообработка низколегированных и низкоуглеродистых сталей в двухфазной области, при надкритическом температурном воздействии 750°С приводит к снижению твердости, прочностных и магнитных свойств сталей. Такая зависимость позволяет контролировать структуру металла в ответственных объектах металлургии: грузоподъемные краны и другие объекты транспортирующий жидкий металл.

УДК 620.22:621.763

Буря А. И., канд. техн. наук, профессор

Томина А. – М. В., аспирант

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское, ol.burya@gmail.com

Теренин В. И., ст. науч. сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт полимерных волокон

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОСТОЙКОГО ВОЛОКНА ЛОЛА НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ОРГАНОПЛАСТИКОВ

Волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ) упрочненные химическими волокнами (ХВ), решают одну из основных проблем современного машиностроения: повышение надежности и долговечности конструкций [1], превосходя по эксплуатационным свойствам в большинстве случаев традиционные материалы (цветные металлы, сталь, бронзу, алюминий и титан) [2]. Поскольку ХВ характерна высокая прочность, эластичность, стойкость к многократным деформациям, действию повышенных температур и агрессивных сред [3]. Особый интерес вызывают использование их при создании ВПКМ на основе термопластичных матриц, в частности, ароматического полиамида фенилон С-1 превосходящего по теплостойкости и комплексу физико-механических характеристик большинство пластмасс [4].

Приготовление органопластиков (ОП) на основе фенилона С-1 содержащего 10 – 20 масс. % дискретного (3 мм) термостойкого волокна лола, осуществлялось методом сухого смешивания в аппарате с вращающимся электромагнитным полем (0,12 Тл) с помощью ферромагнитных частиц, впоследствии извлекаемых методом магнитной сепарации. Полученные композиции перерабатывали методом компрессионного прессования. Изучение плотности (расчетная и экспериментальная) и прочностных характеристик разработанных ОП – микротвердости, прочности, модуля упругости при сжатии проводили согласно ГОСТам для пластмасс.

На рис. 1 приведена зависимость: прочность при сжатии (σ) – относительная деформация (ϵ). Кривые 1 – 4 (фенилон С-1 и органопластики на его основе, содержащие 10 – 20 масс. % волокна), согласно классификации Херцберга [5] относятся к V типу, который характеризует упругое гетерогенно – пластическое поведение.

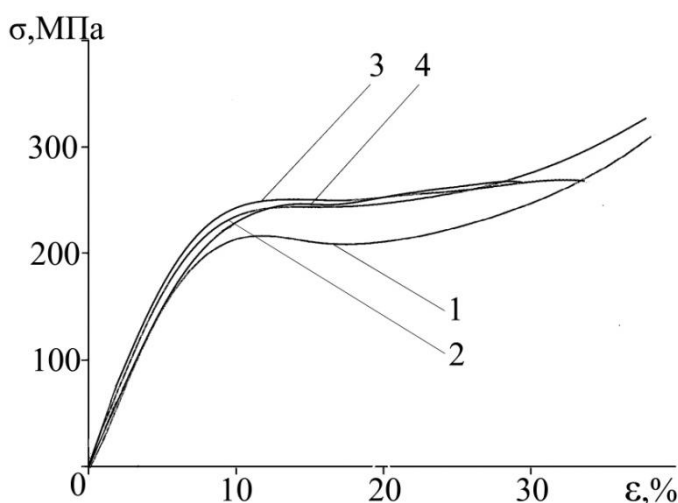


Рис.1 – Кривые σ - ϵ фенилона С-1 (1), и органопластиков, армированных 10(2); 15(3); 20(4) масс. % волокна

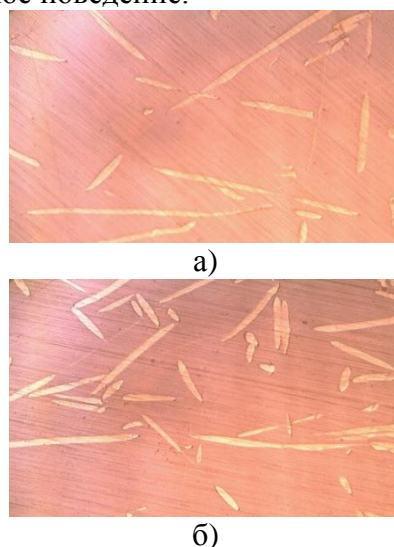


Рис. 2 – Микроструктура органопластиков, армированных: 15(а) и 20%(б) масс. % волокна ($\times 200$)

Таблиця 1 – Влияние термостойкого волокна лола на свойства фенилона С – 1

Показатель	Содержание волокна, масс. %			
	0	10	15	20
Модуль упругости, Е МПа	2754	3130	3246	2985
Предел текучести, σ_T МПа	206	237	242	240
Расчетная плотность, $\rho_{расч}$ г/см ³	1,35	1,3548	1,3573	1,3597
Экспериментальная плотность, $\rho_{эксп}$ г/см ³	1,35	1,3603	1,3636	1,3685
Микротвердость на границе «полимер-волокно», НВ	-	31,98	32,18	31,34

Из данных приведенных в табл.1 видно, что, армирование исходного полимера 10 – 15 масс. % волокна, благоприятно влияет на его прочностные свойства: повышает модуль упругости и предел текучести при сжатии на 8-15 и 13-15% соответственно. При дальнейшем увеличении количества волокна в полимерном связующем до 20 масс. %, наблюдается снижение прочностных показателей, объясняемое увеличением дефектности материала, обусловлено тем, что на границе «полимер-волокно» разрыхление начинает превалировать над упорядочением макромолекул связующего. По мере увеличения количества содержания волокна все труднее становится осуществить его равномерное распределение рис.2. Поэтому прочностные свойства растут только до достижения оптимального (15 масс. %) наполнения, после чего они снижаются. Данные выводы подтверждаются значениями микротвердости на границе «полимер-волокно», и тем, что экспериментальная плотность органопластиков, содержащих 10-15 масс. % волокна больше, чем расчетная, и только при содержании 20 масс. % лола она ниже гидростатической.

Список ссылок

1. Владимирская Н.Б. Применение полимерных композиций в узлах трения / Н.Б. Владимирская, Э.А. Сухоленцев, Т.В. Сухоленцева // Известия вузов учебных заведений. Северо-кавказский регион. Серия Естественные науки. 2008. – [S1](#). – С.49 – 52.
2. Спорягін, Е.О. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів: навч. посіб. / Е.О. Спорягін, К.С. Варлан. – Д.: ДНУ, 2012 – 188 с.
3. Жмыхов И.Н. История развития химических волокон: прошлое настоящее, И90 будущее. К 80-летию химических волокон Беларуси / И.Н. Жмыхов, Е.А. Рогова. – Могилев: МГУП, 2010. – 157 с.
4. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.
5. Херцберг Р.В. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов. пер. с англ. / под. ред. М.Л. Бернштейна, С.П. Ефименко – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.

УДК 164 :338.3 :639

Сиромятніков П.С., доцент

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Ukridu@gmail.com

ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА ВНУТРІШНЬОВИРОБНИЧОГО УПРАВЛІННЯ МАТЕРІАЛЬНИМИ ПОТОКАМИ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

Сучасний етап розвитку промисловості характеризується постійно зростаючим рівнем конкуренції та вимагає проведення реорганізації господарської діяльності підприємства з метою мінімізації витрат. Таким чином, керівництво вітчизняних підприємств зустрічається з безліччю перешкод, таких як: гостра нестача капіталу, відсутність інформації про нові ринки та ті, які формуються; відсутність стратегічного бачення компанії; неефективність організаційної структури; відмінності в цінах продукції обробної промисловості з реальною собівартістю, а також проблеми організації виробництва, якості

продукції, охорони навколишнього середовища. Вирішення цих проблем неможливо без логістичного підходу до організації виробничих процесів на підприємстві [1].

В умовах ринкової економіки ефективна робота підприємства обумовлюється в першу чергу за рахунок оптимізації процесів на основі логістичних підходів до виробництва, а також автоматизації ключових бізнес-процесів і використання інформаційних технологій у всіх сферах діяльності компанії: від аналізу й розробки до реалізації продукту кінцевому споживачеві. Крім того, інтеграція системного аналізу, планування, розподілу ресурсів, моніторингу граничних строків виконання завдань, дають можливість охопити й вивчити різні сфери діяльності підприємства. На сьогоднішній день існує ряд автоматизованих, взаємодіючих один з одним систем, які успішно зарекомендували себе на практиці [2].

Одним з найбільш важливих аспектів керування промисловим підприємством є контроль вхідних і вихідних потокових процесів. Логістичний підхід у цьому випадку повинен брати до уваги усі компоненти виробничої системи й мінімізувати собівартість за рахунок раціоналізації операцій матеріально-технічного постачання, яке може значно підвищити рентабельність підприємства й активізувати його внутрішні резерви [3].

Як відзначають деякі вчені, що працюють у цій області, підсистема виробництва забезпечує раціоналізацію руху матеріальних потоків з метою мінімізації тривалості виробничого циклу й скороченню запасів. Приміром, за рахунок використання системи «Канбан» ряд японських підприємств машинобудування беззупинно функціонують при нульових запасах виробництва.

Список посилань

1. Сумец А.М. Проблемы логистического управления производственным процессом современного предприятия. / А. М. Сумец, П. С. Сыромятников // Материалы XI Международной научно-практической конференции «Модернизация хозяйственного механизма сквозь призму экономических, правовых, социальных и инженерных походов». 23 ноября 2017 г. – Минск, 2017. – с.268-269
2. Сумец А.М. Ключевые аспекты инноваций в производственные системы. / А. М. Сумец, П. С. Сыромятников // Science and education: trends and prospects: Collection of scientific articles. – Ascona Publishing, New York, United States of America, 2018. – С. 266-269.
3. Сумець О.М. Виробнича логістика: технічні системи і прийоми раціоналізації переміщення матеріальних потоків: навчальний посібник / О.М. Сумець, П.С. Сиром'ятніков /Для студентів вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації. – Х. : ТОВ «Пром-Арт», 2018. – 100 с.

УДК 621.01

Кошель С.О., канд. техн. наук, доцент
Кошель Г.В., канд. техн. наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну, a_koshel@ukr.net

СТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ МЕХАНІЗМІВ З ПЛОСКИМИ СТРУКТУРНИМИ ГРУПАМИ ВИЩОГО КЛАСУ

Складні механізми з плоскими структурними групами четвертого та вище класів в порівнянні з механізмами третього та нижче - потенційно мають більші кінематичні можливості в перетворенні наперед заданого руху їх ведучої ланки в необхідні рухи ведених ланок з робочими органами, що зможуть забезпечити виконання технологічних процесів легкої промисловості майбутнього.

На відмінність від механізмів другого класу, до складу яких надходять групи такого ж класу п'яти різних видів, механізми четвертого класу на базі груп ланок 4-го класу 3-го порядку не мають певної класифікації їх видів. Це призводить до складнощів, які пов'язані з наступними кінематичними та подальшими динамічними дослідженнями механізмів [1-3].

Якщо урахувати те, що кінематичне дослідження структурних груп третього та вище класів вимагає використання спеціальних методів дослідження, стає зрозумілим прагнення дослідників спростити такі дослідження за допомогою структурної заміни механізмів вищих класів кінематично-еквівалентними механізмами нижчих класів. В формулах будов зазначених механізмів присутні структурні групи другого класу, степінь вільності та кінематичні параметри точок ланок механізму залишаються незмінними. Таке стає можливим, якщо в механізмі вищого класу зі степенем вільності одиниця умовно змінити ведучу ланку механізму [4].

Роботи, в яких розглядаються питання структурного аналізу складних плоских механізмів є актуальними, тому що саме такі дослідження дозволяють з'ясувати послідовність подальших кінематичних та динамічних досліджень та, як наслідок, спростити їх.

Метою роботи є структурне дослідження механізмів четвертого класу з рухомим замкненим контуром на основі різних видів структурних груп ланок четвертого класу третього порядку.

Розглянемо структурну групу четвертого класу третього порядку, що складаються з шести рухомих ланок (2-7) та з дев'яти обертальних кінематичних пар A1 – A9 (рис. 1) та її модифікації (рис. 2-6).

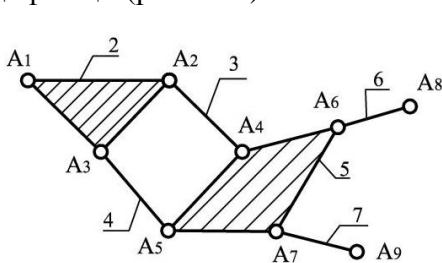


Рис. 1. – Структурна група четвертого класу з дев'ятьма обертальними парами

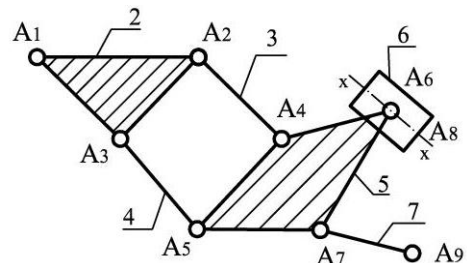


Рис. 2. – Структурна група з обертальними та однією поступальною парами

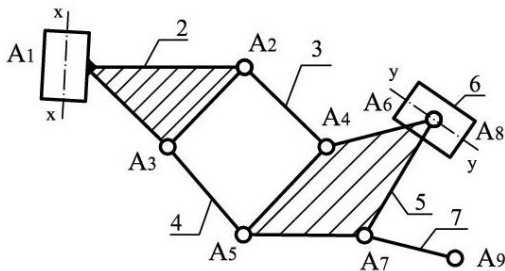


Рис. 3 – Структурна група з обертальними та двома поступальними парами

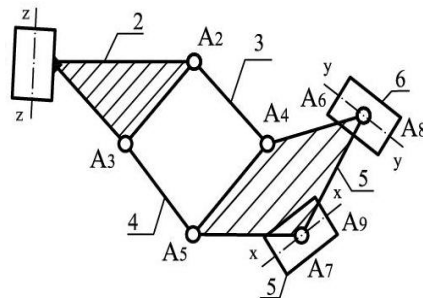


Рис. 4 – Структурна група з обертальними та трьома поступальними парами

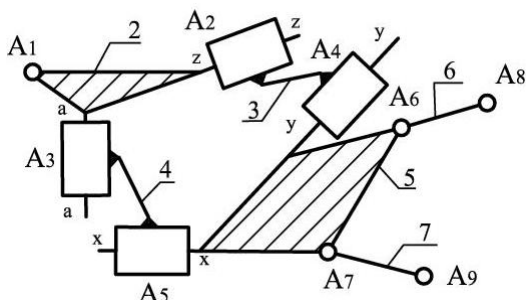


Рис. 5 – Структурна група з обертальними та чотирма поступальними парами

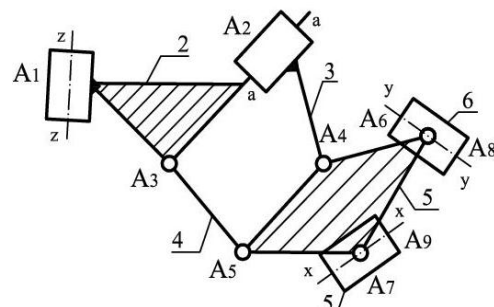


Рис. 6 – Структурна група з обертальними та чотирма поступальними парами

Інші види структурних груп четвертого класу третього порядку можна отримати, якщо в показаних вище варіантах замінити обертальні і поступальні кінематичні пари, відповідно, поступальними і обертальними парами.

Для визначення послідовності кінематичного дослідження на основі наведених варіантів структурних груп четвертого класу третього порядку згідно з умовною заміною ведучої ланки будемо вважати, що дійсна ведуча ланка 1 механізму (кривошип) утворює з ланкою 2 групи кінематичну пару A_1 , а дві інші зовнішні кінематичні пари A_7 , A_9 утворені відповідними ланками 5, 7 групи та стояком 0.

Отримані формули будов механізмів, що є кінематично-еквівалентними механізмам четвертого класу мають варіанти, в яких умовно іншою можливою ведучою ланкою є ланка 7.

Аналіз формул дозволяє стверджувати, що механізм четвертого класу з замкненим контуром утвореним чотирма шатунами на основі структурних груп четвертого класу третього порядку можна кінематично дослідити в послідовності, яка обумовлена формулою будови умовного кінематично-еквівалентного механізму третього класу.

Список посилань

1. Кикин А.Б. Аналитико-оптимизационный синтез шестизвенного механизма с выстоем / А.Б. Кикин, Э.Е. Пейсах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2008. – № 5. – С. 79-83.
2. Дворников Л.Т. Исследование кинематики и кинестатики плоской шарнирной шестизвенной группы Ассура с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром / Л.Т. Дворников, С.П. Стариков // Известия ВУЗов, «Машиностроение». – 2008. – №4. – С. 3 – 10.
3. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой / Д.О. Чашников, В.В. Горяшин // Успехи современного естествознания. – 2011. - №7. – С. 231 – 232.
4. Кошель С. О. Аналіз плоских механізмів з структурними групами 3-го класу / Кошель С. О., Кошель Г. В. - // К.: Вісник КНУТД. – 2012 – № 4, с. 22-26.

УДК 519.248:621.923.9

Тришин П.Р., аспирант

Запорожский национальный технический университет, trishin87@gmail.com

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОС ДИСКОВОЙ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНОЙ ЩЕТКИ

Износ дисковых полимерно-абразивных щеток (ПАЩ) – явление неизбежное, но понимание причин и сути этого процесса, а также подбор правильных режимов обработки помогут снизить его интенсивность. Необходимо уделить внимание нормальному износу, который поддается прогнозированию и корректировке, и избегать в зоне обработки предельных температур, при которых износ катастрофичен. Подбирая рациональные параметры обработки, можно обеспечить максимальный срок службы дисковых ПАЩ. Целью данной работы является определение влияния технологических параметров процесса обработки на интенсивность износа дисковой ПАЩ.

Объект исследования – дисковая ПАЩ фирмы “Osborn” с абразивом (карбид кремния) размером 90...75 мкм. Наружный диаметр щетки 150 мм, ширина 15 мм, вылет волокон 30 мм, диаметр волокна 1,2 мм. Для опытов использовались плоские образцы из материалов: сталь 20, алюминий АМГ3, латунь Л63, медь М2, титановый сплав ВТ8-М, никелевый сплав ХН45МВТЮБР. Твердость образцов составляла 60...300 НВ, шероховатость образцов соответствовала чистовому фрезерованию (Ra3,2).

Для построения математической модели второго порядка зависимости износа от параметров обработки применили полный факторный эксперимент типа 3^k .

В качестве входных параметров (факторов) выбраны технологические параметры процесса с трехуровневой вариацией: натяг ($i=1...2$ мм), скорость обработки ($V=5,9...21,2$ м/с). Так как величина подачи существенно не влияет на износ щетки, она при расчетах не учитывалась. Чтобы оценить максимально возможный износ и влияние параметров на него, обработку проводили без СОТС. В качестве целевой функции был выбран массовый износ волокон щетки, который определяли экспериментально путем периодического взвешивания щетки через определенный период работы. Его фиксировали через каждый час обработки в течение 5 часов без изменения режимов, затем находили среднее значение и переводили в износ длины волокна щетки (Δl).

Предполагая, что зависимость целевой функции от каждого параметра является нелинейной, учитывались возможные эффекты взаимодействия, то есть в формулу включили произведения переменных. В результате была получена формула целевой функции $\Delta l=f(i, V)$:

$$\Delta l = a_0 + a_1 \cdot i + a_2 \cdot i^2 + a_3 \cdot V + a_4 \cdot V^2 + a_5 \cdot i \cdot V \quad (1)$$

Для нахождения коэффициентов ($a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$) был использован программный пакет «Statistica». В таблице 1 приведены значения экспериментально полученного Δl , и расчетного Δl_p износа, в таблице 2 – значения коэффициентов модели для разных материалов.

Таблица 1 – Результаты расчетов для образцов из стали 20

i , мм	V , м/с	$\Delta l_э$, мм/ч	Δl_p , мм/ч	Погрешность, %
1,0	5,9	0,006	0,006299	4,98
1,0	11,8	0,014	0,013919	0,57
1,0	21,2	0,032	0,031526	1,48
1,5	5,9	0,010	0,009224	5,87
1,5	11,8	0,020	0,019915	0,42
1,5	21,2	0,042	0,042414	0,98
2,0	5,9	0,012	0,012249	2,07
2,0	11,8	0,026	0,026011	0,042
2,0	21,2	0,054	0,053403	0,92

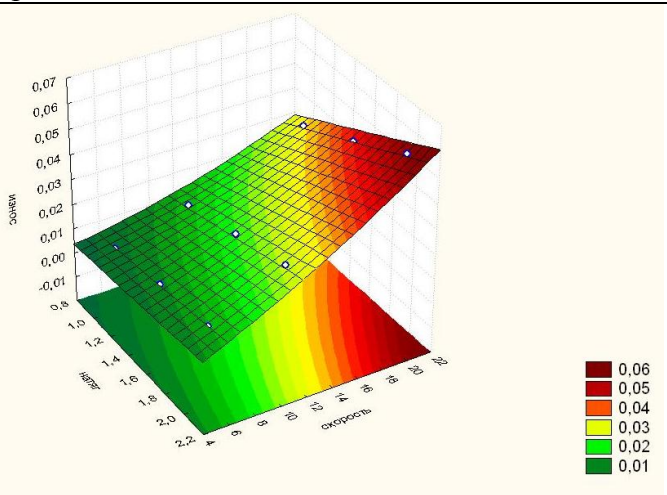


Таблица 2 – Значение коэффициентов в расчетной формуле (1)

Материал	Коэффициенты					
	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
Алюминий	-0,07042	0,054925	0,002667	0,007634	-0,0002	-0,000997
Латунь	0,001656	0,00517	-0,002667	-0,001529	0,000067	0,001966
Медь	0,104889	-0,113305	0,0280	-0,006955	0,000167	0,005345
Титановый сплав	0,2692293	-0,322455	0,0880	-0,01428	0,000607	0,011243
Никелевый сплав	0,002012	-0,00055	-0,000667	-0,000209	0,000027	0,001096
Сталь	0,001916	-0,00079	0,0002	-0,00042	0,000038	0,001041

В результате проведенных исследований была определена зависимость интенсивности износа от режимов обработки. Установлено, что влияние скорости является наиболее сильным. При увеличении скорости от 5,9 до 21,2 м/с износ возрастает в 4...5 раз при постоянном натяге. С увеличением натяга от 1 до 2 мм при постоянном значении скорости износ увеличивается в 1,7...2 раза. Для исследованных материалов был определен

діапазон параметрів обробки, при якому знос мінімальний ($V = 5,9 \dots 11,8$ м/с, $i = 1$ мм). Середня погрешність між експериментальними і розрахунковими значеннями зносу – 2...10 %, коефіцієнт кореляції – 0,977...0,999.

УДК 621.74

Чернета О.Г., канд. техн. наук, доцент
 Буря О.І., канд. техн. наук, професор
 Набережна О.О., канд. техн. наук
 Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, ocherneta@gmail.com
 Волощук Р.Г., сумісник
 ПАТ «Дніпро-Азот»

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЯ

Ресурс роботи механізмів і деталей автомобіля обмежений процесами тертя на долю якого припадає до 70% загальної руйнації поверхневого шару деталей. Так, порушення геометрії і зносу профілю кулачка розподільного валу на 60-100 мкм призводить до неповного ходу, не щільності притискання клапанів газорозподільного механізму і, як наслідок – втрата потужності двигуна, прориви газів, неповнота згорання паливної суміші і руйнація контактуючих поверхней.

Традиційно відновлення геометрії зношеної поверхні здійснюється шляхом наплавлення шару металу на попередньо підготовлену поверхню.

Основним чинником відновлення поверхні є міцність утримання наплавленого шару з основним матеріалом. Тому для забезпечення надійного зчеплення основного матеріалу з підложкою, уникнення сколів і концентраторів теплових напружень в перехідних зонах, надання високих фізико-механічних характеристик та можливості до зміцнюючих обробок, особливу увагу приділяють вибору наплавочних матеріалів.

Для відновлення робочої поверхні кулачків с сталі 45 використовували електроди ОЗШ-3 з наступним хімічним складом (С - 0,4%; Mn - 0,5%; Si - 1,9%; Cr - 9,9%; S - 0,013%; P - 0,021%) [1, 2].

На рис.1 наведені фотографії мікроструктур відповідних зон сектора кулачка.

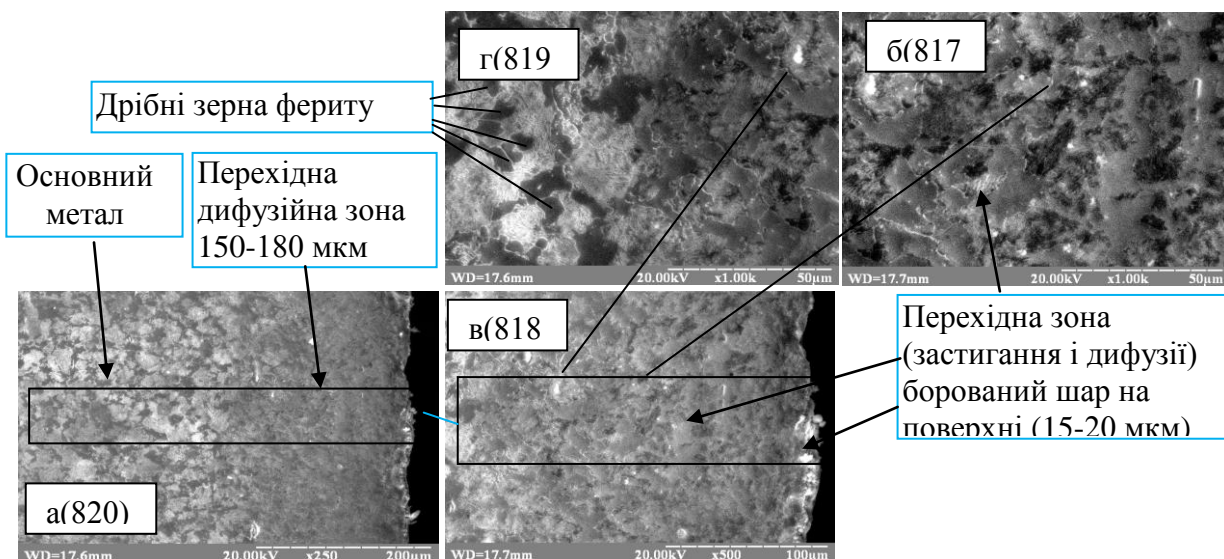


Рис. 1 – Фотографії мікроструктур сектора кулачка (а(820), б(819), в(818) середини), б(813), г(819) перехідної, підшарової і крайньої зон

Отже, в перехідній зоні залишковий аустеніт трансформується у ферит з утворенням двох фаз: часток фериту (темні каскади) і фази «бор + вуглець» - карбід бору (білі вкраплення) рис.1в (814) - фрагмент зони поверхневого шару при збільшенні x3000 крат, г(815) – загальна структура поверхневого шару x1000 крат.

На рис.2 надана схема вимірів мікротвердості відповідних зон відновленого і зміцненого лазерним боруванням кулачка.

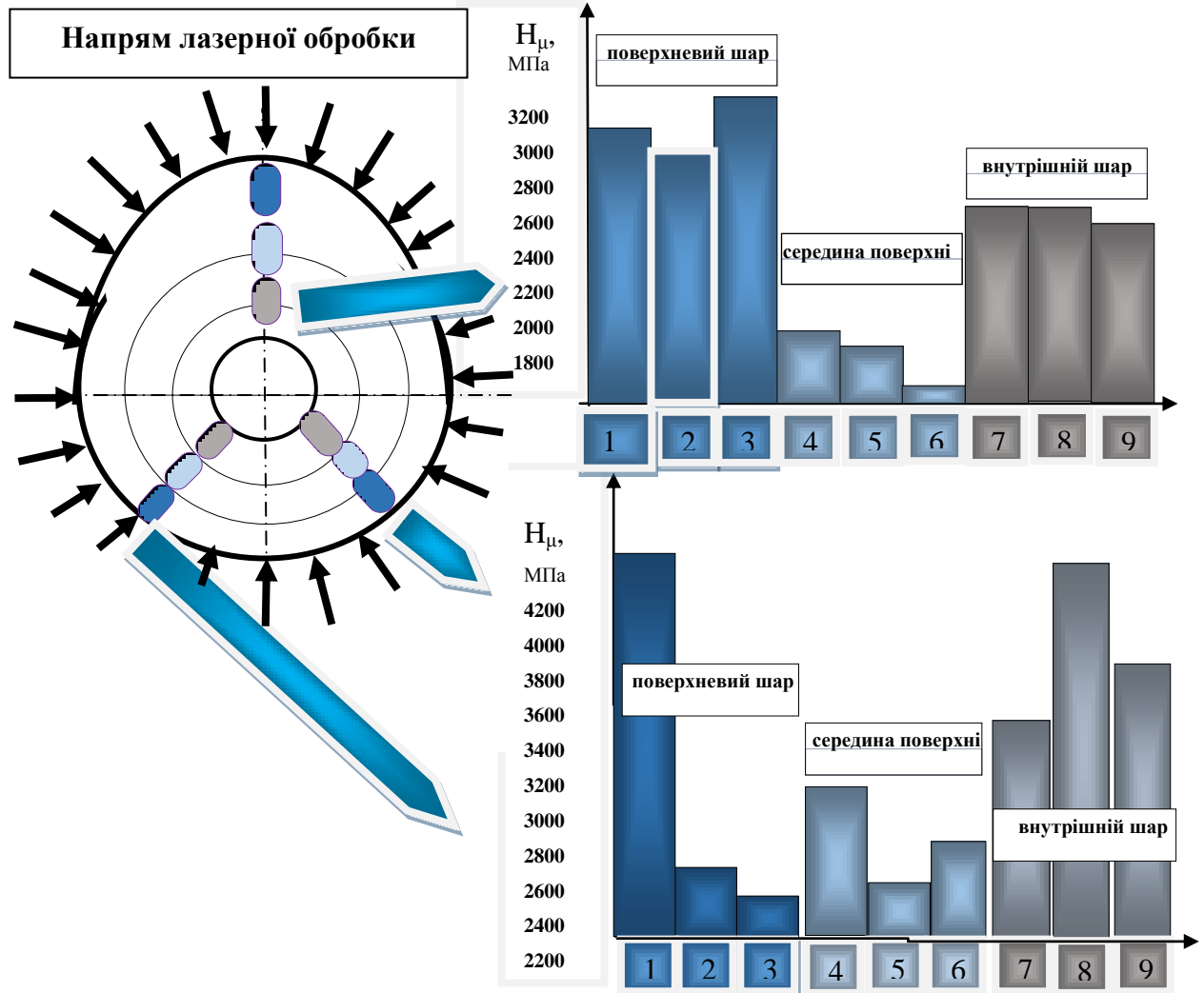


Рис.2 – Схема вимірів мікротвердості відповідних зон відновленого і зміцненого лазерним боруванням кулачка.

Отже, як наочно показано на рис.2 мікротвердість поверхневого шару після лазерного борування збільшилася в два-три рази (H_{μ} 3500-4200) в порівнянні з вихідною структурою кулачка розподільного валу (H_{μ} 1800-2600), що доводить про перспективність даної технології відновлення і зміцнення деталей.

Список посилань

1. Скорняков Е.С. Дослідження технологічних способів формування зносостійких покриттів на основі лазерної обробки. / Скорняков Е.С., Чернета О.Г., Волощук Р.Г. // Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади». – м. Луцьк листопад 2014 р. – Луцьк: ЛНТУ, – Вип.7(2) – 2015. – С.113-116.
2. Дослідження мікроструктури зношених деталей автомобілів із сталі 45 при відновленні і багатократній термічній обробці. / [Чернета О.Г., Сухомлін В.І., Волощук Р.Г., Серeda Б.П.] // Перспективні технології та прилади. м. Луцьк червень 2017 р. –ЛНТУ, – Вип.10(1) – 2017. – С.212-217.

УДК 621.773.9

Приходько В.П., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», privas@bigmir.net

АВТОМАТИЗАЦІЯ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ

При проектуванні технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей машин, у всьому комплексі робіт значне місце займають розмірні розрахунки основних вихідних параметрів технологічного процесу, а саме – визначення параметрів операційних розмірів, припусків, розмірів заготовок, а також оцінка точності технологічного процесу в цілому. Одним із ефективних шляхів скорочення витрат на підготовку виробництва та забезпечення якості продукції, що виготовляється є використання розмірного моделювання та аналізу ТП на всіх етапах підготовки виробництва. Розробка та використання (РМА ТП) дозволяє перенести розв'язання багатьох задач з етапу впровадження ТП на етап проектування, де пошук раціональних рішень не пов'язаний з великими матеріальними витратами. У той же час, використання “ручних” або з частковою автоматизацією методів формування і оцінки маршрутів оброблення поверхонь чи деталей знижує їх ефективність та стримує використання у виробництві, що є стимулом і потребою розроблення програм для автоматизації відповідних процедур, у тому числі розмірного моделювання і аналізу ТП.

Розроблення і розмірне моделювання технологічних процесів оброблення корпусних деталей, внаслідок складності їх розмірних зв'язків, є прикладом проблеми, якісне вирішення якої потребує значних витрат часу і матеріальних ресурсів. Одним із шляхів скорочення зазначених витрат є створення спеціалізованих програм для формування і розмірного моделювання маршрутів оброблення основних елементарних поверхонь корпусних деталей. Одним із найбільш важливих конструктивних елементів корпусних деталей є точні отвори, що використовуються, наприклад, для установки підшипників та інших деталей із використанням точних посадок. Маршрути оброблення таких елементарних поверхонь є досить складними, їх реалізація потребує розрахунку та призначення багатьох технологічних розмірів з відповідними допусками, а також розрахунку припусків та режимів різання для всіх переходів.

З урахуванням перелічених вимог та завдань розроблена програма, що реалізує алгоритми автоматизованого проектування та розмірного моделювання процесів оброблення точних отворів.

Програма містить бази даних щодо точності методів і процесів оброблення отворів, характеристик оброблюваних поверхонь (шорсткості, глибини дефектних шарів та інші). Вона включає реалізацію алгоритмів:

- 1) формування маршрутів оброблення отворів з урахуванням, заданих конструктором точності та величини діаметральних розмірів, наявності чи відсутності отвору в заготовці;
- 2) розмірного моделювання процесу оброблення, що передбачає – формування і розрахунок операційних розмірних ланцюгів, розрахунок прогнозних величин полів розсіювання конструкторських розмірів (радіусів, діаметрів), коефіцієнтів запасу точності для оцінки здатності запропонованого маршруту оброблення забезпечити задану точність, а також розрахунок розмірів та припусків для всіх переходів з урахуванням взаємокомпенсації похибок.

Розроблена програма може використовуватись при проектуванні технологічних процесів у серійному і крупносерійному виробництвах, як самостійно так і у складі інтегрованих CAD/CAM-систем, призначених для автоматизації підготовки виробництва корпусних деталей з використанням верстатів з ЧПУ.

УДК 621.9.23

**Мироненко Є.В., докт. техн. наук, професор,
Полупан І.І., канд. техн. наук, ст. викладач,
Міранцов С.Л., канд. техн. наук, доцент,**

Донбаська державна машинобудівна академія, evgeny.mironenko@dgma.donetsk.ua

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІСНИХ ПАР НА КОЛІСОТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

Продуктивність, якість та собівартість механічної обробки в багатому залежить від якості металорізального інструмента, а також ефективності його використання. Основна частка затрат на механічну обробку пов'язана із вартістю інструмента та витратами на його експлуатацію.

Методи колесотокарної обробки, які найбільш широко розповсюджені серед методів формоутворення профілю поверхні катання колісних пар, мають низьку продуктивність обробки з наступних причин:

– високий ступінь нестационарності процесу різання, яка виражається в значних коливаннях перерізу зрізаного шару при формоутворенні профілю нового колеса та динамічних ударних навантаженнях від поверхневих термомеханічних дефектів при відновленні профілю колісної пари, що була в експлуатації;

– загальна динамічна незбалансованість більшості вітчизняних колісних пар не дозволяє при існуючій конструкції верстатного обладнання та міцності твердосплавного різального інструменту збільшити швидкості різання більш ніж 80 м/хв [1].

Метою роботи є підвищення ефективності процесу відновлення колісних пар на колесо токарних верстатах за рахунок поліпшення динамічних властивостей збірних різців для колесотокарних верстатів.

Для аналітичних досліджень динамічних явищ, що виникають в процесі різання на важких колесотокарних верстатах, були запропоновані структурна та математична моделі технологічної системи.

Для побудовання розрахункової схеми та моделі використовувались методики [2, 3] та допущення, запропоновані авторами робіт [4, 5, 6].

Сучасний збірний інструмент для токарних верстатів представляє собою багатомасову, з точки зору динаміки систему, до складу якої входять різальна пластина різця, опорна пластина та елементи механічного кріплення, що характеризуються власною масою, жорсткістю кріплення. Тому при моделюванні динамічних явищ при різанні в структурних і математичних моделях повинна враховуватись також і динамічна система інструмента.

В даній роботі для моделювання, розрахунку та аналізу динамічних явищ пропонується структурна модель, що включає в себе збірний інструмент як окрему еквівалентну пружну систему інструмента, включену паралельно еквівалентній пружній системі (ЕПС) верстата.

З використанням отриманих виразів, які описують процес різання, рух елементів еквівалентної пружної системи (ЕПС) та підсистеми збірного інструменту в процесі коливань, була розроблена система диференціальних рівнянь, яка описує рух елементів технологічної системи важкого колесотокарного верстата.

Програмна реалізація моделі технологічної системи важкого колесотокарного верстата виконана в пакеті Simulink MATLAB.

Діапазон амплітуд коливань пружної системи збірного різця в базовій конструкції знаходиться в межах від $0,15 \cdot 10^{-7}$ до $1,3 \cdot 10^{-7}$, в той час як для удосконаленої конструкції –

від $0,1 \cdot 10^{-7}$ до $0,72 \cdot 10^{-7}$ (зменшення від 1,5 до 1,8 рази), що свідчить про більш стабільний режим роботи удосконаленими конструкціями різців.

Аналіз результатів експериментальних досліджень збірних чашкових різців показав залежність динамічних характеристик збірних чашкових різців від елементів режиму різання в діапазонах низьких ($0 \dots 1000$ Гц) і високих ($1 \dots 10$ кГц) частот.

При експериментальних дослідженнях динамічних характеристик збірних чашкових різців також досліджувався вплив елементів режиму різання на частоту коливань збірних чашкових різців в процесі різання. Аналіз отриманих результатів свідчить про незначний вплив подачі інструмента та швидкості різання на частоту коливань для збірних чашкових різців.

Для перевірки адекватності математичної моделі, яка описує коливання збірних чашкових різців в процесі різання, виконувалось порівняння залежностей, отриманих розрахунковим шляхом за допомогою прикладного пакета MATLAB, і залежностей, отриманих в результаті експериментальних досліджень.

Таким чином, динамічний аналіз удосконалених конструкцій збірного чашкового різця для відновлення профілю колісних пар показав, що амплітуда коливань різальної пластини зменшилась в 1,5-1,8 рази, що говорить про більш стабільний режим роботи запропонованих конструкцій, що дозволить збільшити подачу та підвищити ефективність процесу відновлення колісних пар.

Експериментально встановлена залежність амплітуди коливань збірних чашкових різців від елементів режиму різання. Із збільшенням швидкості різання амплітуда коливань збільшується. При збільшенні подачі амплітуда коливань інструменту монотонно знижується.

Встановлено, що елементи режиму різання чинять незначний вплив на частоту коливань збірних чашкових різців в процесі різання. Частота коливань визначається масами та жорсткістю збірних чашкових різців, жорсткістю деталі, а також жорсткістю вузлів металорізального верстата.

Запропонована аналітична модель збірного різального інструмента для обробки колісних пар адекватно відображає процес коливань вказаних різців в процесі відновлення профілю колісних пар. Розходження між теоретичними та експериментальними даними не перевищує 10%.

Список посилань

1. Богданов А. Ф. Восстановление профиля поверхности катания колёсных пар : учебное пособие / А. Ф. Богданов., И. А. Иванов. Под ред. д-ра техн. наук И. А. Иванова. – СПб. : ПГУПС, 2000. – 128 с.
2. Жарков И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом / И. Г. Жарков – Л.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
3. Кудинов В. А. Динамика станков / В. А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.
4. Гузенко В. С. Исследование динамических явлений при резании сборным резцом для копировальной обработки / В. С. Гузенко, С. Л. Миранцов, И. И. Полупан // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. –Краматорськ: ДДМА, 2007. – Вип. 21 – С. 92-97.
5. Гузенко В. С. Исследование динамических характеристик колесотокарного станка КЖ1836 при резании / В. С. Гузенко, О. Ф. Бабин, И. И. Полупан // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XV Международной научно-технической конференции. – Донецк, 2008. – том 1. – С. 269-273.
6. Гузенко В. С. Исследование динамической устойчивости процесса механообработки колесных пар / В. С. Гузенко, С. Л. Миранцов, И. И. Полупан, А. А. Шульга // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, 2009. – Вип. 25. – С. 22-27.

УДК 621.9

Максименко І. С., студент
Гаврушкевич А.Ю., канд. техн. наук, доцент
Гаврушкевич Н.В., аспірант
Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»,
gavrushkevichnataliya@gmail.com

СИСТЕМИ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО КЕРУВАННЯ – ВИМОГА СУЧАСНОГО ВИРОБНИЦТВА

Вже давно людство збагнуло, що використовуючи системи числового програмного керування (далі ЧПК) в виробництві, можна отримати продукцію високої якості, досягти високої точності обробки, забезпечити безпечність за рахунок використання віддаленого керування та безлюдного виробництва, підвищити продуктивність праці та одночасно суттєво знизити собівартість продукції.

Купівля нового обладнання, оснащеного сучасними системами ЧПК вимагає залучення відносно великих коштів. Тому часто на діючих виробництвах застосовують модернізацію вже наявного морально застарілого обладнання, встановлюючи на нього системи ЧПК та супутнє обладнання.

Якщо мова йде про металообробку, то на даний час сформувалася шестірка світових лідерів у виробництві систем ЧПК: компанії FANUC, Siemens, Heidenhain, Fagor Automation, Bosch Rexroth, Mitsubishi Electric. Причому одним із основних напрямків розвитку цих виробництв є розвиток раніше створених систем шляхом розширення їх функціональних можливостей та/ або зміна ядра системи керування та їх технічне забезпечення. Тобто на ринку систем ЧПК останнім часом не з'являються «новачки», а еволюціонують старі [1].

Вищеназвані компанії для своїх систем в більшості забезпечують функції: багатокоординатну обробку, багатоканальне керування, компенсація температурних деформацій та автоматичний контроль зносу інструмента, високошвидкісну та високоточну обробку, адаптивне керування подачею, контроль зіткнень, цехове керування, віддалене керування, діагностику та контроль та інші [2]. Створення програм можливе вручну на ПК, на стійці ЧПК та за допомогою CAD-CAM систем.

На ринку України виділяється продукція компанії Heidenhain, яка охоплює не тільки власне самі системи ЧПК, а й прецизійні вимірювальні системи, які представлені датчиками лінійного та кутового переміщення, датчиками обертання та пристроями цифрової індикації.

Лінійка систем ЧПК Heidenhain охоплює як просту компактну систему TNC 128 (триосьового прямокутного керування), так і контурну TNC 640 (до 18 осей і шпиндель), причому керуючі програми, написані в старих TNC сумісні з «продвинутими» системами ЧПК. Можливості системи TNC 640 виходять за межі свердлильно-фрезерної, а й охоплюють і токарну обробку [3]. До того ж в якості додаткового обладнання використовуються електронні маховички, які значно полегшують роботу оператора в плані керування верстатом, та програмні станції, які забезпечують віддалене керування.

Список посилань

1. АО КоСПАС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kospas.ru/sistemy-cnc> (дата звернення 19.04.2018).
2. Martinov G.M., Ljubinov A.B., Martinova L.I., Grigoriev A.S. Remote machine tool control and diagnostic based on web technologies. Proc. of COMA 13, International Conference on Competitive Manufacturing, Stellenbosch (South Africa), 2013: ISBN: 978-0-7972-1405-7, pp. 351-356
3. Офіційний сайт Heidenhain [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.heidenhain.ru> (дата звернення 19.04.2018).

УДК 621.923.42

Кальченко В. І., докт. техн. наук, професор
Сіра Н. М., канд. тех. наук
Кужельний Я. В., аспірант
Кальченко Д. В., магістр

Чернігівський національний технологічний університет, k.y.v.immortal@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ РІЗАННЯ АБРАЗИВНОГО ЗЕРНА ПІД ЧАС ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ

У машинобудівній галузі широко застосовуються циліндричні деталі з високоточними поверхнями. Якість даних поверхонь визначається операціями шліфування.

При виготовленні відповідальних деталей необхідно витримувати високі вимоги по якості, що пред'являються до геометричних розмірів, шорсткості та фізико-механічного стану поверхневого шару. Разом з цим, необхідно підвищувати і продуктивність обробки.

Процес шліфування та інші фінішні операції являють собою складний нестаціонарний, теплонапружений процес.

Перед початком процесу різання абразивними зернами, відбувається доволі довготривале ковзання ріжучої кромки в місці контакту. Це ковзання супроводжується пластичною деформацією металу. Інші різальні кромки в цей час, виконують роботу тертя і пружної та пластичної деформації, що відбувається без зняття стружки. Для визначення моменту, коли закінчується пластична деформація і починається зняття стружки, існує критерій, який являється відношенням глибини врізання до радіусу заокруглення вершини різальної кромки (a_z/p).

Згідно з [1] робота кожної ріжучої кромки, під час процесу шліфування, витрачається на пластичне і пружне деформування, тертя між абразивним зерном та матеріалом деталі і на подолання інерційних сил, що виникають під час утворення стружки. У роботі [2] зображено схему утворення стружки при шліфуванні (рис 1).

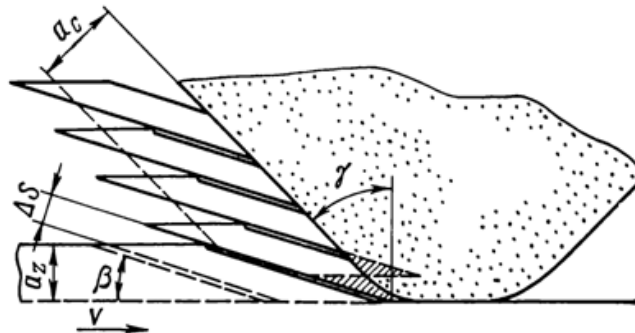


Рис. 1 – Схема утворення стружки при шліфуванні: β – кут зсуву; γ – передній кут різальної кромки; a_c – товщина стружки; a_z – глибина врізання; V – швидкість різання; ΔS – товщина зони зсуву

Також у роботі [2] було розглянуто, що при визначенні сили різання, яка діє на кожне абразивне зерно, зазвичай розглядають врівноважений стан її складових, враховуючи вплив кожної складової в процесі шліфування. Під час зняття стружки вершиною абразивного зерна, діють сили стиснення і зсуву в площині зсуву, тертя і нормального тиску по задній поверхні різальної кромки та інерційна сила стружки.

На сьогоднішній день найбільш поширеним методом дослідження різноманітних механічних обробок деталей є чисельне моделювання. Серед методів чисельних розрахунків найчастіше використовують метод скінченних елементів [3].

Для створення 3D моделі різання одиничним абразивним зерном (рис. 2, а), було застосовано комп'ютерне моделювання та результати досліджень, що наведені у роботі [4].

У роботі Філімонова Л.Н. [2] наведено зображення риски, яка утворена мікрорізанням заготовки зі сталі Р18 (рис. 2, б).

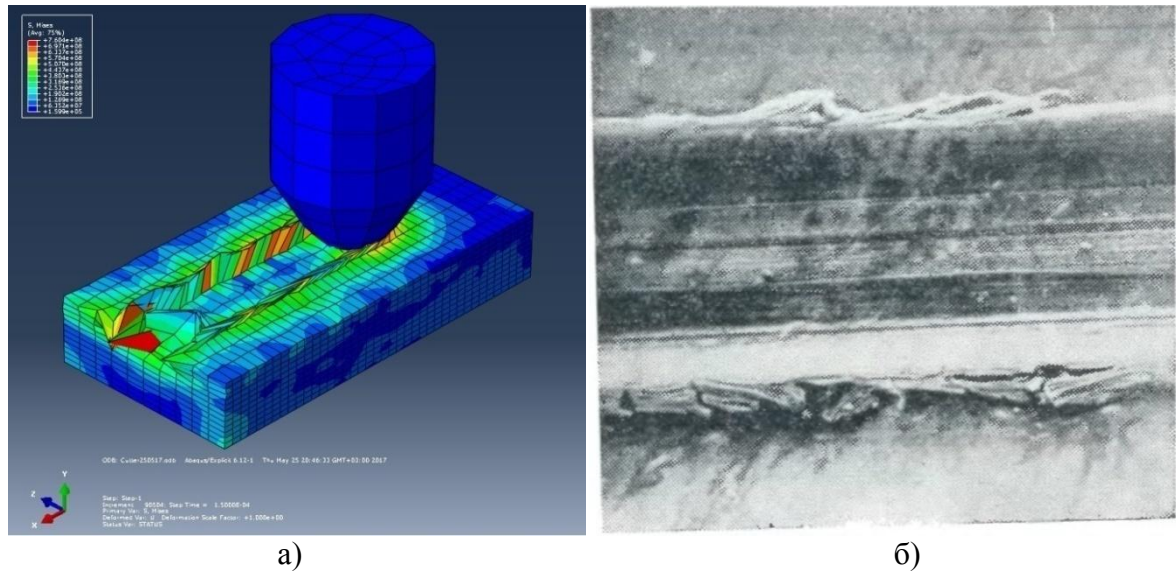


Рис. 2 – Порівняння результатів експерименту процесу різання одним абразивним зерном та створеної 3D моделі

У роботах [1, 5] було визначено силу різання у відповідних точках абразивного зерна. Сумарні сили різання від ріжучих та деформуючих кромки, які перенесені на профіль абразивного зерна, зображені на рис. 3.

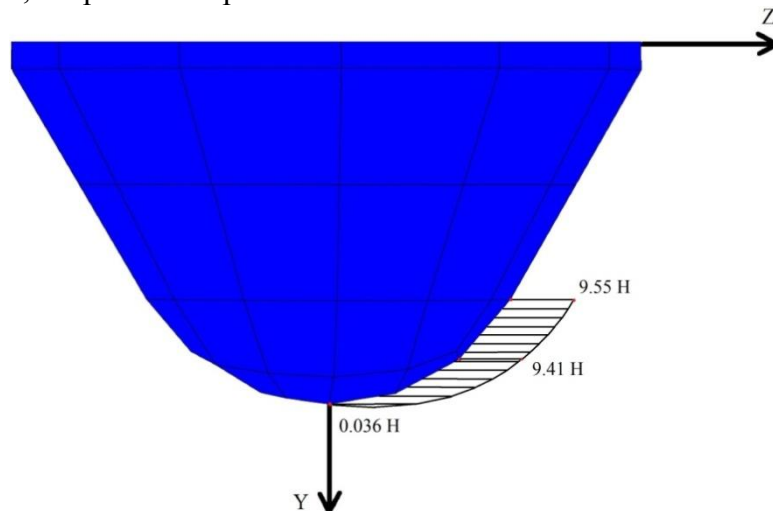


Рис. 3 – Сумарні сили різання від ріжучих та деформуючих кромки вздовж профілю абразивного зерна.

Список посилань

1. Кальченко В.І. Моделювання процесу різання одним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні [Текст] / В.І. Кальченко, О.Л. Деркач, Я.В. Кужельний // Технічні науки та технології. – 2017. – №2 (8). – С. 29–39.
2. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. / Л. Н. Филимонов. – Л.: Машиностроение, 1979. – 248 с.
3. Дубенець В. Г. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. [Текст] / В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко. – Чернівці: ЧДТУ, 2007. – 348 с.
4. Криворучко Д. В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы (Монография) [Текст] / Д. В. Криворучко, В. А. Залого – Сумы: Университетская книга, 2012. – 496с.
5. Кальченко В.І. Визначення сумарної сили різання одним абразивним зерном при

шліфуванні зі схрещеними осями круга та деталі [Текст] / В.І. Кальченко, В.В. Кальченко, Я.В. Кужельний, Д.В. Кальченко// Сучасні технології в машинобудуванні. – 2017. – №12. – С. 20–30.

УДК 621.229

Литвин О.В., канд. техн. наук, доцент
Кравець В.О., асистент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», kvm_mmi@ukr.net

ЗАХВАТ МОБІЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ МАНІПУЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

До захватних пристроїв роботів пред'являються різноманітні технічні вимоги, зокрема можливість захоплення об'єктів з різними формами поверхонь та створення необхідного утримуючого та фіксуєчого зусилля. При маніпулюванні деякими типами об'єктів пред'являються додаткові, часом дуже жорсткі, вимоги до забезпечення збереження поверхонь, з якими відбувається взаємодія затискного пристрою.

Зараз відомі наступні три типи кінематичних схем, які використовуються в механічних маніпуляційних системах:

- розімкнуті кінематичні ланцюги з жорстких ланок (основний тип кінематичних схем сучасних маніпуляторів);
- кінематичні ланцюги, що включають паралельно з'єднані ланки;
- кінематичні схеми з керованою деформацією.

До захватних пристроїв пред'являються вимоги загального характеру і спеціальні, пов'язані з конкретними умовами роботи [1-3]. До числа обов'язкових вимог відносяться:

- надійність захоплення й утримання об'єкта в процесі розгону і гальмування рухомих вузлів робота,
- стабільність і точність базування,
- неприпустимість пошкоджень або руйнування об'єктів.
- забезпечення достатньої сили захоплення без порушення поверхні деталей;
- створення, в разі необхідності, додаткових рухів.

Для мобільних роботів для маніпулювання небезпечними об'єктами, що працюють в умовах непередбачуваних ризиків, пред'являються додаткові вимоги [1-3]:

- широкодіапазонні (можливість захоплення і базування деталей в широкому діапазоні маси, розмірів і форми),
- забезпечення захоплення близько розташованих деталей,
- легкість і швидкість заміни (аж до автоматичної).

За принципом дії всі захватні пристрої прийнято укрупнено ділити на три групи: механічні; вакуумні; магнітні, з еластичності камерами, які відносять до групи універсальних захоплень, і інші захватні пристрої, до яких можна віднести, наприклад, з використанням безконтактної технології струменеві і електростатичні захвати.

Класифікація захватних пристроїв мобільних роботів за функціональним призначенням, а саме за способом утримання об'єкта, наступна:

- захватні пристрої утримують об'єкт завдяки кінематичному впливу робочих елементів (губок, пальців, кліщів)
- за допомогою сил тертя або комбінації сил тертя і замикаючих зусиль.

Мобільні роботи зазвичай комплектують набором типових захватних пристроїв. Часто при переході на маніпуляцію іншим об'єктом змінюють не сам захватний пристрій, а його змінні робочі елементи. Щоб повністю автоматизувати будь-яку дію і підвищити ефективність маніпулювання необхідно забезпечити доступність різних захватних систем роботів-маніпуляторів. Ми пропонуємо розробити універсальний модульний комплект для

формування різних конфігурацій захватних пристроїв, що дозволить швидше його адаптувати до нових умов та об'єктів.

На кафедрі конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «КПІ ім. І.Сікорського» розроблено конструкцію захватного пристрою робота маніпулятора (рис.1).

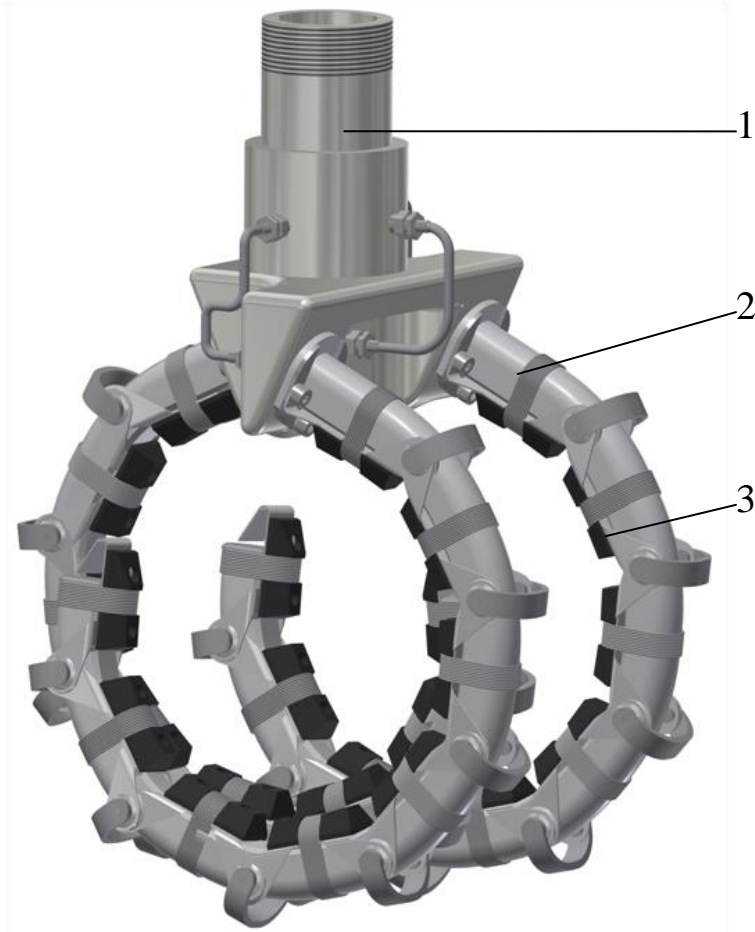


Рис. 1 – Захват мобільного робота для маніпулювання небезпечними об'єктами

Пристрій побудовано на модульному принципі. Захватне зусилля створюється пружною трубкою 1 в яку нагнітається стиснене повітря. Переміщення затискних елементів 3 направляється системою спеціальних шарнірів, а також спеціальною конструкцією пружної трубки 1. Створені 3-D моделі різних конфігурацій пристрою. Виконано кінематичне та динамічне моделювання процесів затиску об'єктів різної форми та розмірів. Визначені раціональні значення геометричних та технологічних параметрів деталей пристрою.

Зараз здійснюється виготовлення дослідного зразка пристрою. Розроблена методика експериментального дослідження.

Список посилань

1. The Robotics Institute Intelligent Workcell project website: https://www.ri.cmu.edu/research_project_detail.html?type=description&project_id=824&menu_id=261
2. Y. Karayiannidis, C. Smith, and D. Kragic, "Mapping human intentions to robot motions via physical interaction through a jointly-held object," Proceedings - IEEE International Workshop on Robot and Human Interactiv
3. E. A. Mielke, E. C. Townsend, and M. D. Killpack, "Analysis of Rigid Extended Object Co-Manipulation by Human Dyads: Lateral Movement Characterization," 2017. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1702.00733>.

УДК 621.941

Литвин О.В., канд. техн. наук, доцент
Ящук І.Р., аспірант

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», litvinkpi@gmail.com

СТРУКТУРНО - МОРФОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ ЗАТИСКНИХ ПАТРОНІВ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ

Більшість сучасних затискних патронів (ЗП) зберігають традиційні конструкції, що не завжди відповідають вимогам до процесу закріплення деталі у сучасних верстатах. Це стримує розвиток структури верстата в цілому.

Тому розробка нових високоефективних ЗП є актуальною. Відсутність прогресивного технологічного оснащення робить верстати не конкурентоздатними на світовому ринку, обмежуючи їх можливості по точності, продуктивності, швидкої переналагоджуваності в умовах дрібносерійного і серійного виробництва.

З літератури [1], відомо, що процес проектування таких складних технічних систем, як затискний патрон, вимагає системного підходу. В процесі проектування необхідно виконати індивідуальний опис на основі опису всіх суттєвих особливостей у вигляді сукупності взаємопов'язаних характерних елементів або ознак. Дерево є типовою формою опису складного технічного рішення, такого як ЗП, що відображає багаторівневий ієрархічний взаємозв'язок структурних ознак: від елементів першого рівня з наступним уточненням конструктивних і конструктивно-функціональних характеристик шляхом приєднання нових елементів на наступних рівнях [3]. Важливим етапом теоретичного обґрунтування та конструювання ЗП, є структурно - морфологічний підхід до вивчення всієї різноманітності ЗП та виявлення характерних законів організації, функціонування, побудови та їх розвитку, як складних систем. Відповідно до [1], для опису структури ЗП необхідно використовувати поняття силовий (енергетичний) потік, враховуючи що:

- для забезпечення сили затиску енергетичний потік в ЗП може здійснюватися за допомогою механічних ланцюгів, електромагнітних, магнітних і ін. полів;
- силові потоки можуть бути із зовнішнім джерелом енергії і з внутрішнім;
- з'єднання окремих силових потоків може бути послідовним, паралельним, паралельно-послідовним;
- між входом і виходом силового потоку ЗП є різні перетворювачі (наприклад, до механічних перетворювачів відносяться важільні, клинові, плунжерні, спіральні, зубчасті, гвинтові, пружні) та можлива їх комбінація.

В роботі поставлено мету: розробка передумов до опису та створення можливих варіантів принципів структур ЗП токарних верстатів на основі теорії розвитку технічних систем та структурно-морфологічного підходу. Об'єктом синтезу обрано плунжерний патрон, який добре зарекомендував себе на токарних верстатах ПАТ «Веркон» (рис.1).

Безліч рішень ЗП одного класу може бути представлено у вигляді групи функціонально взаємопов'язаних дерев [3]. Певне поєднання їх гілок призводить до отримання заданих характеристик. Побудови дерев конструктивних і апаратурних ознак ЗП передують розробка структури функціональних ознак дерева ЗП (функціонального дерева). Аналізуючи цю структуру, будують дерева основного і допоміжного ЗП шляхом послідовного приєднання як загальновідомих, так і нових ознак, що відповідають високим техніко-економічними показниками і сучасному стану розвитку техніки.

Для синтезу нових конструкцій плунжерних ЗП побудована структурна схема (рис.1), описана позначенням типу $K = J_i^j N_k^s$ [2, 4]. Схема елементів ЗП наведені в табл. 1.

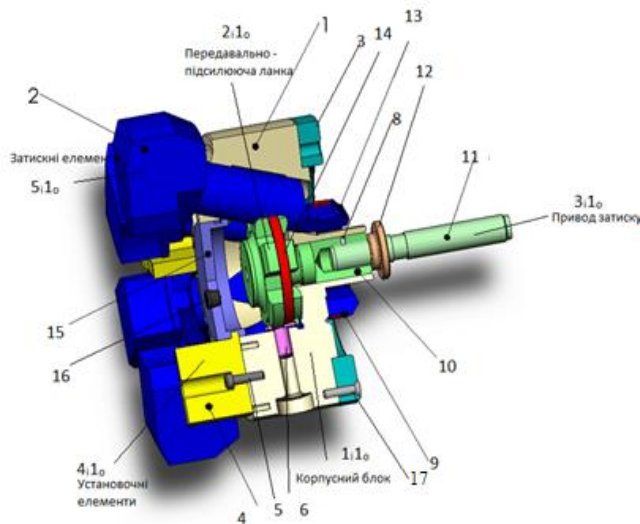


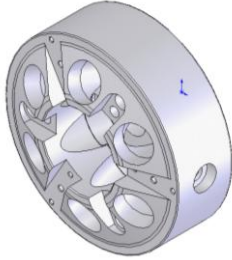
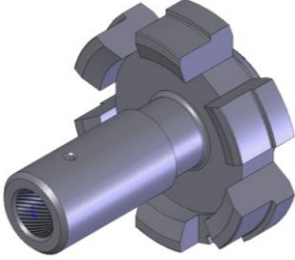

Рис. 1 – Конструктивна та структурна схема плунжерного ЗП

Згідно методу уніфікаційного синтезу структура позначається парою символів: перший елемент такої конструкції означає структурний елемент, а другий – ієрархічну підпорядкованість такого елемента в ієрархічній структурі з основних п'яти елементів: 1) блок корпусу 1_i1_0 , 2) передавально – підсилюючий механізм 2_i1_0 , 3) привод затиску 3_i1_0 , 4) установочні елементи 4_i1_0 , 5) затискні елементи 5_i1_0 . Кодове позначення елемента $J = 1 \dots n$ – номер ієрархічного рівня елемента в ієрархічній сукупності рівнів затискного патрона; i та s – позначення номера варіанта виконання відповідно елемента та сукупності

елементів ($s=0$ - одночасне застосування ознак та $s=1$ альтернативність ознак із числа можливих); $N = 1 \dots 5$ – номер ієрархічного рівня сукупності елементів, у склад якого входить даний елемент; j та k – відповідно номери груп ієрархічних рівнів, у яких розміщені елемент і сукупність елементів ієрархії.

Кодові позначення альтернатив елементів плунжерного затискного патрона наведено в таблиці 1. Альтернативи конструкції ЗП можна подати у вигляді розгорнутої морфологічної матриці

Таблиця 1 – Схема структурних елементів ЗП

 <p>корпус 1 - $2_5^2 1_2^1$</p>	 <p>тяга 10- $2_i^2 1_0^1$</p>	 <p>Штифт 8 $3_i^2 1_0^1$</p>
--	---	---

Розроблена процедура синтезу є розвитком відомого морфологічного підходу та може бути використана при ранніх стадіях проектування в машинобудуванні. Запропонований підхід дозволяє: зменшити розмірності морфологічної таблиці шляхом оцінки та кластеризації варіантів рішення та відповідно зменшити трудозатрати при пошуку нових технічних рішень ЗП та ефективно генерувати морфологічну множину.

Список посилань:

1. Кузнецов Ю. М. Передумови генетично-морфологічного синтезу електромеханічних приводів затискних механізмів, що обертаються / Кузнецов Ю. М., Придальний Б. І. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування: збірник наукових праць. – 2015. – № 3(75). – С. 48–55.
2. Васильків В. В. До питання синтезу конструкції механізмів з робочими затискними пружними гвинтовими елементами / В. В. Васильків, І. С. Генік, О. Кочубинська // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – 2006. – Вип. 3. – С. 171–180.
3. Гамрекелі М.Н. Метод синтеза оптимальных аппаратурно-функциональных технических комплексов / М. Н. Гамрекелі. //Известия вузов. Машиностроение -2006, № 9. – С. 75–84.
4. Гевко Б. М. Уніфікований синтез розточних головок для формоутворення кільцевих канавок / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, І. Б. Гевко, Р. Хорошун // Наукові нотатки. – 2011. – Вип. 35. – С. 37–45.

УДК 621.941

Литвин О.В., канд. техн. наук, доцент,
Гаврушкевич Н.В., аспірант,
Ільчов А. В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
gavrushkevichnataliya@gmail.com

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА НА ТОЧНІСТЬ ОБРОБКИ

Жорсткість затискних патронів має великий вплив на точність обробки, на динамічну картину затискних зусиль, згинальних і перекидних моментів. Розробка методів і процесів, що дозволяють описати і визначити жорсткість затискних патронів, має велике практичне значення. Деформований стан та поведінка системи затискного патрона, як правило, повністю можуть бути описані дев'ятьма жорсткостями, що характеризують відповідні переміщення вздовж осей координат, і дев'ятьма кутовими жорсткостями (рис. 1).

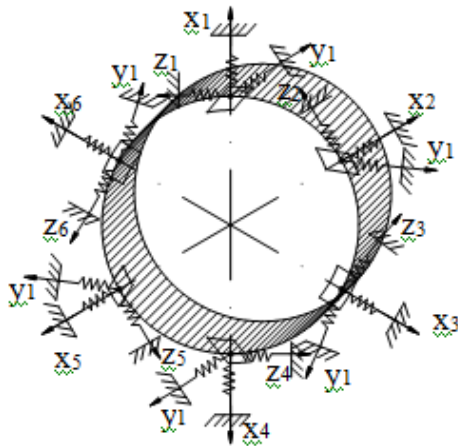


Рис. 1 – Система жорсткостей шестикулачкового патрона

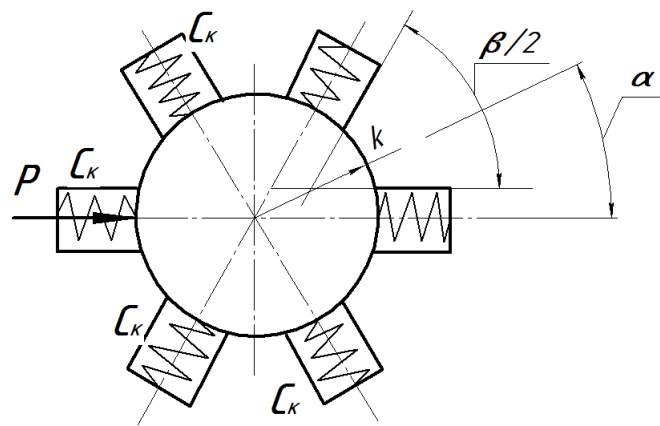


Рис. 2 – Розрахункова схема прикладення сил в патроні при обробці з врахуванням радіальної та кутової жорсткості

Серед цих жорсткостей радіальна та кутова при радіальному навантаженні мають найбільший вплив на динамічну зміну зусилля затиску. При затиску заготовки з певною стійкістю до деформації переміщення затискного елемента в процесі затиску визначається деформаціями і напрямком потоку потужності у відповідності з розташуванням деталей і вузлів та їх з'єднанням, і можуть бути розділені на наступні чотири підгрупи: переміщення основного кулачка через деформацію системи передачі зусилля (передавальньо-підсилюючої ланки) та її зв'язку з затискним кулачком і нахилом кулачка відносно корпусу патрона, власна деформація основного кулачка, переміщення затискного кулачка через з'єднання з основним кулачком, власна деформація затискного кулачка [1].

Використовувані затискні патрони дають похибку в вигляді періодичності поверхні від залишкових напружень, генеровані напругою вигину в заготовці, та від затискних елементів на краю зони затиску, і ці похибки накладаються. Ця похибка вище, коли радіальна сила розміщується між затискними кулачками, та зменшується, коли радіальна сила направлена на затискний кулачок. Крім того, аналіз частоти коливань сили різання вказує на коливання частоти обертання шпинделя, яка підтверджується коливанням жорсткості системи шпиндель - патрон за один оберт. Цей фактор можна визначити як кутову орієнтовану жорсткість, яка впливає на параметричну вібрацію, яка, в свою чергу, впливає на точність обробки.

В процесі обробки при обертанні закріпленої заготовки переміщення під затискними елементами більше, ніж в іншому місці на внутрішньому діаметрі. Під час процесу різання

створюється пластично деформований поверхневий шар, а інша поверхня знаходиться під дією розтягуючих залишкових напружень, що призводить до збільшення напруження в заготовці на певну величину. Ця неоднорідність матеріалу і пружна деформація (робота), що ведуть до утворення некруглості (похибки), викликана виключно зміною товщини стінки заготовки. Це призводить до похибки обробки кільця, які проявляються як некруглість, та частка загальної дисперсії форми точно може бути визначена з допомогою перетворення Фур'є. В якості міри впливу амплітуди використовується відповідні коефіцієнти. Розрахунки похибки обробки трьохкулачкового патрону (3 точки прикладення сили) повинні бути у відповідності з третім коефіцієнтом Фур'є.

У процесі обробки на деталь діє радіальна складова сили різання P (див. рис. 2), відносно напрямку дії якої напрямок максимального значення радіальних сил затиску від затискних елементів патрона постійно змінюється. Напрямок максимального значення радіальних сил затиску характеризується кутом α при обертанні шпинделя. Затискні елементи в кількості z створюють сили затиску, розміщені до деталі під кутами $2\pi/z$ (при рівномірному їх розташуванні по колу). Змінна складова радіальної жорсткості виникає, крім того, внаслідок крутильної податливості затискних елементів і зміни умов їх контактування з шпинделем і деталлю в процесі різання.

Коли сила прикладена на кулачок, то умова рівноваги всіх сил в проекції на вісь y :

$$F = C_k \cdot y \cos^2\left(\frac{1}{2}\beta - \alpha\right) + C_k \cdot y \cos^2\left(\frac{1}{2}\beta + \alpha\right), \quad (1)$$

де C_k - орієнтована (в даному випадку радіальна) жорсткість системи патрону в залежності від кута повороту, y – поточне переміщення в точці, β - кут дуги заготовки, яка не знаходиться в контакт з кулачками.

При прикладенні навантаження на кулачок жорсткість визначається відношенням:

$$\frac{P}{y} = C = C_k \cdot \left[\cos^2\left(\frac{1}{2}\beta - \alpha\right) + \cos^2\left(\frac{1}{2}\beta + \alpha\right) \right]. \quad (2)$$

Взявши першу похідну від зазначеного виразу, отримаємо залежність швидкості зміни направленої орієнтованої жорсткості патрону по куту (або швидкість зміни податливості деталі по куту):

$$\frac{dC}{d\alpha} = 4C_k \cdot \left(\sin^2\frac{1}{2}\beta \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha - \cos^2\frac{1}{2}\beta \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha \right). \quad (3)$$

Взявши другу похідну, отримаємо залежність для визначення знаку вищевказаного виразу, тобто розтягнення або стискання матеріалу деталі:

$$\frac{d^2C}{d\alpha^2} = -4C_k \cdot \cos 2\alpha \cdot \cos \beta. \quad (4)$$

Ці переміщення, зумовлені вищезазначеними факторами, призводять до залишкових напружень, також до переносу відхилень форми на зовнішній стороні кільцевої деталі на внутрішню поверхню. Тому при установці в шпиндель верстата затискних патронів останні необхідно орієнтувати по кутовій координаті таким чином, щоб напрямки найбільшою податливості системи «патрон-деталь» не збігалися з такими напрямками в системі «шпиндель-опори», а сумарні відтискання системи «шпиндель - патрон - деталь» були мінімальними у всіх напрямках.

У випадку використання декількох затискних патронів, підбір їх повинен враховувати послідовність використання відносно відхилень форми на обробленій деталі.

Список посилань

1. Рогов В. А. Влияние жесткости закрепления инструмента в патроне станка при сверлении стеклокерамики / В. А. Рогов, М. И. Шкарупа. // Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. – 2009. – №2. – С. 52–58.

УДК 621.375.826:621

Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», romvvv@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГНУТИХ БІМЕТАЛІВ ПРИ З'ЄДНАННІ ПЛАСТИН ЗА ДОПОМОГОЮ ПОТУЖНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

В промисловості широко застосовуються біметали, що поєднують можливості двох металів: звичайних сталей основи та необхідних експлуатаційних параметрів робочого матеріалу покриття. В основному біметали виготовляються в вигляді листових матеріалів різних розмірів. При виготовленні із біметалів конструкцій замкнутого контуру є потреба в гнутих біметалах, що спрощує їх подальше використання при отриманні таких виробів.

Для отримання біметалів широко застосовується технологія з'єднання його пластин різними способами. Один із методів – зчеплення їх пластин потужним джерелом енергії. В якості такого джерела можливе використання енергії зварювальної дуги, лазерного випромінювання та ін.

В основу нашої розробки покладено задачу вдосконалити спосіб виготовлення гнутих біметалів потужним джерелом енергії, у якому забезпечується достатньо високий рівень міцності зчеплення пластин біметалу при значному здешевленні технології отримання таких біметалів.

Поставлена задача вирішується тим, що при виготовленні гнутих біметалів з'єднання пластини основи та робочої пластини біметалу відбувається за рахунок потужної енергії, наприклад, електричної дуги. Для потрапляння енергії для з'єднання пластин біметалу в місце їх контакту заздалегідь в пластині основи 1 в потрібних місцях виконують наскрізні технологічні отвори 2. Технологічні отвори 2 розміщують по можливості симетрично відносно лінії згинання 3 біметалу. В подальшому пластину основи 1 встановлюють на робочу пластину 4 біметалу (Рис. 1). При цьому робоча пластина 4 в напрямку перпендикулярному лінії згинання 3 повинна бути дещо довшою пластини основи 1 з урахуванням різного діаметру заокруглення цих пластин при спільному їх згинанні. Різниця в довжині цих пластин може бути легко розрахована.

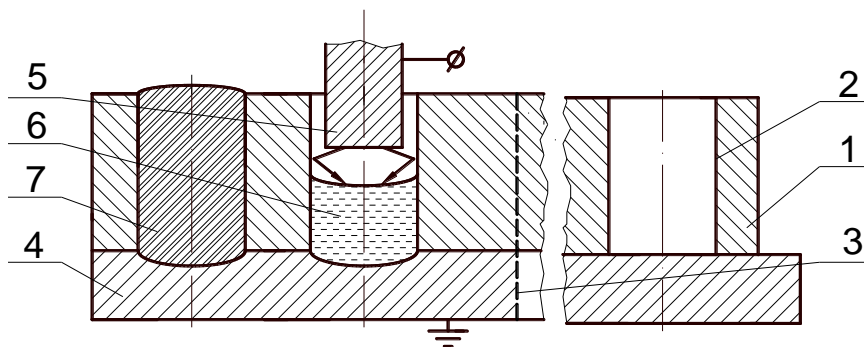


Рис. 1 – Зчеплення пластин біметалу на одному з його країв (до лінії згинання) за рахунок запалення електричної дуги між вставленим в технологічний отвір пластини основи електродом та робочою пластиною біметалу.

Для здійснення зварювання електрод 5 встановлюють в черговий технологічний отвір 2 до контакту з робочою пластиною 4. Відбувається утворення електричного розряду між

електродом 5 та пластиною 4. В результаті ливарного процесу створюється ванна 6 рідкого металу, яка частково підплавляє поверхню робочої пластини 4 та бокових поверхонь технологічного отвору 2. Після заповнення всього отвору 2 та затвердіння рідкого металу отримуємо зварний шов 7, який надійно скріплює пластини біметалу 1 та 4. Таке з'єднання пластин біметалу виконують тільки з одного краю пластин біметалу, лише до лінії його згинання. Це забезпечить при подальшому процесі згинання переміщення робочої пластини 4 відносно пластини основи 1 за рахунок різних радіусів заокруглення цих пластин при згинанні. Якщо ж пластини біметалу були б скріплені повністю, то при згинанні це призвело б до руйнування місць скріплення.

Процес згинання пластин біметалу при їх скріпленні по одній стороні на згинальному пресі представлений на рис. 2. Показано, що переміщення робочої пластини 4 відносно пластини основи 1 відбувається лише по другій (незакріпленій) стороні біметалу (по стрілці 8).

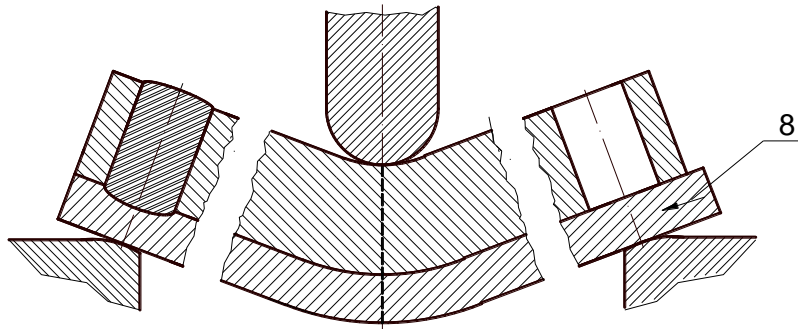


Рис. 2 – Процес згинання біметалу по лінії згинання при зміщенні робочої платини відносно пластини основи на не скріпленому краї біметалу.

Після завершення згинання на потрібний кут пластини біметалу знову тимчасово скріплюються між собою механічними затискачами, і виконується з'єднання другої сторони біметалу за допомогою електродугового зварювання (Рис. 3). В кінці бажано поверхню зварних швів 7 прошліфувати урівень з поверхнею пластини основи 1.

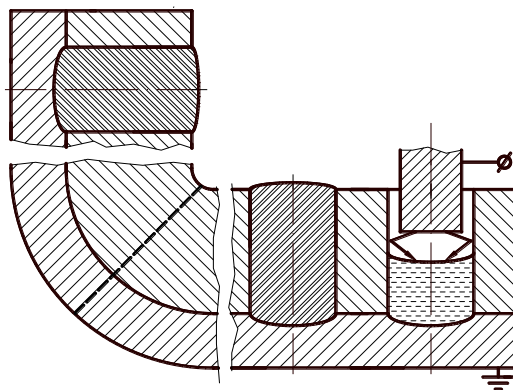


Рис. 3 – Зчеплення пластин зігнутої заготовки з біметалу на другому його краї.

При необхідності згинання може бути виконане, коли потрібно, щоб пластини основи розташовувались би ззовні зігнутого біметалу. При цьому треба враховувати, що довжина вже цієї пластини повинна бути більшою довжини робочої пластини.

Можливе також використання іншого виду енергії в якості потужного джерела (наприклад, лазерного випромінювання) при його подачі через технологічні отвори в місце контакту пластин біметалу.

Таким чином, виготовлення гнутих біметалів при з'єднанні його пластин потужним джерелом енергії істотно розширює можливості свого застосування за рахунок спрощення

і здешевлення технології отримання таких біметалу, забезпечує надійне з'єднання його пластин.

УДК 621.375.826:621

Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», romvvv@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА АЛЮМО-СТАЛЕВИХ БІМЕТАЛІВ ПРИ З'ЄДНАННІ ПЛАСТИН ПОТУЖНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ

Біметали - це такі матеріали, що виготовлені при надійному з'єднанні двох металів, і поєднують можливості звичайних сталей (основи) з особливими властивостями матеріалу покриття (робочого шару). Біметали широко застосовуються в багатьох галузях промисловості. В останній час для отримання біметалів широко застосовується технологія з'єднання його пластин потужного джерела енергії. В якості такого джерела можливе використання енергії зварювальної дуги або іншого виду енергії, наприклад, лазерного випромінювання. В деяких галузях промисловості є необхідність в отриманні алюмо-сталевих біметалів, в яких параметри міцності сталі як основи поєднуються з експлуатаційними характеристиками робочого шару – алюмінію.

В запропонованому способі реалізації технології виробництва алюмо-сталевих біметалів для надійного зчеплення пластин біметалу енергію потужного джерела подають в зону з'єднання через технологічні отвори в пластині основи біметалу. Для цього в пластині сталевій основи 1 в потрібних місцях виконують наскрізні технологічні отвори 2 діаметром D (Рис.1).

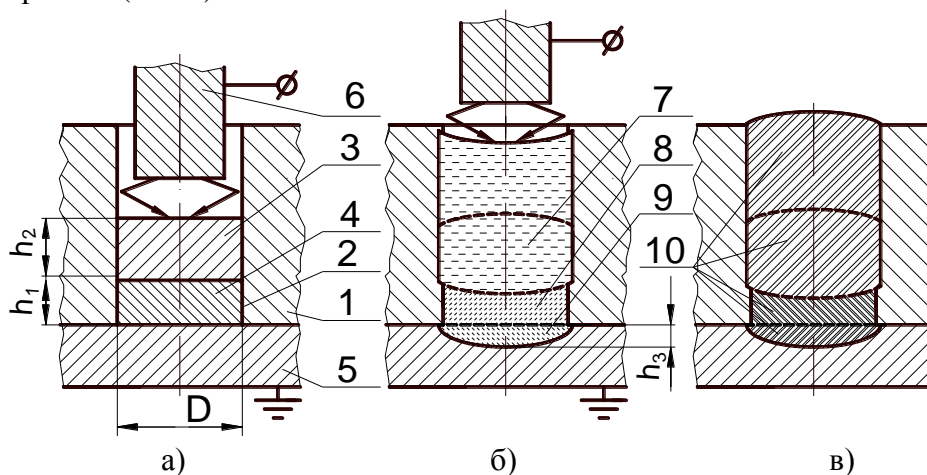


Рис. 1 – Запалення електричної дуги між вставленим в технологічний отвір електродом та сталюю заглишкою а), процес формування ванни рідкого металу в технологічному отворі б) та перетин багатокомпонентного зварного шва зчеплення пластин біметалу в)

При використанні в якості джерела енергії електродугового зварювання діаметр отвору 2 підбирають декілька більшим діаметра зварювального електрода так, щоб останній вільно заходив в цей отвір.

В технологічний отвір 2 пластини 1 (в рівень з внутрішньою її краєм) вставляють першу заглишку 3 із латуні чи бронзи. При цьому діаметр цієї заглишки повинен забезпечувати її входження в отвір 2 з деяким натягом, щоб вона міцно тримався в отворі. Над заглишкою 3 фіксують другу, сталю, заглишку 4 в контакт з першою.

Товщину сталевій заглишки 4 підбирають такою, щоб, при температурі на верхній її поверхні, рівній температурі в зоні дії потужного джерела енергії, наприклад, електричної

дуги (приблизно, $T_{\text{дуг}} \approx 2500^{\circ}\text{C}$), температура на її нижній частині відповідала температурі плавлення $T_{\text{пл.1}}$ її матеріалу (сталі) (приблизно, $T_{\text{пл.1}} \approx 1500^{\circ}\text{C}$). Це забезпечить повне проплавлення цієї сталюї заглишки в процесі зварювання. Товщина заглишки 4 h_1 може бути розрахована, по формулі (1). Матеріал же заглишки 3 (наприклад, латунь чи бронза) вибирають з тих міркувань, що температура плавлення вибраного матеріалу $T_{\text{пл.2}}$ (в даному випадку $T_{\text{пл.2}} \approx 1000^{\circ}\text{C}$) була в діапазоні між температурою плавлення сталі ($\approx 1500^{\circ}\text{C}$) та температурою плавлення робочої пластини біметалу із алюмінію ($\approx 650^{\circ}\text{C}$). При цьому товщина заглишки 3 h_2 повинна забезпечувати повне її плавлення і може бути розрахована, по формулі (2):

$$h_1 = (D/4)(T_{\text{дуг}}/T_{\text{пл.1}} - T_{\text{пл.1}}/T_{\text{дуг}}); \quad (1)$$

$$h_2 = (D/4)(T_{\text{пл.1}}/T_{\text{пл.2}} - T_{\text{пл.2}}/T_{\text{пл.1}}). \quad (2)$$

В подальшому сталюу пластину основи 1 встановлюють на алюмінієву робочу пластину 5 біметалу, орієнтуючи її таким чином, щоб заглишка 3 виявилася зі сторони робочої пластини (рис. 1, а). Пластини 1 та 5 тимчасово скріплюють між собою використовуючи, наприклад, механічні затискачі.

Для здійснення зварювання електрод 6 встановлюють в черговий технологічний отвір 2 до контакту з заглишкою 4. Відбувається утворення електричного розряду між електродом 6 та заглишкою 4 (рис. 1, б). В результаті плавлення електрода 6 та заглишки 4 розігрітий до температури плавлення сталі ($\approx 1500^{\circ}\text{C}$) рідкий метал розігріває (за рахунок механізму теплопровідності) розміщену нижче заглишку 3 з латуні чи бронзи, призводячи теж до її плавлення. В результаті за рахунок ливарного процесу створюються дві ванни 7 та 8 рідкого металу, в яких сталюа та латунна (чи бронзова) компоненти перемішуються між собою. Ванна 8 за рахунок теплопровідності частково підплавляє поверхню алюмінієвої робочої пластини 5, створюючи ванну розплаву 9, а ванна 7 – поверхню бокових сторін технологічного отвору 2. Глибина підплавлення h_3 робочої пластини 5 може бути розрахована по формулі:

$$h_3 = (D/4)(T_{\text{пл.2}}/T_{\text{пл.3}} - T_{\text{пл.3}}/T_{\text{пл.2}}), \quad (3)$$

де $T_{\text{пл.3}}$ - температура плавлення матеріалу алюмінієвої робочої пластини біметалу.

Розрахунки показують, що глибина проплавлення в алюмінієвій робочій пластині складає значення $h_3 = 0,88 \dots 1,75$ мм, що забезпечує надійне зчеплення пластин біметалу.

Після заплавлення всього технологічного отвору 2 та затвердіння всіх складових рідкого металу 7, 8 та 9 отримуємо багатокомпонентний зварний шов 10, який надійно скріплює пластини біметалу 1 та 5 (рис. 1, в). Загальна ж кількість зварних швів 10 і забезпечить потрібний рівень міцності зчеплення пластин біметалу.

В кінці бажано поверхню зварних швів 10 прошліфувати урівень з сталююю поверхнею пластини основи 1.

В якості потужного джерела енергії можливе також використання іншого виду енергії, наприклад, лазерного випромінювання. Подача випромінювання в місце контакту пластин біметалу при цьому буде здійснюватися через технологічні отвори 2 в пластині основи 1 при концентруванні випромінювання на поверхні заглишки 4.

Таким чином, запропонований спосіб виготовлення алюмо-сталевих біметалів істотно розширює можливості свого застосування за рахунок спрощення і здешевлення технології отримання біметалу, забезпечує надійне з'єднання його пластин.

УДК 621.375.826:621

Головко Л.Ф., докт. техн. наук, професор
Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент
Блощин М.С., канд. техн. наук
Салій С.С., аспірант

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», leongolovko@gmail.com

ЛАЗЕРНО – ЛИВАРНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛІВ

Тенденції розвитку сучасної техніки, технологічні та економічні аспекти її виготовлення, вимагають необхідності більш широкого використання матеріалів зі спеціальними властивостями, зокрема біметалів. Біметали широко застосовуються в машино- та приладобудуванні, при виготовленні обладнання оборонного призначення, в хімічній промисловості, енергетиці й радіoeлектроніці, при виробництві побутових товарів.

Для їх виготовлення застосовують різні процеси обробки металів: тиском, лиття, електронно-променевого, лазерного, електродугового й плазмового наплавлення (виготовлення SWIP листів), електрошлаковий переплав та зварювання вибухом. Основна перевага цих способів - висока міцність з'єднання покриття з основою, яка визначається міцністю одного з матеріалів, що з'єднуються, і те, що вони дозволяють управляти процесом формування біметалевих композицій, надаючи їм необхідні властивості. В промисловості достатньо широко використовується спосіб виготовлення біметалів вибухом, що характеризується високою продуктивністю, низькою собівартістю, широкою номенклатурою біметалів, простотою організацією процесу. Але при цьому він має і ряд суттєвих недоліків, як низька керованість процесом, невисока якість зварювання, особливо при великих площах поверхонь, що з'єднуються, великий рівень шуму і вібрацій, що вимагає застосування заходів захисту. З цієї точки зору на сьогодні найбільш ефективними є плазмові технології фірми "Steel Work" (Україна), що дозволяють виготовляти біметалічні SWIP листи (Steel Work Innovation Plate) і вироби з них. Вони отримали широке поширення при виготовленні футеровок в металургійному виробництві, деталей, що працюють в умовах гідро, газо- і ударно-абразивного зношування. Відзначаючи досягнуті успіхи в розробці і використанні технологій отримання біметалевих композицій, слід зазначити, що в практиці розробки таких технологій істотна роль поки належить інтуїтивним експериментальним підходам, при наявності дуже обмежених кількісних оцінок. Крім того сучасні методи виробництва біметалів мають певні недоліки, що стосуються продуктивності процесів, якості поверхні, їх структурно-фазового і напруженого стану, обмеженості у виборі складових біметалів. Наведений вище аналіз показав, що основними напрямками підвищення ефективності виготовлення біметалів є інтенсифікація та оптимізація процесів масоперенесення в зоні з'єднання складових шляхом управління станом їх поверхонь, агрегатним станом складових.

Аналіз існуючих способів отримання біметалів дає підставу вважати, що підвищити ефективність їх виготовлення і якість можна розділивши весь процес виготовлення на два етапи. На першому етапі застосували висококонцентроване джерело енергії, лазерне випромінювання, сфокусоване у відрізок лінії з розподілом інтенсивності типу Top-Hat або розгорнуте за допомогою спеціального скануючого пристрою у відрізок лінії, здійснюється розплавлення поверхневого шару однієї зі складової біметалу на глибину 30-50 мкм. Одночасно з початком його переміщення на розплавлену поверхню зі спеціальної фурми з заданою витратою подається розплав другої складової біметалу.

У роботі наведені результати моделювання процесу лазерно-плазмового виготовлення біметалу та його експериментального дослідження.

УДК 621.375.826:621

Головко Л.Ф., докт. техн. наук, професор
Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент
Блощин М.С., канд. техн. наук
Салій С.С., аспірант
Свічкач І.В. студентка
Кір'янова К.О. студентка

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», leongolovko@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ПРИ ЛАЗЕРНО-ЛИВАРНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІМЕТАЛІВ

Значна частка відмов машин, що працюють в умовах дії абразивних і агресивних середовищ, високих температур та тисків, безпосередньо пов'язана зі зношуванням контактуючих поверхонь деталей, втратою геометричних форм і розмірів. До таких деталей можна віднести лопатки газових турбін, що працюють при високих температурах, дії агресивного газового потоку й абразивних часток, підп'ятники турбокомпресорів, цапфи бурових доліт, колінчасті й розподільні вали двигунів й таке інше.

Областю ефективного застосування лазерного наплавлення є зміна фізико-механічних властивостей поверхневих шарів деталей машин, відновлення їх розмірів і форми, але висока вартість енергії лазерного випромінювання та істотне збільшення собівартості наплавлення при збільшенні продуктивності процесу обмежує область використання цієї технології. Виконуються наукові дослідження спрямовані на пошук способів зниження собівартості процесу наплавлення за рахунок використання більш дешевих допоміжних джерел енергії.

Для матеріалів з феромагнітними властивостями індукційний спосіб нагрівання, що заснований на двох фізичних законах: законі електромагнітної індукції Фарадея-Максвелла та законі Джоуля-Ленца є найбільш цікавим. Тому що реалізація процесу нагрівання та охолодження матеріалу достатньо проста й можливо реалізувати поступігрів наплавленої поверхні для зменшення можливих залишкових напружень у робочих шарах деталей.

Результатом цих досліджень став процес лазерно-ливарного наплавлення з застосуванням допоміжного індукційного джерела, при цьому функції, послідовність та час дії джерел енергії чітко розмежовані. Лазерний промінь розплавляє необхідно-заданий об'єм на поверхні матеріалу основи, підігрітий індукційним способом матеріал для наплавлення до температури плавлення подається у зону взаємодії двох теплових джерел, створюючи спільну ванну розплаву, тим самим гарантуючи металургійний зв'язок між двома матеріалами.

Основними перевагами даного процесу є універсальність, можливість ощадливого і раціонального використання дорогих і дефіцитних матеріалів, ресурсо - і енергозбереження, мінімальний вклад енергії в основу деталі, на яку проводиться наплавлення, екологічна чистота, можливість повної автоматизації. Можливість реалізувати одночасну подачу кількох різних матеріалів для створення спеціальних багатошарових елементів деталей машин чи устаткування.

Повідомляються результати теоретичного й експериментального вивчення механізму лазерно-ливарного наплавлення. Наведено дані про основні технологічні закономірності комбінованого процесу наплавлення, що відбивають зв'язок його основних факторів з вихідними параметрами. На основі експериментів було визначено енергетичні параметри лазерного джерела, конфігурацію елементів індукторів та їх параметрів; системи подачі розплавлених матеріалів у робочу зону, умови та характеристики допоміжних систем.

УДК 621.9.079.621.7.079(031)

Процишин В.Т., канд. техн. наук, с.н.с.
Кравець С.В., зав. лабораторії

НДІННП “МАСМА” Міненерговугілля, м. Київ, vira-protsyshyn@rambler.ru

ВПЛИВ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСТИЛЬНО-ХОЛОДИЛЬНИХ РІДИН НА ЇХ ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Вдосконалення процесів обробки металів різанням має велике значення для сучасного машинобудування, розвиток якого вимагає використання широкого асортименту мастильно-холодильних рідин (МХР). Раціональний підбір вискоефективних МХР та успішне застосування можливі при всебічному вивченні їх властивостей: фізико-хімічних та технологічних. Фізико-хімічні властивості МХР, як правило, визначаються в умовах заводу-виробника і закладаються в технічні умови на продукт як обов'язкові вимоги до його якості.

Дослідження технологічних властивостей МХР процес трудомісткий і потребує відповідного оснащення та кваліфікації. Використання МХР без перевірки технологічних властивостей веде за собою при експлуатації перевитрати МХР, низьку якість виробів, збільшення витрат на закупівлю робочого інструменту, зменшення продуктивності праці і т.д. Тому, перед запуском виробництва нової МХР необхідно попередньо проводити оцінку їх змащувальних властивостей (визначити протизадирні, протизношувальні та антифрикційні характеристики), які дозволяють прогнозувати рівень технологічних властивостей на виробництві.

Слід відмітити, що залежність технологічних властивостей від змащувальних характеристик МХР не є однозначна. Так наприклад на операціях точіння підвищення змащувальних властивостей МХР позитивно впливає на процес різання: стабілізує утворення наростів, які виникають при токарній обробці вуглецевих та легованих сталей в зоні низьких скоростей різання, зменшує розмір наросту, міцність і силу зчеплення між окремими шарами. У випадку нестабільного утворення наростів їх частинки періодично зриваються і таким чином інтенсифікують зношування робочого інструменту, підвищують шорсткість обробленої поверхні. При токарній обробці ефективні МХР зменшують площу контакту стружки з передньою поверхнею різця, знижують силу тертя і адгезію, а неефективні - можуть підвищувати площу контакту.

Однак, значне підвищення змащувальних властивостей МХР може мати і негативні результати, зокрема в тих випадках, коли нарости відіграють захисну функцію (при обробці сталі на невисоких режимах різання інструментами із швидкоріжучою сталі).

Підвищення змащувальних властивостей при шліфуванні дозволяє підвищити стійкість кругів, запобігти їх налипанню, скоротити цикл обробки, усунути задири на базових поверхнях при шліфуванні на жорстких опорах. Покращання змащувальних властивостей локалізує пластичну деформацію, зменшує величину і глибину розташування залишкових напружень, знижує потужність і зусилля різання.

В той же час високі змащувальні властивості при внутрішньому шліфуванні призводять до проковзування абразивного зерна. При шліфуванні заготовок на плоскошліфувальних верстатах з магнітним столом використання МХР з високими змащувальними властивостями може викликати зсув заготовок при високій силі різання і порівняно невеликій зоні контакту стола із заготовкою.

В інституті на прикладі широкого асортименту водозмішуваних МХР, які успішно використовуються на тих чи інших операціях механічної обробки металів, проводилось вивчення взаємозв'язку між протизадирними, протизношувальними, антифрикційними властивостями та технологічними параметрами обробки (точністю, продуктивністю, якістю поверхнево-активного шару, стійкістю інструменту). Одержані результати

дозволяють більш спрямовано вести розробку та вибір мастильно-холодильних рідин для різних операцій механічної обробки.

Визначення вказаних характеристик здійснювали на чотирикульковому пристрої тертя марки ЧМТ-1. Визначали наступні показники.

1) Критичне навантаження R_k , яке характеризує здатність мастильного матеріалу запобігати швидкому зношуванню поверхонь тертя. При такому навантаженні відбувається різке збільшення діаметру сліду зношування на нижніх кулях (на величину більше 0,1 мм у порівнянні з попереднім навантаженням).

2) Навантаження зварювання R_z , яке характеризує граничну працездатність мастильного матеріалу. Це найменше осьове навантаження, яке викликає зупинку обертання шпинделя пристрою тертя при досягненні моменту тертя 1200 кГс·см або за умови зварювання рухомої та стаціонарних куль чотирикулькової пари.

3) Індекс задиру I_z , який визначається за величиною зношування куль при різних навантаженнях від початкового до навантаження зварювання.

4) Діаметр зношування D_z , який визначається як середня величина діаметру сліду зношування нижніх куль при випробуванні протягом 1 години з постійним навантаженням, меншим від критичного.

Для досліджень були взяті водозмішувані МХР вітчизняного та закордонного виробництва (МХР деяких виробників РФ, а також фірм Блазер, Кастрол, Шелл та ін.). Всього в кількості біля 32 од. Випробували 3% водні емульсії (мікроемульсії, розчини). В табл. 1 наводяться показники якості низки вискоефективних у технологічних процесах водозмішуваних МХР, оцінені за результатами трибологічних випробувань, що були виконані за вищевказаними методиками на чотирикульковому пристрої тертя.

Таблиця 1 – Протизадирні характеристики та змащувальні властивості відібраних вискоефективних 3 % водних розчинів (емульсій) МХР

Тип та призначення МХР	R_k , Н	R_z , Н	I_z , Н	D_z , мм (20 кГс)
МХР універсальні (для лезової та абразивної обробки металів)				
1- емульсійні	900-1600	1000-1600	440-600	0.60-0,95
2- мікроемульсійні	690- 1190	1040-1350	340-470	0.65-0.90
МХР на основі електролітів для шліфування металів	380-500	2800- 3500	415-500	1.5-1.8

Аналіз табличних даних засвідчив, що різним за призначенням МХР відповідають, перш за все, різні співвідношення протизадирних характеристик. Хоча навантаження зварювання (показник R_z) теоретично має бути максимально можливим, але висока технологічна ефективність рідин не повинна асоціюватися з ідеальними змащувальними властивостями. На відміну від мастильних матеріалів, призначених для підшипників різного типу, необхідно створювати МХР та відповідні їм продукти, які характеризуються оптимальними величинами критичного навантаження (показник R_k), індивідуальним співвідношенням R_k/R_z та «середнім» рівнем протизношувальних властивостей.

Таким чином, у результаті досліджень встановлено характеристики змащувальних властивостей МХР, при яких забезпечується ефективний технологічний процес металооброблення.

Список посилань

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием /Под ред. проф. С.Г. Энтелеса, канд. техн. наук Э.М. Берлинера – М.: Машиностроение, 1995. – 286 с.

УДК 621.891, 620.194

Міщук О.О., канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.

Велігорська Ю.В., канд. техн. наук

Годун Б.О., канд.техн.наук, с.н.с.

Яворська З.С., ст. наук. співробітник

Науково-дослідний інститут НДІННП "МАСМА", Міненерговугілля, м. Київ,

mishchuk@masma.ua

МАСТИЛЬНІ СИНТЕЗ-МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Під час тертя металевих поверхонь у зонах контакту деталей машин та механізмів мастильне середовище зумовлює специфічний перебіг механохімічних процесів утворення тертьових вторинних структур, що мають, загалом, унікальні фізико-хімічні властивості. Чи можливе відтворення тонкоплівкової будови металевих поверхонь, властивої цим структурам, поза умовами тертя?

В роботі досліджено ефективність мастильних матеріалів з нанонаповнювачами в процесах електроіскрового розряду в якості синтез-матеріалів для оперативного нарощування на поверхні металу покриттів функціонального призначення, які вміщують когезійно зчеплені один з одним модифікований поверхневий шар та перехідний градієнтний підповерхневий шар дифузійного типу. Обґрунтуванню підлягає можливість та доцільність створення окремого класу мастильних матеріалів – мастильних матеріалів для синтезу функціональних покриттів. Програма досліджень є комплексною, ґрунтується на результатах попередніх трибологічних досліджень [1] та охоплює декілька стадій.

1. Дослідження структурних особливостей та властивостей високоефективних тертьових вторинних структур (антифрикційних, протизношувальних тощо), що утворюються на поверхнях металів у зонах контакту.

2. Розроблення технологій виготовлення та застосування (технологій мащення) мастильних матеріалів, орієнтованих на синтез функціональних покриттів.

Зроблено висновок, що мастильний матеріал як середовище для створення функціонального покриття на поверхні металу має особливості порівняно з антифрикційним мастильним матеріалом для тертьових металевих пар, оскільки значно посилюється роль технології мащення (способу нанесення на поверхню).

У випадку застосування базових (пластичних) мастил суттєвою є роль поліморфізму структури мила [2, 3]. Виявлено, що нагрівання особливо характерно віддзеркалюється на структурі кальційових мил (рис. 1). Для створення функціональних покриттів найоптимальнішим є введення нанонаповнювачів у плівку кальційового мастила з поліморфною модифікацією, що виникає за температури T_2 .

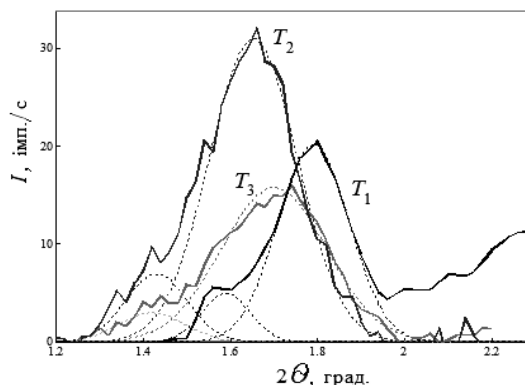


Рис. 1 – Рентгенограми 20 % суспензії CaSt_2 у вазеліновій оліві за температур: $T_1 < T_2 < T_3$ (лінії нормовано за амплітудою фонового розсіяння з наступним відніманням його рівня)

3. Модельні дослідження впливу мастильних матеріалів на утворення поверхневих структур металу в умовах електричного розряду.

Електроіскровий метод є одним з найбільш ефективних за впливом на структуру поверхневих шарів металів. З погляду на перебіг твердофазних реакцій ключовими є впливи органічної складової мастильного матеріалу та ПАР, які регулюють кінетику процесів окиснення-відновлення поверхні металів [4]. Вивчення структурних особливостей поверхневих шарів здійснювали з використанням спеціальної методології Оже-спектральних досліджень [5].

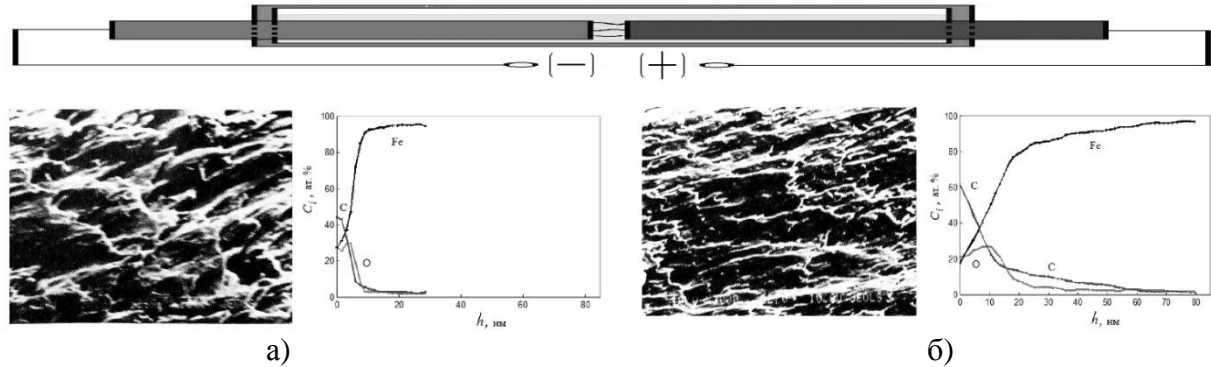


Рис. 2 – Мікроструктура поверхонь (x3000) та профілі елементів у поверхневих шарах сталі після оброблення електророзрядним методом у середовищі стеаринової кислоти. Зразок (поверхня торця електроду - вставка зверху) підключено: а) як катод та б) як анод.

Рис. 2 ілюструє, що в середовищі стеаринової кислоти під впливом електричного розряду відбувається ізоморфне щодо атомів заліза науглецювання достатньо товстого (за глибиною h) поверхневого шару сталі, якщо зразок підключено як анод (рис. 2, б).

4. Дослідження властивостей та експлуатаційних характеристик створених функціональних покриттів.

Результати проведених експериментів свідчать про можливість виникнення під впливом мастильного матеріалу не тільки в третю зону контакту, але й за умов електроіскрового розряду поверхневих комплексних утворень, що складаються з прошарків адгезійного та дифузійного походження. Характер твердофазних перетворень металу та товщини новоутворених поверхневих шарів залежать від природи та інтенсивності фізичного впливу на метал, але їх хімічний склад та структура обумовлені властивостями мастильного середовища, з яким контактує металева поверхня.

Отже, сучасний розвиток нанотехнологій сприяє створенню окремого класу мастильних синтез-матеріалів - як простих у використанні (методом намащування) технологічних середовищ, які забезпечують селективне науглецювання та легування активними елементами поверхневих шарів металу та їх необхідні функціональні властивості перед початком або під час експлуатації.

Список посилань

1. Міщук О. Мастильні матеріали для антифрикційних покриттів [Текст] / Поступ у нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості / Міщук О., Пшеничка О., Годун Б., Павловський А. // Матеріали VII міжн. н.-т. конф., м. Львів, 19-24 травня 2014 р. – Львів: Львівська політехніка, 2014. – С. 144–146.
2. Годун Б.А. Полиморфные превращения и структура литиевых мыл стеариновой и 12-оксистеариновой кислот [Текст] / Годун Б.А., Ищук Ю.Л., Подленных Л.В. // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51, № 5. – С. 984 – 987.
3. Ищук Ю.Л. Влияние температуры на структуру и свойства систем литиевое мыло - масло [Текст] / Ищук Ю.Л., Подленных Л.В., Годун Б.А. // ХТТМ. – 1989. – № 1. – С. 32 – 34.

4. Мищук О.А. Влияние органических молекул на изменение поверхностной концентрации кислорода при высокоскоростном нагревании металла [Текст] / Мищук О.А., Кобилинская И.Ф. // Катализ и нефтехимия. – 1996. – № 2. – С. 56-59. - http://kataliz.org.ua/arhiv/2_1996_ru.html#

5. Міщук О.О. Методологія Оже-спектрального дослідження тонкоплівкової структури поверхонь тертя [Текст]/ О. О. Міщук // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – Київ: НАУ-друк, 2010. – Вип. 53. – С. 59-70. - <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PTZ/article/view/3642/3701>

УДК 621.891, 620.194

Міщук О.О., канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.

Науково-дослідний інститут НДІНП “МАСМА”, Мінералогічний вулиця, м. Київ,
mishchuk@masma.ua

КВАНТОВО-РОЗМІРНІ РЕЛАКСАЦІЙНІ ЕФЕКТИ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ТЕРТЬОВОЇ КОНТАКТНОЇ ЗОНИ

Як відомо, деформаційні процеси під час тертя твердих тіл, зокрема багаторазово повторювані локальні «імпульсні» стискування на мікроконтактах активують механохімічні перетворення їх поверхневих шарів разом з адсорбованими плівками молекул, обумовлюючи легування динамічно зруйнованих ділянок кристалічної ґратки активними елементами мастильного середовища. Врешті решт, після початкового припрацювання твердих поверхонь за умов нормального граничного тертя для випадку металів виникає відтворювана в часі комплексна тонкоплівкова структура тертьової контактної зони [1], яка істотно впливає на всі триботехнічні властивості тертьової пари.

Яскравим прикладом синхронізації динамічних ефектів є утворення самоорганізованих вуглецевмісних вторинних структур (рис. 1,а - поверхневі плівки з «вигладженою» мікроструктурою сірого відтінку) під час тертя загартованих сталей мартенситного класу.

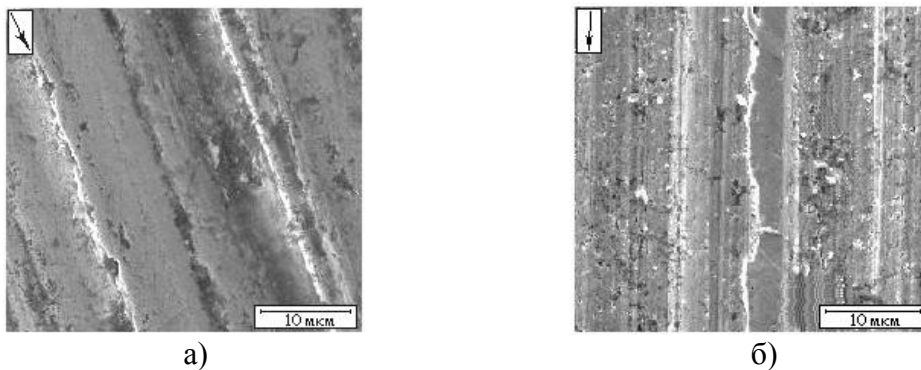


Рис. 1 – Електронні зображення (SEI) характерних мікроділянок тертьової поверхні сталі ШХ15 для стаціонарних куль чотирикулькової пари за різних температур випробування (390 Н; 1200 хв.⁻¹): а) 75 °С - утворення вуглецевмісних неорганічних плівок субмікронної товщини; б) 110 °С - зникнення вказаної мікроструктури поверхні; її залишкова смуга в центрі. Стрілки вказують напрямок дії сили тертя.

Метою даної роботи є виявлення та ілюстрація квантово-розмірних плівок, здатних локалізувати та синхронізувати кінетику наноструктурних перетворень. Досліджували тільки характерні для нормального режиму граничного тертя мікроділянки поверхонь сталевих пар. Використовували методи електронної спектроскопії та наноскопічного йонного розпорощення поверхонь у вакуумній камері Оже-мікросонду.

Головним джерелом надлишкового вуглецю в поверхневих шарах сталі під час тертя є вуглеводневе середовище. Але різнобічний аналіз експериментальних даних засвідчив зв'язок між виникненням вуглецевмісних вторинних структур (рис. 1,а) та механізмами динамічного відпуску мартенситу в сталях. Зокрема, збільшення інтегральної температури

контактної зони за однакових інших умов експерименту вище критичного значення (80-100 °C), з якого інтенсифікується звичайний термічний розклад мартенситу, різко пригнічує процеси утворення вказаних структур та обумовлює їх зникнення з поверхні металу (рис. 1,б). Нові плівки мають у рази менші товщини та концентрацію вуглецю.

Виявлено, що за температур, нижчих за вказані критичні, материнською для наступних перетворень стає вже релаксаційна структура поверхневої плівки перехідних карбідних сполук заліза, в якій (як наслідок її самоорганізації) задана відповідна концентрація катіонів металу, а вуглець заміщується електронегативними елементами (рис. 2). Подібна структура відтворюється в умовах нормального граничного тертя в доволі широкому діапазоні навантажень сталеві пари, хоча й з посиленням ступеню її окиснення.

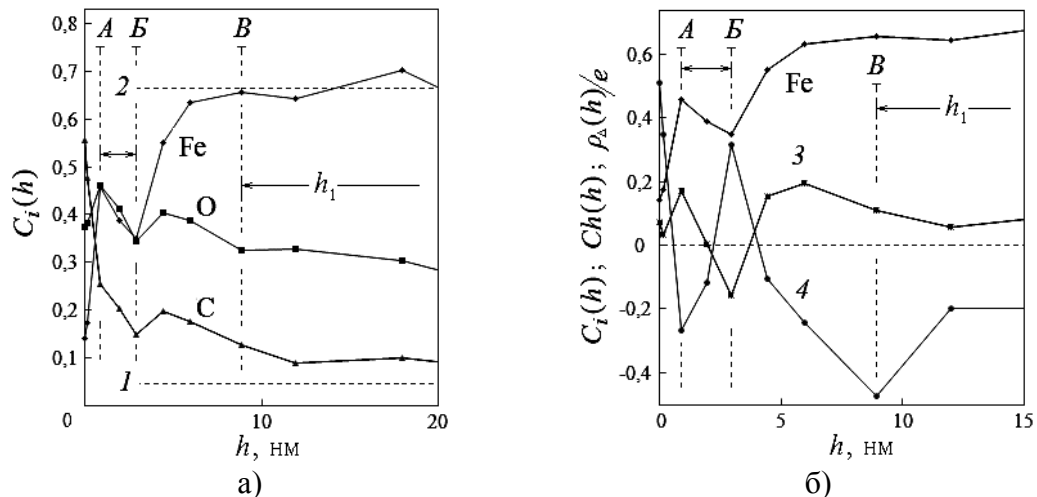


Рис. 2 – Властивості поверхневих наночарів вуглецевмісних неорганічних субмікронних плівок (рис. 1,а). Профілі поперечного розподілу за глибиною h : а) атомарних концентрацій ($0 \leq C_i(h) \leq 1$) заліза, кисню і вуглецю та б) характеристичних величин $Ch(h)$ та $\rho_{\Delta}(h)$ (профіль концентрації заліза в обох частинах а) та б) для наочності повторюється). Мікроконтакт зі спряженою поверхнею контрзразка третьової пари відбувався в точці $h=0$. Позначення: 1 - ілюструє рівень концентрації вуглецю в об'ємній кристалічній ґратці сталі ШХ15; 2 - рівень концентрації заліза в структурі карбіду перехідного типу (ϵ -карбіді); 3 - профіль елементної щільності поверхневих наночарів $Ch(h)$ [1]; 4 - профіль компенсаційного електростатичного заряду атомарно-тонких структурних прошарків $\rho_{\Delta}(h)/e$ [2-4], де e - елементарний заряд; А, В та В - виявлені нанофазні границі; h_1 - ілюструє «вершину» ущільненого наночару на поверхні субмікронної плівки.

В межах даного релаксаційного субмікронного шару на поверхні сталі виникає комплексна тонкоплівкова система: сталь \rightarrow вуглецевмісна вторинна структура \rightarrow нанозернений шар h_1 \rightarrow наночар оксокарбідів заліза АВ (рис. 2) \rightarrow атомарно-тонкий відновлений оксид графена (rGO). Квантово-розмірні релаксаційні ефекти, як й селективні щодо проникнення елементів мембранні властивості пов'язані з динамічним відтворенням плівок поверхневого оксиду графену та наночару АВ [2, 3].

Подібні ж концентраційні, температурні та структурні ефекти виявлено для пари бронза-сталь [1, 5], в якій, зокрема, з боку поверхні бронзи утворюється концентрований вуглецевмісний поверхневий шар міді («сервовітна» плівка).

Список посилань

1. Міщук О.О. Тонкоплівкові аспекти структурної релаксації третьової контактної зони: Дослідження методами електронної спектроскопії [Текст] / О.О. Міщук / Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу-2017», м. Херсон, 12-17 вересня 2017 р. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 176–180. – <http://kntu.net.ua/index.php/ukr/content/download/51657/304791>

2. Мищук О.А. Влияние углерода на изменение структуры поверхностного слоя металлов при трении [Текст] / О. А. Мищук, Б. А. Годун // Трение и износ.– 1993. – Т.14, № 2. – С. 407-411.

3. Міщук О.О. Поверхнева активність мастильного середовища при терті: Її вплив на стан приповерхневих мікрооб'ємів металу [Текст] / О. О. Міщук, Ю. Л. Іщук // Катализ и нефтехимия. – 1996. – № 2. – С. 50-55. - http://kataliz.org.ua/arhiv/2_1996_ru.html#

4. Міщук О.О. Тонкоплівкові властивості приповерхневих мікрооб'ємів металу, сформованих тертям [Текст] / О. О. Міщук, О. В. Телемко, Ю. Г. Горпинко //Фізика і хімія твердого тіла. – 2002. – Т. 3, № 3. – С. 491-497. - http://www.pu.if.ua/inst/phys_che/start/pcss/vol3/0303-18.pdf

5. Кіндрачук М.В. Властивості поверхонь тертя пари бронза-сталь [Текст] / Кіндрачук М.В., Міщук О.О., Данілов А.П., Хлевна Ю.Л. // Успехи физики металлов. – 2013. – Т. 14, № 1. – С. 85-106. - <http://ufm.imp.kiev.ua/article/v14/i01/Usp.Fiz.Met.14.085.pdf>.

УДК 62-229.32

Новік М.А., канд. техн. наук, доцент
Юрчишин О.Я., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», kvm_mmi@ukr.net

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ЗАТИСКУ ТА РОЗТИСКУ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ТРИКАМЕРНОГО ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА

В роботі розглядаються два варіанти виконання затиску і розтискання гідромеханічного трикамерного затискного патрона. Перший варіант полягає в тому, що тиск живлення подається спочатку одночасно в три камери, а потім в дві (одна з'єднується з атмосферою) як при затиску так і при розтисканні.

На рис.1 показано схема гідромеханічного трикамерного затискного патрона [1].

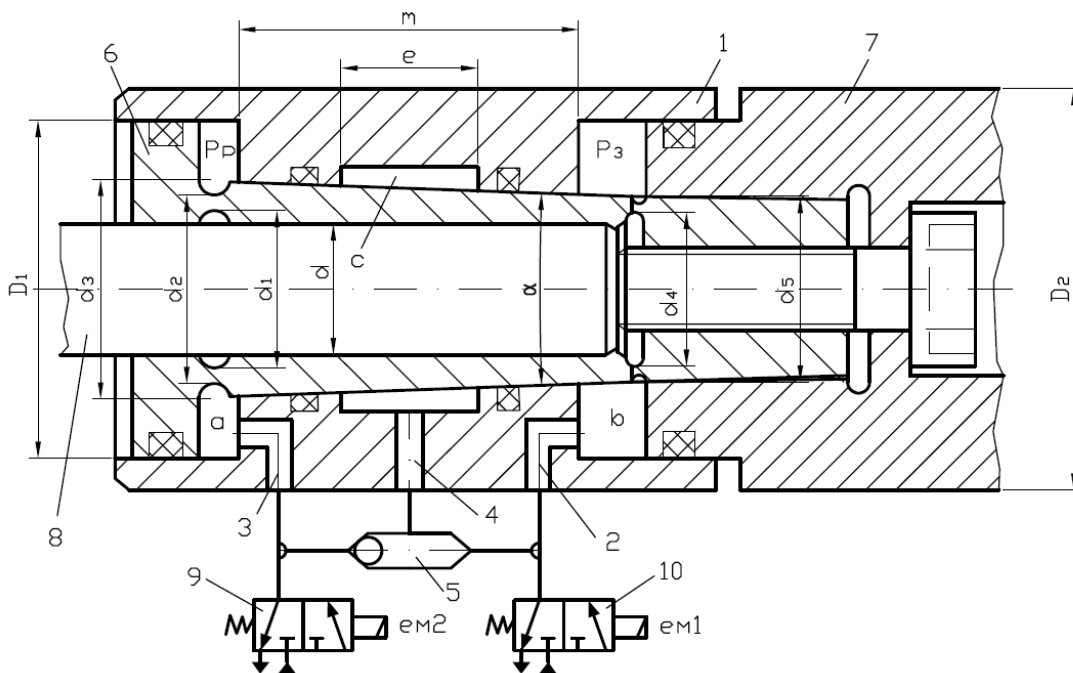


Рис. 1 – Схема гідромеханічного трикамерного затискного патрона

Гідромеханічний трикамерний затискний патрон складається з рухомої втулки 1 з каналами живлення 2, 3, 4 і клапана «Або» 5. Рухома втулка 1 спряжена по конічній поверхні з затискною втулкою 6, яка прикріплена до хвостовика патрона 7. Рухома втулка 1, затискна втулка 6 і хвостовик 7 утворюють герметичні робочі камери: *a* – камера розтискання; *b* – камера затиску і *c* – камера радіального розтискання. В циліндричному отворі затискної втулки 6 розміщений хвостовик інструмента (свердла або фрези) 8.

Рухома втулка 1 і затискна втулка 6 спряжені по конічним поверхням з кутом конусності α , який менший від кута самогальмування. Тиск живлення до каналів 2, 3, 4 і до вхідних каналів клапана «Або» 5 підводиться від розподільників 9 і 10.

Процес затиску-розтиску виконується наступним чином. У вихідному положенні електромагніти $em1$ і $em2$ розподільників 10 і 9 знеструмлені. При цьому камери a , b , c з'єднані з атмосферою, рухома втулка 1 знаходиться в крайньому правому положенні (за кресленням) і тисне на затискну втулку 6 незначним радіальним зусиллям. В такому положенні рухомої втулки 1 в отвір затискної втулки 6 розміщується хвостовик інструмента 8 (або деталь). Після розміщення хвостовика інструмента 8 в отворі затискної втулки 6 подається одночасно напруга на електромагніти $em1$ і $em2$ при цьому розподільники 10 і 9 перемикаються ліворуч (за кресленням) і тиск живлення одночасно підводиться до камер a , b і c . За рахунок цього рухома втулка 1 відтискується в радіальному напрямку від затискної втулки 6. Після цього знеструмлюється електромагніт $em2$, розподільник 9 перемикається праворуч і з'єднує камеру a з атмосферою (зливом). При цьому на рухому втулку 1 діє тиск живлення, який підведений до камер c і b . Під дією тиску в камерах c і b рухома втулка 1 відтискується в радіальному напрямку від затискної втулки 6, а під дією тиску в камері b , що діє в осьовому напрямку на торцеву кільцеву поверхню рухомої втулки 1 зміщається в ліворуч відносно затискної втулки 6 і навантажує її радіальним зусиллям. При цьому, затискна втулка 6 деформується в радіальному напрямку і стискує хвостовик інструмента 8. По закінченню переміщення рухомої втулки 1 ліворуч подається команда на знеструмлення електромагніта $em1$, при цьому розподільник 10 перемикається праворуч і з'єднує камери b і c з атмосферою (зливом). Внаслідок чого затискна втулка 6 додатково навантажується пружним радіальним зусиллям від втулки 1, при цьому хвостовик інструмента 8 теж додатково стискується затискною втулкою 6.

Розтискання хвостовика інструмента 8 здійснюється аналогічно затиску. Спочатку подається напруга одночасно на електромагніти $em1$ і $em2$ розподільників 10 і 9, які перемикаються ліворуч і тиск живлення одночасно поступає в камери a , b і c . Під дією тиску в камерах a , b і c рухома втулка 1 відтискується від затискної втулки 6 в радіальному напрямку. Після чого знеструмлюється електромагніт $em1$, розподільник 10 перемикається ліворуч і з'єднує камеру з атмосферою (зливом), а рухома втулка 1 під дією тиску в камері a рухається праворуч, а під дією тисків в камерах a і c відтискується від затискної втулки втулки 6, що веде до розтиску хвостовика інструмента 8. Після розтискання знеструмлюється електромагніт $em2$, розподільник 9 перемикається праворуч і з'єднує камери a і c з атмосферою.

Таким чином, одночасна подача тиску живлення в камери a , b і c як при затиску, так і при розтиску патрона обумовлює зменшення зусилля тертя в процесі руху втулки 1 і обумовлює додаткове зусилля затиску інструмента.

Теоретичні і експериментальні дослідження процесу затиску-розтиску трикамерного затискного патрона показали, що при виконанні розглянутої послідовності процесу затиску-розтиску в порівнянні з процесом затиску-розтиску, коли тиск подається тільки в одну робочу камеру, тиск живлення суттєво зменшується при забезпеченні заданих зусиль затиску-розтиску.

Список посилань

1. Патент України №109332 МПК В23В31/30 (2006.01). Гідромеханічний затискний патрон / Новік М.А., Музиченко В.В., власники: Новік М.А., Музиченко В.В., Бюл. №15 від 10.08.2015 р.

УДК 621.833.65

Тігарєв В.М., канд. техн. наук, доцент

Гончаренко А.О., студент

Медведєв А.А., студент

Одеський національний політехнічний університет, volodymyr_t@ukr.net

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАМИ ЕЛЕКТРОСКУТЕРА

Шасі електроскутера призначено для включення двох коліс у структуру з жорсткістю на згин та кручення, тобто таку, яка не буде ні прогинатися, ні викручуватися. Воно повинно бути здатне підтримувати всі компоненти і пасажирів, а також вбирати в себе всі подані на неї навантаження без надмірних відхилень. Шасі є засобом досягнення цієї мети.

Проектування рами електроскутера з використання сучасних комп'ютерних технологій дозволяє скоротити час, підвищить точність, створити комп'ютерну модель для проведення аналізу механічних навантажень. Проектування рам можливо у різних САД системах. Приклади комп'ютерної моделі рами автомобіля наведено у [1-4]. Подібним чином можливо створити комп'ютерну модель рами електроскутера. Дану задачу зручніше вирішити за допомогою САПР Autodesk Inventor Professional, яка дозволяє створити параметричну тривимірну модель просторової рами електроскутера в розділі «Проектування рам». Параметризація дозволяє провести аналіз створеної моделі для різноманітних профілів елементів конструкції.

Побудова просторової рами має деякі особливості порівняно зі звичними збірками, зібраними зі звичних змодельованих деталей. Для того необхідно щоб модель можна було тестувати в середовищі «Аналіз рам», вона повинна бути створена зі спеціальних профільних елементів. Наступним є завдання стандартного профілю необхідний попередньо створений ескіз, введений в середовище збірки у якості компоненту (профіль задається лише в середовищі збірки). Головне те, що для моделі необхідна наявність декількох підрівнів деталізації (збірки в збірках), це надає певну свободу контролю над різними компонентами та рівнями деталізації. Блок схема загального підходу створення та аналізу просторової рами електроскутера наведено на рис. 1.

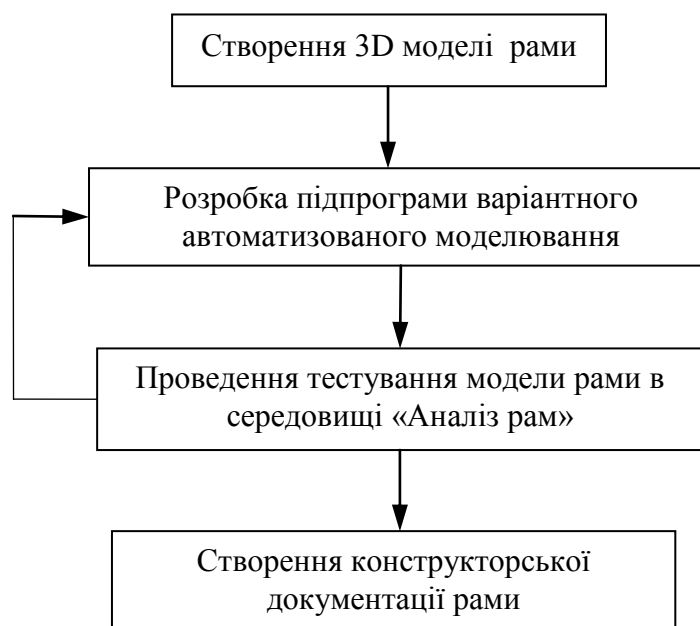


Рис. 1 – Блок схема створення та аналізу моделі рами електроскутера

Розглянемо детально блок схему. При проектуванні об'єктів за допомогою САПР Autodesk Inventor Professional створюємо тривимірну модель на основі каркасно-векторної моделі. Використовував створену параметричну модель розробимо підпрограму варіантного автоматизованого моделювання. Для створення підпрограми у САПР Autodesk Inventor Professional є вбудований модуль ILogic. Використовуючи підпрограму проведемо тестування різноманітних варіантів моделі рами в середовищі «Аналіз рам». На основі проведеного тестування розробляємо конструкторську документацію рами електроскутера.

Створення параметричної тривимірної моделі просторової рами електроскутера має наступні етапи.

На першому етапі створюємо тривимірну каркасно-векторної модель рами, яка створена з ескізів моделі основи рами, ескізів поперечних елементів рами та елементів жорсткості.

На другому етапі проводимо профілювання основи та поперечних елементів рами та профілювання елементів жорсткості.

На третьому етапі проводимо під'єднання компонентів у параметричну тривимірну модель просторової рами.



Рис. 2 – Остаточний вигляд рамис

Тестування параметричної тривимірної моделі просторової рами електроскутера проводимо у середовищі «Аналіз рам». Отримані результати дозволять спроектувати раму електроскутера оптимальної конфігурації та надійності.

Список посилань

1. Тонконогий В.М. Розробка параметричної тривимірної моделі просторової рами автомобіля. / В.М. Тонконогий, В.М. Тігарев, К.В. Козирева // Сучасні технології в машинобудуванні. – Вип. 9, ХАРЬКІВ НТУ "ХПІ", 2014, – с. 216 – 228.
2. Michael Costin, David Phipps. Racing and sports car chassis design. – London: B. T. BATSFORD LTD, 1965, – 146с.
3. Фентон Дж. Несущий каркас кузова автомобиля и его расчет. / Фентон Дж. – М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.
4. Пронин В.А. Основы проектирования рамных конструкций: Методические указания для студентов всех специальностей всех форм обучения. / Пронин В.А., Цыганков А.В., Шляховецкий Д.В. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 42 с.

УДК 658.512:658.52.011.56

Сусла Д.В., магістрант

Стельмах Н.В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», dimonsusla6@gmail.com

ПОКРАЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК СУЧАСНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ DESIGN FOR ASSEMBLY

Етап проектування - тривалий та ітеративний процес розробки певних продуктів. Витрати на виробництво/складання вирішуються на етапі проектування, оскільки його визначення має тенденцію впливати на вибір матеріалів, верстатів та людських ресурсів, які використовуються у виробничому процесі. Design for assembly (DfA) - це методологія, яка дає проектувальнику інструкцію, щоб продукт міг бути розроблений таким чином, який сприяє покращенню процесу складання [1]. DfA означає, що компоненти розроблені для оптимізації правильного складання і, отже, для правильної роботи. Це додатково означає меншу кількість витрачених даремно частин, більш високу ефективність і надійність, а також кращий фінансовий прибуток. Оптимізація складання деталей повинна починатися з концептуалізації, проходити дизайн продукту і закінчуватися виробництвом [2]. Ось деякі з факторів, які розробники повинні враховувати при втіленні ідеї в реальність:

- Мінімізувати кількість компонентів шляхом включення кількох функцій в одній частині.

- Модулювати кілька частин в одну підбірку.

- Збирати на відкритому просторі, а не в замкнутих просторах; не ховати важливих компонентів.

- Виготовляти такі деталі, які легко визначити, як вони повинні бути орієнтовані для вставки.

- Віддавати перевагу самостійному пошуку запчастин.

- Стандартизації, щоб зменшити частину різних деталей.

- Збільшити частину симетрії.

- Усунути складні частини.

- Запобігти розкрою деталей.

- Забезпечити орієнтування об'єктів на не симетрії.

- Створіть супровідні функції для зручної вставки.

- Забезпечити функції вирівнювання.

- Вставляти нові деталі в збірку згори.

- Усунути переорієнтацію деталей і складальних частин.

- Усунути кріплення.

- Місце кріплення без перешкод.

- Глибокі канали повинні бути достатньо широкими, щоб забезпечити доступ до кріплення.

- Використовувати легко оброблювальні деталі.

Джерелом успіху DFMA є можливість аналізу технологічності конструкції вже на ранніх стадіях проектування, до того, як визначені витрати на виробництво виробу [3]. Як показують результати практичного застосування, крім зниження витрат, використання методології DFMA вносить також значний внесок у поліпшення якості і в скорочення часу впровадження виробу на ринок.

Список посилань

1. De Fazio, T. L., Rhee, S. J., Whitney, D. E. Design Specific Approach to Design for Assembly (DFA) for Complex Mechanical Assemblies. IEEE Robotics and Automation. 1999; 15(5):869-881.

2. Stelmakh, N. V., "Formation of the Model Structure of Assembly Products in Instrument-Making," Naukovi Visti of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 1, 106-110 (2013). doi.org/10.20535/1810-0546.2013.1.90717

3. Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst and Winston A. Knight. Product Design for Manufacture and Assembly, 3rd Edition, USA: CRC Press, 2011.

УДК 621.941:534.637

Осадчий О.А., канд. техн. наук, ст. викладач

Рижук Я.О., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», osadchiyoa@ukr.net

Девін Л.М., докт. техн. наук, професор

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України, ldevin@ism.kiev.ua

ЗМЕНШЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ РУЙНУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ПЛАСТИН З КНБ ЗА РАХУНОК ЗБІЛЬШЕННЯ ДЕМПФУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЖАВКИ РІЗЦЯ

Полікристалічні надтверді матеріали, що використовуються для виготовлення різальних частин інструментів, наряду з високою твердістю і зносостійкістю, відрізняються широким діапазоном характеристик міцності. В той же час 30-50% різців, що використовуються в промисловості виходять з ладу в результаті поломок. До 60% випадків втручання оператора для підтримки працездатності токарних верстатів з ЧПК спричинено руйнуванням різального інструменту. Таким чином, зростають вимоги до надійності різального інструменту.

Для оцінки працездатності різальних інструментів застосовують різноманітні критерії. Найбільш часто оцінюють стійкість, тобто час від початку експлуатації до критичного зносу різального леза [1]. Для цього проводять тривалі випробування і визначають інтенсивність зношування при фіксованих, як правило, оптимальних режимах різання, а також стійкість (час від початку експлуатації різця до повного його зносу).

Крім того, оцінюють стабільність роботи інструменту при цих же режимах, застосовуючи різноманітні методики, що враховують стохастичну природу міцності і самого процесу різання. В якості критерію оцінки стабільності використовують або гамма-відсотковий ресурс, або ймовірність руйнування при конкретних режимах обробки і геометрії інструменту [2, 3].

Обидва цих підходи оцінки працездатності різців доповнюють один одного, оскільки стійкість і ймовірність руйнування характеризують різні аспекти якості інструменту і входять в загальному виді в поняття «надійність» згідно ГОСТ 27.002–89. Випробування на стійкість дуже трудомісткі по затратам часу і розходу оброблюваного матеріалу, що переходить в стружку. В якості альтернативи випробуванням на стійкість вимірюють твердість інструментальних матеріалів і по ній проводять порівняльну оцінку різних матеріалів при їх виборі з існуючих або оптимізують структуру нових інструментальних матеріалів.

Нажаль, для оцінки ймовірності руйнування лезових інструментів твердість не підходить. Це пов'язано з тим, що часто підвищення твердості призводить до зменшення міцності і тріщиностійкості (тобто до підвищення крихкості) інструментальних матеріалів. Крім того, на ймовірність руйнування може суттєво вплинути зміна геометрії різця, властивостей оброблюваного матеріалу, умов обробки, режимів різання, наявності і характер ударних навантажень, биття, коливання припуску на обробку та інше. Таким чином очевидно, що оцінка ймовірності руйнування потребує знання та врахування властивостей інструментального та оброблюваного матеріалів, а також зміни напружень на гранях різця в процесі різання.

Для оцінки ймовірності руйнування інструмента застосовували оригінальний метод, що ґрунтується на аналізі диференціальних функцій статистичного розподілу міцності при розтягу S_p та стиску S_c інструментального матеріалу і диференціальних функцій розподілу напружень в небезпечних точках на передній (SR_{11}) і задній (SR_3) гранях різця [4]. Для

визначення межі міцності інструментальних матеріалів при статичних і динамічних навантаженнях використовували зразки в формі круглих пластин, які по формі і розмірам відповідали реальним різальним пластинам.

Була проведена оцінка надійності різця, яку здійснювали за допомогою розрахунково-експериментального методу визначення ймовірності його руйнування. Для оцінки надійності різця нами використовувався приведений вище розрахунково-експериментальний метод визначення ймовірності руйнування. Це особливо важливо для чистового точіння загартованих сталей інструментом з ПНТМ, коли при малій товщині зрізуваного шару матеріалу на задній поверхні площини зносу різця виникають великі контактні напруження. По мірі зносу різця і зміни твердості оброблюваного матеріалу це призводило до зміни рівня напружень, а іноді і до перерозподілу знаку напружень між поверхнями. Для інструменту з ПНТМ найбільш небезпечно виникнення розтягуючих напружень на задній поверхні або значних по величині стискаючих напружень – на передній.

Дослідження по впливу демпфування різця на ймовірність руйнування різальних пластин з КНБ провели при чистовому точінні загартованої сталі ХВГ твердістю 58...62 HRC. В якості різального інструменту використовували різець оригінальної конструкції, що має елементи з високодемпфуючих матеріалів [5]. В якості демпфуючих вставок використовували ряд матеріалів з різними демпфуючими властивостями: сталь 40X, твердий сплав ВК8, сірий чавун СЧ15, нікеліди титану TiNi (литий та «авібрит»), трьохфазну кераміку Ti-Al-C, Ti-Si-C [6]. Демпфуючі характеристики демпфуючих елементів визначали за оригінальною методикою [7]. Розрахунок напружень на передній та задній гранях різального інструменту, а також ймовірності руйнування різця з КНБ здійснювали у відповідності з методикою [4].

Встановлено, що для обробки загартованих сталей з твердістю 58...62 HRC та при швидкостях різання більше 2 м/с, доцільно використовувати демпфуючі вставки з трьохфазних керамік Ti-Al-C та Ti-Si-C, які не втрачають демпфуючі властивості при високих швидкостях різання, на відміну від вставок з TiNi.

Встановлені оптимальні режими чистового точіння загартованих сталей для зменшення ймовірності руйнування різального інструменту з КНБ для різців із демпфуючими елементами з TiNi. Такі режими для чистового точіння становлять $v = 1 - 2$ м/с, $S = 0,08 - 0,2$ мм/об.

Список посилань

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение. 1980. – 320 с.
2. Девин Л.Н. Прогнозирование вероятности разрушения резцов на основе КНБ / Девин Л.Н., Вильгельм М. // Сверхтвердые материалы. – 1992, № 6 – С.41-46.
3. Бетанели А.И. Прочность и надежность режущего инструмента / А.И. Бетанели. – Тб.: Сабчота Сакартвело, 1973. – 304 с.
4. Девин Л.М. Вплив демпфуючих властивостей різця на ймовірність руйнування пластин з КНБ / Л.М. Девин, О.А. Осадчий, В.М. Козін-Піддубний // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сборник научных трудов. – Вып.19. – Киев: ИСМ им.В.Н.Бакуля, НАН Украины, 2015. – С.409-415.
5. Девин Л.Н. Повышение эксплуатационных характеристик резцов из КНБ путем увеличения их демпфирующих свойств / Л.Н. Девин, А.А. Осадчий // Сверхтвердые материалы. – 2012. – № 5. – С. 62–71.
6. Старостина А.В. Исследование демпфирующих свойств материалов на основе МАХ фазы Ti_3AlC_2 / Старостина А.В., Прихна Т.А., Осадчий А.В., Карпец М.В., Ковыляев В.В., Девин Л.Н., Свердун В.Б., Мощиль В.Е., Козырев А.В., Кузнецов Р.А. // Проблемы современного физического материаловедения. - 2011. - №20. - С. 73-79.
7. Devin L.M. Application of acoustic methods for the monitoring of products made of hard alloys / L.M. Devin, V.P. Bondarenko, O.A. Osadchyi, T.V. Nimchenko // Mater. Sci. – 2009. – 45 (3). – P. 392–398.

УДК 621.941

Осадчий О.А., канд. техн. наук, ст. викладач

Доценко О.К., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», osadchiyoa@ukr.net

ВПЛИВ ДЕМПФУВАННЯ РІЗАЛЬНОЇ ПЛАСТИНИ З КНБ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ

У сучасній промисловості найбільш ефективними при обробці загартованих сталей є інструменти, оснащені полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ) на основі кубічного нітриду бору (КНБ). Чистова токарна обробка деталей із загартованих сталей інструментом з КНБ дозволяє в деяких випадках відмовитися від шліфування. У той же час, дослідженнями вітчизняних і закордонних вчених встановлено, що якість обробленої поверхні деталей істотно залежить від амплітуди коливань під час обробки [1]. Коливання при різанні призводять до зниження точності і шорсткості обробленої поверхні виробів, тому боротьба з шкідливими вібраціями особливо важлива для процесів чистового точіння.

У зв'язку з цим, метою даної роботи було зменшити шорсткість обробленої поверхні при чистовому точінні загартованих сталей інструментом з КНБ за рахунок зниження амплітуди коливань при різанні шляхом застосування в конструкції інструменту демпфуючих елементів з матеріалів з високими демпфуючими властивостями. Для виконання поставленого завдання був розроблений інструмент, який містив елементи з високодемпфуючих матеріалів [1, 2].

Експерименти провели при точінні загартованої сталі ХВГ твердістю 58 ... 62 HRC на верстаті ТПК-125ВМ. Геометричні параметри інструменту: $\gamma = -10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 45^\circ$. Використовували ріжучі пластини з киборита типорозміру SNMN-060312-M. Як демпфуючих елементів використовували вставки з TiNi. Порівнювали зі стандартним інструментом з твердосплавної підкладкою. Режими різання: $v = 2$ м / с; $S = 0,15$ мм / об.; $t = 0,1$ мм. Шорсткість обробленої поверхні вимірювали за допомогою профілометра Surtronic 3 англійської фірми Renk Taylor-Hobson.

При використанні вставок з твердого сплаву шорсткість обробленої поверхні становила $R_a = 1,11 - 1,68$ мкм, а при використанні демпфуючих вставок з TiNi - $R_a = 0,62 - 1,23$ мкм. Таким чином, збільшення демпфуючих властивостей різця дозволило отримати шорсткість обробленої поверхні R_a на 35 - 45% краще в порівнянні зі стандартним інструментом, що чітко корелює зі зменшенням амплітуди коливань при точінні. Так, в період припрацювання (до зносу $h_3 = 0,1$ мм), зі збільшенням зносу інструменту по задній поверхні, величина амплітуди коливань зменшувалася. При значеннях зносу по задній поверхні $h_3 = 0,1-0,25$ мм (період нормального зносу) амплітуда вібрацій і відповідно шорсткість обробленої поверхні були мінімальні. Подальше збільшення зносу ($h_3 > 0,25$ мм) призвело до зростання амплітуди вібрацій і, як наслідок, зростання шорсткості поверхні.

Така залежність пояснюється протидією двох факторів. З одного боку, стрічка зносу з заднім кутом $\alpha = 0^\circ$ протидіє заглибленню інструменту в поверхню різання при вібраціях і збільшує демпфування. З іншого боку, збільшення зносу призводить до збільшення сил різання і тертя і як наслідок до збільшення амплітуди коливань.

Список посилань

1. Девин Л.Н. Повышение эксплуатационных характеристик резцов из КНБ путем увеличения их демпфирующих свойств / Л.Н. Девин, А.А. Осадчий // Сверхтвердые материалы. – 2012. – № 5. – С. 62–71.

2. Devin L.M. Application of acoustic methods for the monitoring of products made of hard alloys / L.M. Devin, V.P. Bondarenko, O.A. Osadchyi, T.V. Nimchenko // Mater. Sci. – 2009. – 45 (3). – P. 392–398.

УДК 621.923

Мозговий О.В., канд.техн.наук, доцент

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
mavimfto@gmail.com

Тітов А.В., канд.техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», avt.kpi@gmail.com

Герасимова О.В.

Національний авіаційний університет, dellta_tt@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЧНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ АЛМАЗНИМ ВИГЛАДЖУВАННЯМ

Сучасна промисловість потребує економічних видів металопродукції, поліпшення техніко-економічних показників і підвищення характеристик міцності конструкційних матеріалів. Особливо актуальним це є в авіабудуванні. Вирішення існуючих проблем можливе при науково обґрунтованих і принципово нових прогресивних технологіях обробки конструкційних матеріалів на основі знання механізмів і кінетики структурних і фазових перетворень в них, які відбуваються в метастабільних станах металів і сплавів.

Наряду з традиційними методами визначення структурного стану, надійності і ресурсу матеріалів використовується метод механічної спектроскопії, аналітичні можливості якого широко використовуються при вивченні будови і процесів, які формують їх конструкційні властивості. Механічна спектроскопія як метод пружних і непружних властивостей матеріалів опирається на їх властивості розсіювати енергію механічних коливань. Фізичні параметри, отримані за допомогою даного методу, корелюють з пошкодженістю матеріалів.

Метали, поверхня яких зазнала поверхневого пластичного деформування можна віднести до матеріалів з неоднорідною структурою. Пластична деформація зміцнює поверхневий шар, структура якого відрізняється від основного металу. Глибина зміцнення залежить від технології і режимів обробки, а також потреби величини структурних змін.

Розглянемо тонкостінний вал газотурбінного двигуна. Аналіз технологій виготовлення показує, що ефективною фінішною операцією виготовлення валів є поверхнєве пластичне деформування – алмазне вигладжування [1].

У поперечному перерізі стінку такого валу можна розглядати як систему з однорідного матеріалу з різними механічними характеристиками. Для дослідження зразки були вирізані із стінок вздовж осі валу, який прошов повний цикл виготовлення з різними режимами поверхневого пластичного деформування алмазним вигладжуванням (сила притиску алмазного наконечника до поверхні валу змінювалась від 50 Н до 300 Н). Враховуючи зміну зміцнення матеріалу вала газотурбінного двигуна в глибину від поверхні до середини, отримані зразки можна вважати багатошаровими стержнями з різними механічними характеристиками кожного шару. Оцінити ефективність зміцнення поверхневого шару можна за допомогою теоретичних розрахунків та за відкликом на механічну дію в інфразвуковому та звуковому діапазонах, виходячи із нелінійної залежності між напруженнями і деформаціями, яка описує розсіювання механічної енергії.

Запропонована математична модель для аналізу розсіювання механічної енергії дає змогу вирішити пряму задачу – визначення вихідних характеристик коливних систем при заданих початкових параметрах: модулі пружності і декременти матеріалу шарів,

конструктивні розміри і форми коливань. Розрахунки проводились з використанням програми Mathcad.

Рішення прямої задачі дало змогу розв'язати обернену задачу, при вирішенні якої задаються вихідні параметри механічних характеристик, які необхідні при експлуатації і визначаються оптимальні характеристики вхідних параметрів матеріалу стержня.

При побудові математичної моделі стержень розглядали як трьохшаровий: два зовнішніх шари з поліпшеними характеристиками міцності і середній шар має властивості матеріалу зразка у початковому стані. Модель тришарового стержня базується на гіпотезі плоских перерізів і відповідних енергетичних формулюваннях [2]. Результати теоретичних обчислень параметрів розсіяння механічної енергії за відомими механічними характеристиками, геометричними розмірами зразків підтверджуються експериментальними даними. Що дало змогу обґрунтувати залежність від власних значень матриці системи диференціальних рівнянь фізичного стану зв'язної системи матеріальних точок, яка прийнята в якості моделі внутрішнього розсіювання енергії. Проведена оптимізація параметрів матриці мас, жорсткості, модулів Юнга, декрементів затухання кожного шару, кількості шарів дозволяє встановити рівноважний стан моделі.

Показано, що ускладнення зв'язної системи матеріальних точок, як і ряду інших моделей, приводить до системи жорстких диференціальних рівнянь, для побудови наближених рішень яких використані гіперболічні многочлени, що утворюють повний базис, а отже, забезпечують рішення при різних варіаціях коефіцієнтів та правих частин систем рівнянь.

Вимірювання внутрішнього тертя (ВТ) проводили на оберненому крутильному маятнику. Амплітуда зсувної деформації при крученні змінювалась від $5 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-3}$, частота коливань - 1,5 Гц. Реєстрацію амплітуди проводили оптичним методом.

Аналіз отриманих результатів свідчить про складні структурні перетворення, які відбуваються в матеріалі в процесі технологічної обробки. На температурних залежностях ВТ спостерігаються невеликі піки і перегини як у низькотемпературній так і у високотемпературній областях. Ці ефекти пов'язані з відомою релаксацією Снука – Кестера (423-523 К). Величина попередньої пластичної деформації впливає на нахил високотемпературної кривої ВТ до шкали температур, а також на величину фону.

Дослідження амплітудної залежності ВТ вказує на стадійність розвитку мікропластичної деформації даної сталі. На залежностях ВТ від амплітуди спостерігаються невеликі прямолінійні ділянки амплітудно-незалежного і амплітудно-залежного ВТ. В залежності від величини притиску алмазного наконечника до поверхні валу змінюється нахил ділянок в амплітудно-залежній області до осі амплітуди деформації. Виявлено непогану кореляцію між зміною параметрів механічної спектроскопії з механічними характеристиками досліджуваних матеріалів, наприклад, межею витривалості.

Використання у роботі методу механічної спектроскопії в інфра- та звуковій області частот при дослідженні ефективності зміцнення поверхні деталей і матеріалів, з яких вони виготовляються, алмазним виглаживанням дозволяє встановлювати оптимальні технологічні режими їх виготовлення, початкові фізико-механічні параметри матеріалу, надійність і ресурс деталей та агрегатів, а також формувати необхідні будову, геометричні та фізичні параметри у неоднорідних за структурою матеріалах.

Список посилань

1. Богуслаев В. А. Формирование параметров качества несущих поверхностей валов ГТД алмазным выглаживанием [Текст] / В. А. Богуслаев, В. Ф. Мозговой, А. Я. Качан, В. А. Титов, А. И. Попенко // Вестник двигателестроения, 2003. – №1. – С. 84 – 89.
2. Хильчевский В. В. Рассеяние энергии при колебаниях тонкостенных элементов конструкции [Текст] / В. В. Хильчевский, В. Г. Дубенец. – К. : Вища школа, 1977. – 256 с.

УДК 621.941.323

Буховець В.М., асистент

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, kaf_vi@tu.edu.te.ua

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЛЬНОЇ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ НА ТОКАРНИХ ВЕРСТАТАХ

При використанні широкодіапазонних цангових патронів для затиску заготовок з відхиленнями діаметра до 2-3 мм важливе значення має забезпечення радіальної точності обробки відповідно до креслень деталей. Для цього запропоновано конструкції широкодіапазонних цангових патронів з одинарною та подвійною мультиплікацією, які дозволяють без заміни цангового патрона затискувати заготовки з відхиленнями діаметра прутка до 2-3 мм, що значно розширює технологічні можливості токарних верстатів. При наявності в цанговому патроні з подвійною мультиплікацією нерухомої в осьовому напрямку циліндричної цанги, жорстко зв'язаної з торцем шпинделя і нерухомої в осьовому напрямку, зменшується відтискування прутка від упора, а осьова точність зростає в 1,8-2,1 рази.

При обробленні циліндричних заготовок, затиснутих в цангових патронах з поперечним самоналаджуванням відбувається збільшення радіальної жорсткості і точності затиску та адаптація патрона до затиску некаліброваних заготовок з відхиленнями діаметра до 2 мм за рахунок встановлення в радіальних розрізах затискної цанги ряду підпружинених кулачків.

Затискні цанги із захисними кришками на торцевій поверхні, які мають вигнуту або вгнуту форму і на яких нанесено регулярний мікрорельєф, дозволяють відводити стружку від поверхні цанги, що унеможлиблює залипання цанги, і керувати попаданням ЗОР в зону обробки за рахунок конструкції кришки.

Отримані нові конструкції затискних цангових патронів за методом морфологічного синтезу захищені патентами України на винаходи та корисні моделі. Ряд конструкцій пройшли лабораторні та експериментальні дослідження та промислові випробування на діючому обладнанні.

Для проведення експериментальних досліджень розроблено конструкцію спеціального стенда на базі токарного багатошпиндельного автомата, а також методику випробувань і технологічне оснащення для проведення випробувань. В якості оправки для заміру радіального і осьового биття використовувались гартовані шліфовані оправки зі сталі 45. Заміри моменту прокручування і моменту проштовхування використано спеціальні протаровані динамометри.

Результати експериментальних досліджень і промислових випробувань підтверджують теоретичні викладки. На цій основі внесено ряд позитивних змін у конструкцію і технологію виготовлення ряду затискних цангових патронів.

В результаті використання ряду запропонованих конструкцій затискних цангових патронів підвищується радіальна і осьова точність обробки, радіальна жорсткість і, в кінцевому результаті – точність обробки циліндричних деталей на токарних верстатах.

При використанні патронів з рядною мультиплікацією на етапі виборки зазорів між основними і допоміжними затискними елементами радіальна точність затиску зростає в 1,35-1,47 рази.

Список посилань

1. Широкодиапазонные и многофункциональные зажимные механизмы: теория и практика: Монография / [Ю.Н. Кузнецов, В.Г. Кушик и др.] – К.: ООО «ЗМОК» - ООО «ГНОЗИС», 2011. – 424 с.

УДК 621.923

Тарган Д.В., аспірант
 Майборода В.С., докт. техн. наук, професор
 Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», tarakan.com@ukr.net

ВПЛИВ РОЗТАШУВАННЯ МІТЧИКІВ В РОБОЧІЙ ЗОНІ ВЕРСТАТУ НА ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ЇХ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ПРИ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОМУ ОБРОБЛЕННІ

В дослідженні [1] виконано аналітичні розрахунки впливу кінематики процесу магнітно-абразивного оброблення (МАО) на ефективність оброблення робочих поверхонь та різальних кромок (РК) мітчиків з кутом профілю різьби 60° . Показано, що при розташуванні мітчиків під кутами $p = 20-60^\circ$ до площини робочої зони не всі поверхні будуть ефективно взаємодіяти з магнітно-абразивним інструментом (МАІ). Ефективне МАО мітчиків доцільно виконувати за умов їх розташування під кутом $60-90^\circ$ до площини робочої зони.

Тому, попередньо виконані дослідження та аналітичні розрахунки впливу параметрів МАО мітчиків на ефективність процесу є досить актуальними при визначенні і розробленні технологічного процесу фінішного МАО, що забезпечує задані параметри якості робочих поверхонь інструменту і потребують експериментальної перевірки.

Дослідження проводили на мітчиках М10 однієї партії трьох різних виробників, виготовлених із швидкорізальної сталі Р6М5. Для ідентифікації умовно позначимо партії: Виробник 1; Виробник 2; Виробник 3.

Оброблення виконували із застосуванням магнітно-абразивного порошку Поліам-Т з розміром частинок 400/315 мкм. Мітчики обробляли при різних кутах нахилу до площини робочої зони. За результатами розрахунків в [1] було обрано для оброблення кути $p = 30^\circ$ та $p = 70^\circ$.

Результати вимірювання шорсткості на поверхнях мітчиків різних виробників до та після МАО представлено на рис. 1.

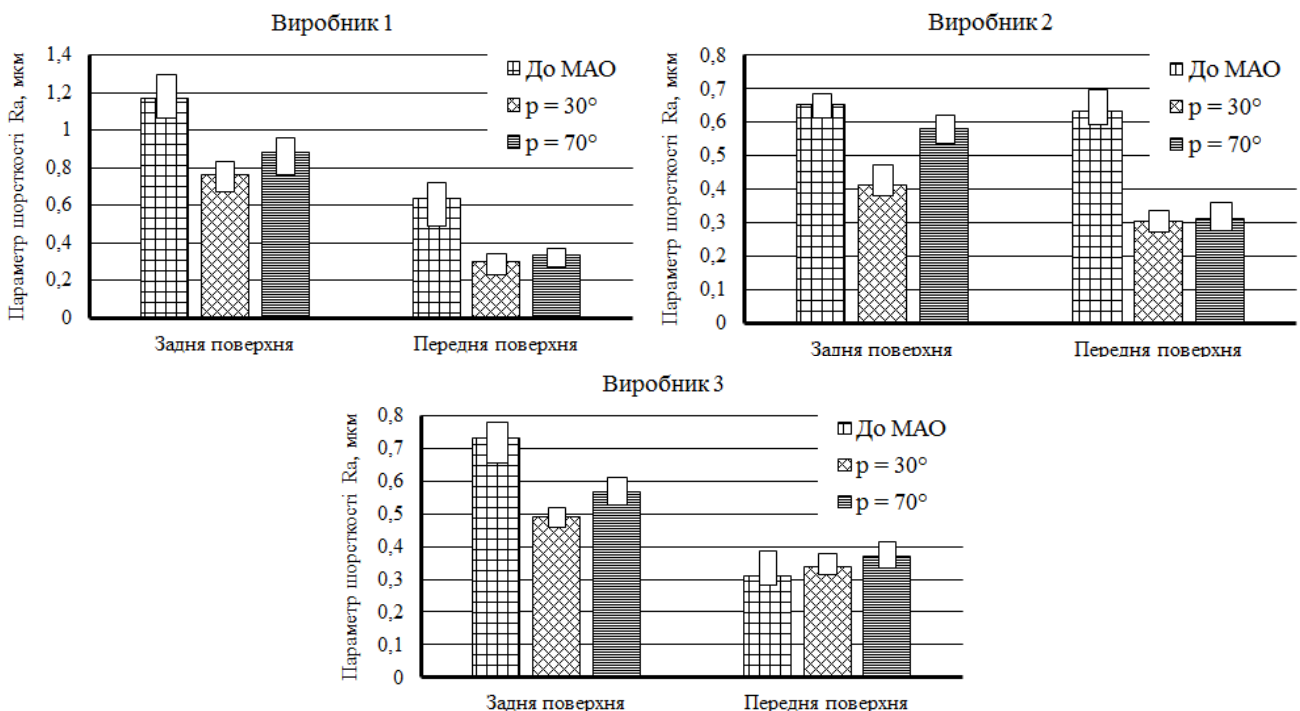


Рис. 1 – Значення шорсткості на задній та передній поверхнях мітчиків різних виробників до та після МАО

Найбільшу шорсткість по задній поверхні $Ra = 1,2$ мкм фіксували на мітчиках 1-го виробника. Шорсткість на задній поверхні мітчиків 2-го та 3-го виробника склала $Ra = 0,65-0,7$ мкм. При однакових режимах оброблення при $p = 30^\circ$, шорсткість на задній поверхні мітчиків виробника №1 зменшилася до $Ra = 0,79$ мкм, виробника №2 – до $Ra = 0,4$ мкм, виробника №3 – до $Ra = 0,49$ мкм. У відсотковому співвідношенні, шорсткість на задній поверхні мітчиків всіх виробників зменшилась на 35%. Після MAO при $p = 70^\circ$ шорсткість на задній поверхні мітчиків виробника №1 зменшилася до $Ra = 0,85$ мкм, виробника №2 – до $Ra = 0,58$ мкм, виробника №3 – до $Ra = 0,56$ мкм, відповідно на 29%, 11% та 22%. Така розбіжність результатів по параметру шорсткості на задній поверхні при різниці кута базування мітчиків у робочій зоні верстату може бути пояснена з результатів аналізу значень величин інтегральних інтенсивностей швидкостей активного руху МАП відносно оброблюваних поверхонь [1].

Шорсткість на передній поверхні у вихідному стані у мітчиках виробника №1 – $Ra = 0,64$ мкм, виробника №2 – $Ra = 0,62$ мкм, виробника №3 – $Ra = 0,3$ мкм. Після MAO шорсткість на передній поверхні в усіх мітчиках, незалежно від кута p , становить $Ra = 0,3-0,35$ мкм. Для мітчиків 1-го та 2-го виробника це значення шорсткості в 2 рази менше від початкового. У випадку із мітчиками 3-го виробника, шорсткість на передній поверхні дещо збільшилась. Зміна шорсткості на передній поверхні мітчиків не залежить від кінематики процесу. МАІ постійно рухається по стружковій канавці мітчика та фрикційно взаємодіє з поверхнею.

Результати дослідження поверхневої твердості робочої частини мітчиків до та після MAO представлено у вигляді гістограми на рис. 2.

У вихідному стані, поверхнева твердість робочої частини мітчиків 1-го виробника була найменшою – $HV = 8$ ГПа, 2-го та 3-го виробника – на рівні $HV = 9,8-10$ ГПа. Після MAO при $p = 30^\circ$ мікротвердість мітчиків збільшилась на 10%: виробника №1 – до $HV = 8,8$ ГПа, виробника №2 та №3 – до $HV = 10,5$ ГПа. Після MAO при $p = 70^\circ$ поверхнева твердість робочої частини мітчиків всіх виробників зменшилась: виробника №1 – до $HV = 7,5$ ГПа, виробника №2 – до $HV = 8,9$ ГПа, виробника №3 – до $HV = 9,8$ ГПа, що пов'язано з виходом на поверхню в процесі пластичного деформування дефектів матеріалу тонкого поверхневого шару та невеликим відтисненням дрібнодисперсних карбідів вглиб матеріалу.

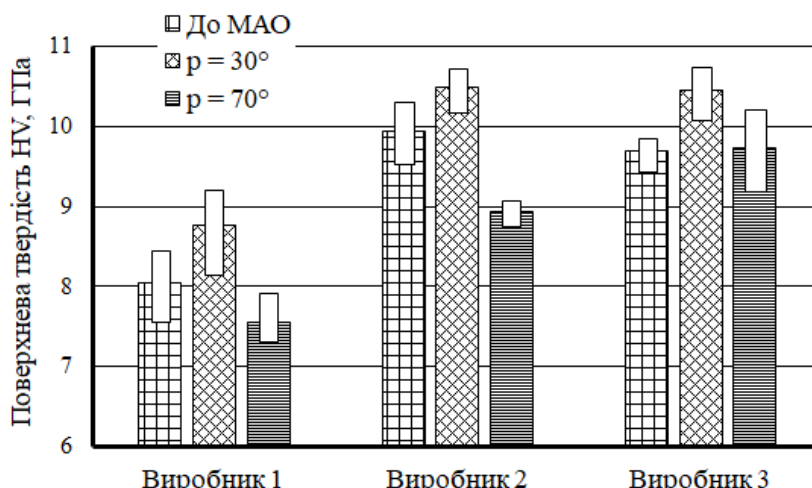


Рис. 2 – Поверхнева твердість робочої частини мітчиків до та після MAO

Список посилань

1. Тарган Д.В. Аналіз інтенсивності магнітно-абразивного оброблення мітчиків в залежності від кінематичних параметрів процесу / Д.В. Тарган, В.С. Майборода, Д.Ю. Джулій // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2017. – Вип. №5(106) – С. 82-88.

УДК 621.923

Майборода В.С., докт. техн. наук, професор,
Джуні Д.Ю., канд. техн. наук, асистент,
Слободянюк І.В., канд. техн. наук, асистент,
Коцун Ю.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», maiborodavs@gmail.com

ВПЛИВ РЕЖИМІВ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ

Метод магнітно-абразивного оброблення (МАО) плоских поверхонь індукторами на базі постійних магнітів може забезпечити значне зниження шорсткості поверхонь при обробленні деталей. Для визначення ефективності процесу необхідно знайти раціональні умови оброблення, а саме частоту обертання та подачу інструменту.

Експериментальні дослідження виконували на плоскій деталі зі сталі 45 після попереднього фрезерування. На вихідній поверхні були присутні риси, напрямком яких перпендикулярний до поздовжнього напрямку вимірювання шорсткості. Магнітно-абразивний інструмент (МАІ) формували з порошку Феромап зернистістю 630/400 мкм з додаванням мастила Асфол. Досліджували вплив частоти обертання головки та її подачі відносно оброблюваної поверхні на шорсткість.

На першому етапі величина робочого зазору складала 4,6 мм, подача 10 мм/хв, частоту обертання головки n змінювали від 580 до 1400 об/хв. Найменшу величину параметра шорсткості R_a отримано при $n = 900$ об/хв (рис. 1), який є однаковим вздовж та поперек деталі та рівний 0,043 та 0,04 мкм відповідно. Також повністю видаляється спадковість від попереднього оброблення, утворюються нові риси, що утворилися в результаті взаємодії МАІ з оброблюваною поверхнею (рис. 1). При інших значеннях n параметр R_a вздовж вимірювання в 2 і більше разів більший ніж поперек, оскільки при цих умовах спадковість не була видалена в повній мірі.

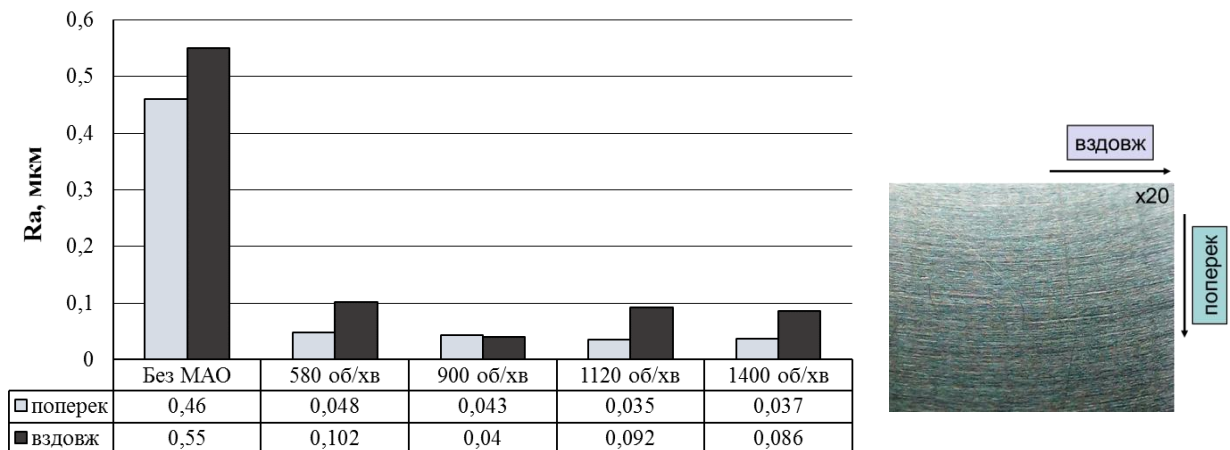


Рис. 1 – Вплив частоти обертання головки на шорсткість плоских поверхонь

В досліджуваному діапазоні частот обертання головки відбувається вигладжування мікропрофілю з активним зрізуванням вершинок. На кривій tr від рівня p (рис. 2) для $n = 900$ хв⁻¹ відсутня перша ділянка, яка відповідає за стан мікрогеометрії найбільш виступаючих частин мікропрофілю, що свідчить про максимальну інтенсивність по зміні шорсткості для даних умов оброблення та малу кількість виступів. Для $n = 1400$ хв⁻¹ навпаки спостерігається деяке розполірування впадин, що свідчить про наявність граничних швидкостей МАО для ефективного оброблення. Так, наприклад, при $p = 50\%$ для $n = 900$ хв⁻¹ $tr = 1\%$, для $n = 1400$ хв⁻¹ $tr = 77,4\%$ при вихідній величині $tr = 58,9\%$.

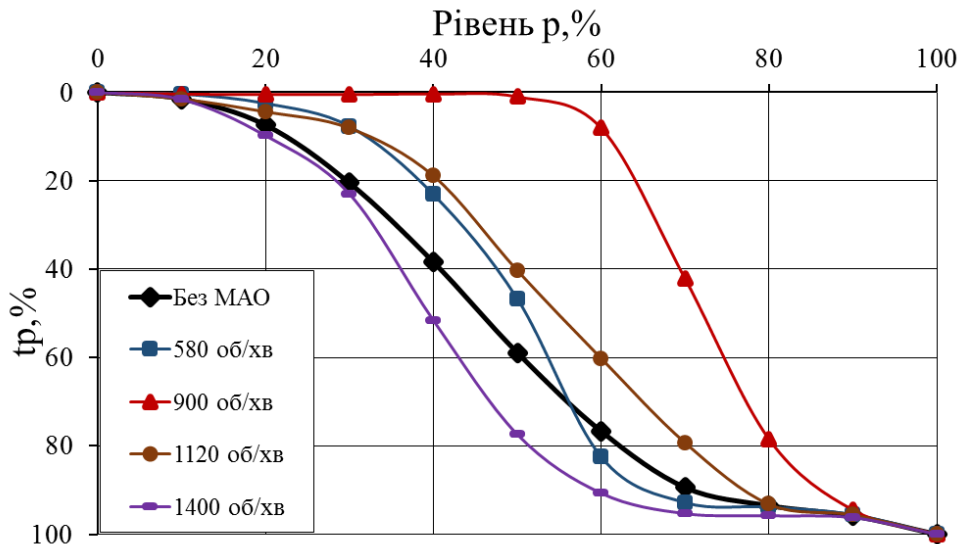


Рис. 2 – Величина відносної опорної довжини профілю залежно від частоти обертання шпинделя при величині подачі 10 мм/хв

На другому етапі величина робочого зазору складала 4 мм, $n = 900 \text{ хв}^{-1}$, подачу змінювали від 10 мм/хв до 50 мм/хв при всіх інших умовах оброблення аналогічних попереднім. Встановлено, що незалежно від величини подачі шорсткість поверхні зменшується (рис. 3). Найменшу величину параметру шорсткості R_a рівну 0,047 мкм та 0,063 мкм отримано при подачі 10 мм/хв, при вихідній 1,03 мкм та 1,41 мкм відповідно поперек та вздовж. Збільшення подачі сприяє отриманню в результаті MAO більшої величини параметра R_a вздовж деталі до 0,4 мкм для 20 мм/хв та до 0,5 мкм – 0,52 мкм для подач 30 – 50 мм/хв. А шорсткість поперек для подач 20 – 40 мм/хв збільшується до величин 0,11 – 0,13 мкм, в той час як для 50 мм/хв $R_a = 0,23$ мкм. Тому оброблення доцільно виконувати при низьких значеннях подач, але потрібно враховувати наявну спадковість мікрорельфу поверхні та величину питомого зняття матеріалу щоб не погіршити точність поверхонь, що потребує додаткових експериментальних досліджень.

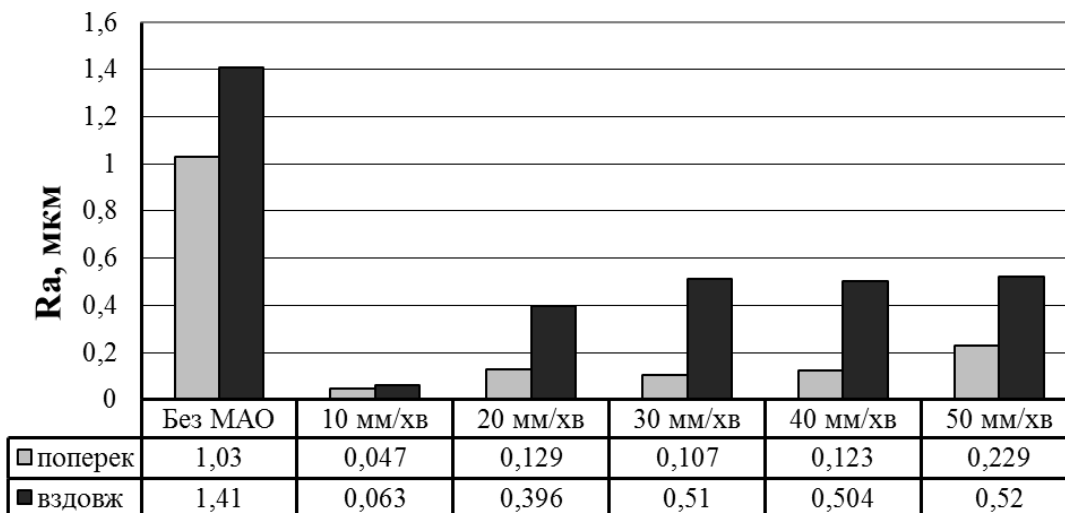


Рис. 3 – Вплив величини подачі головки на шорсткість плоских поверхонь

Висновок. Магнітно-абразивне оброблення плоских поверхонь забезпечує зниження шорсткості до величини R_a 0,04 мкм при вихідному значенні 0,46 – 0,55 мкм при $n = 900 \text{ хв}^{-1}$, вигладжуючи при цьому мікропрофіль з одночасним видаленням спадковості від попереднього оброблення. Найменшу величину шорсткості отримано для подачі

10 мм/хв рівну 0,047 мкм та 0,063 мкм при вихідній 1,03 мкм та 1,41 мкм відповідно поперек та вздовж деталі.

УДК 677.05:621.838.22

Олійник О.Ю., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», latgali30@gmail.com

Рубанка М.М., канд. техн. наук

Київський національний університет технологій та дизайну, nikolayrubanka@ukr.net

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ В ПРИВОДІ КРУГЛОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ ВІДЦЕНТРОВОЇ ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ З РЕГУЛЬОВАНИМ КРУТНИМ МОМЕНТОМ

Особливістю роботи механічних систем, в тому числі і машин легкої промисловості, як відомо [1-4], є значні пускові динамічні навантаження, що є однією з основних причин зниження довговічності їх роботи. Тому проблема розробки нових та удосконалення діючих засобів зниження пускових динамічних навантажень в приводах машин є актуальною та своєчасною [5]. Ефективне вирішення цієї проблеми без удосконалення засобів зниження динамічних навантажень приводів машин, зокрема муфт, неможливе.

Враховуючи актуальність питання підвищення ефективності роботи машин за рахунок удосконалення пристроїв зниження пускових динамічних навантажень, виконаних у вигляді муфт [5], завданням досліджень є розробка нової конструкції відцентрової фрикційної муфти та методу вибору її раціональних параметрів.

Авторами пропонується нова конструкція відцентрової фрикційної муфти [6], додатково обладнаної двоплечими важелями та противагами, причому в якості одного із пліч кожного важеля використано стержень з різьбою, на якій нагвинчена противага.

Обладнання відцентрової фрикційної муфти противагами, та використання в якості одного із пліч важеля стержня з різьбою, на якій нагвинчена противага, дозволяє, шляхом зниження пускових динамічних навантажень при перемиканні швидкості обертання муфти, підвищити ефективність її використання.

Запропонована відцентрова фрикційна муфта з регульованим крутним моментом (рис. 1) містить ведучу півмуфту 1, жорстко закріплену на ведучому валу 2, ведену півмуфту 3, жорстко закріплену на веденому валу 4, колодки 5, розташовані в ведучій півмуфті 1, противаги 6 та двоплечі важелі 7, шарнірно з'єднані з ведучою півмуфтою 1. Плече 8 кожного двоплечого важеля 7 шарнірно з'єднане з колодкою 5, а друге плече 9 виконано у вигляді стержня з різьбою 10, на яку нагвинчено противагу 6.

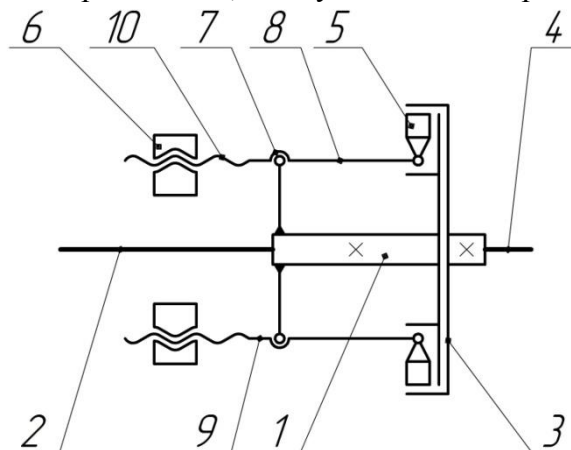


Рис. 1 – Кінематична схема відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом

Відцентрова фрикційна муфта працює таким чином. При вмиканні машини ведучий вал 2 починає обертатися. При цьому ведуча півмуфта 1, жорстко закріплена на ведучому валу 2, разом з колодками 5 та противагами 6 також починає обертатися. Відцентрові сили, що виникають при цьому призводять до радіальних переміщень колодок 5 і притискують їх до внутрішньої поверхні веденої півмуфти 3. Сили тертя, що виникають при цьому між колодками 5 та веденою півмуфтою 3 приводять її в обертальний рух, а разом з нею і ведений вал 4, на якому вона жорстко закріплена. Відцентрові сили, що діють в цей же час на противаги 6, завдяки двоплечих важелів 7 частково компенсують силу притиску колодок 5 до веденої півмуфти 3. Різниця відцентрових сил колодок 5 та противаг 6 створює необхідний крутний момент відцентрової фрикційної муфти. При перемиканні машини на іншу швидкість змінюється і відцентрова сила колодок 5, що могло б призвести до зміни крутного моменту муфти. Але одночасно з цим змінюється і відцентрова сила противаг 6, яка, тиснучи на плече 9 двоплечого важеля 7, змінює силу тиску колодок 5 на ведену півмуфту 3, стабілізуючи крутний момент муфти, що забезпечує зниження динамічних навантажень та підвищення довговічності роботи муфти і машини в цілому, в приводі якої вона використовується.

При необхідності зміни величини моменту відцентрової фрикційної муфти, зумовлену зміною режиму роботи привода машини, де вона використовується, необхідно, в залежності від потреби зменшити або збільшити момент відцентрової фрикційної муфти, поворотом противаг 6 змінити робочу довжину пліч 9 двоплечих важелів 7. Зміна робочої довжини пліч 9 двоплечих важелів 7 призводить до зміни сили противаг, що частково компенсує відцентрову силу колодок 5, змінюючи величину сили притиску їх до веденої півмуфти 3 і, відповідно, момент відцентрової фрикційної муфти. Можливість вибору раціонального моменту відцентрової фрикційної муфти в залежності від навантажень привода машини, де вона використовується, забезпечує підвищення надійності та довговічності роботи відцентрової фрикційної муфти.

Виконані дослідження показують наступне:

- встановлена доцільність використання в приводі машин відцентрової фрикційної муфти з регульованим крутним моментом;
- запропонована відцентрова фрикційна з регульованим крутним моментом, обладнана двоплечими важелями та противагами, здатна підвищити ефективність роботи машин за рахунок зниження динамічних навантажень в приводі;
- результати досліджень можуть бути використані при удосконаленні діючих та при розробці нових типів відцентрових фрикційних муфт.

Список посилань

1. Кожевников С.Н. Динамика нестационарных процессов в машинах / С.Н. Кожевников. – К.: Наукова думка, 1986. – 288 с.
2. Піпа Б. Ф. Динаміка круглов'язальних машин / Б.Ф. Піпа, О.М. Хомяк, Г.І. Павленко. – К: КНУТД, 2005. – 294 с.
3. Хомяк О. М. Динаміка плосков'язальних машин та автоматів / О.М. Хомяк. – К: КНУТД, 2008. – 250 с.
4. Чабан В. В. Динаміка основов'язальних машин / В.В. Чабан, Л.А. Бакан, Б.Ф. Піпа. – К.: КНУТД, 2012 - 287 с.
5. Піпа Б.Ф. Приводи в'язальних машин і автоматів з пристроями зниження динамічних навантажень / Б.Ф. Піпа О.В. Чабан, С.В. Музичишин. – К.: КНУТД, 2015. – 280 с.
6. Пат. 123894 Україна, МПК F16B 21/00 (2018.01), F16D 13/00 (2018.01). Відцентрова фрикційна муфта / Б. Ф. Піпа, О.Ю. Олійник, М. М. Рубанка ; власник Київський національний університет технологій та дизайну. – № u201709885 ; заявл. 12.10.2017 ; опублік. 12.03.2018, Бюл. № 5. - 3 с.

УДК 62:631.352:62-82:519.87

Веселовська Н.Р., докт. техн. наук., професор

Малаков О.І., аспірант

Вінницький національний аграрний університет, malakovsana@gmail.com

ПРИНЦИП РОБОТИ ТА ОСНОВНІ ПРИСТРОЇ САМОХІДНОЇ КОСАРКИ-ПЛЮЩИЛКИ НА ПРИКЛАДІ КПС-5Б

Основними технологічними операціями під час заготівлі кормів (сіна, сінажу, силосу) є скошування трав у покоси чи розширені валки (з плющенням чи без нього), згрібання, перевертання валків, підбирання сіна з валків з пресуванням у тюки чи рулони, підбирання валків пров'яленої трави з одночасним подрібненням під час заготівлі сінажу, скошування рослин з подрібненням під час заготівлі силосу. При цьому, роботи по збиранню врожаю в сільськогосподарській діяльності вимагають високотехнологічного обладнання. До такого виду обладнання можна віднести самохідні косарки, які призначені для таких видів робіт, як косовиця, плющення і укладання снопів скошених рослин у валки. Слід зазначити, що скошування рослинної маси є енергоємною операцією технологічного процесу заготівлі сухих кормів чи кормів на основі зеленої маси, тому підвищення продуктивності косарок скоротить терміни збирання врожаю. Вивчення й аналіз конструкцій енергозасобів і сільськогосподарських машин провідних фірм свідчать, що сучасними тенденціями їхнього розвитку є постійне зростання потужності й продуктивності, удосконалення та створення конструкцій машин, які дають змогу якісно виконувати комбіновані технологічні процеси, що сприяє підвищенню продуктивності праці.

Самохідна косарка-плющилка КПС-5Б призначена для скошування сіяних трав з одночасним плющенням стебел скошених рослин і укладанням їх на стерні у валок. Без плющильних вальців косарку-плющилку можна використовувати як валкову жатку для скошування трав і зернових культур.

КПС-5Б складається з самохідного шасі 6 (рис. 1), жатки 3, плющильного апарату 8 і валкоутворюючого пристрою 7. Для приводу робочих органів встановлено дизельний двигун Д-240 потужністю 59 кВт. Шасі можна використовувати як енергозасіб для роботи із зерновими валковими жатками ЖВН-6А-01, ЖС-6, ЖВР-10-03 та зернобобовою жаткою ЖБК-4,2.

Жатка 3 під час роботи спирається на ґрунт башмаками. До шасі вона приєднується за допомогою механізму підйому, що складається з двох гідроциліндрів для підйому і опускання жатки, керованими з кабіни. При далеких переїздах жатку від'єднують від шасі і встановлюють на візок, прикріплений до самохідної частини. На корпусі жатки встановлений різальний апарат 10, мотовило 1, шнек 4 і подільники 11.

Сегментно-пальцевий ріжучий апарат 10 складений з двох пальцевих брусів, ножі яких переміщуються при роботі в протилежні сторони. До спинок ножів приклепані сегменти з насіченими ріжучими кромками. Кожен ніж приводиться в дію від механізму шайби. До валу мотовила прикріплені хрестовини, а до їх кінців - планки і трубчасті граблини з пружинними зубами. На лівих кінцях граблін встановлені кронштейни з шипами для обертових роликів. Ліва боковина жатки (по ходу) має профільну доріжку, по якій рухаються ролики, змінюючи тим самим кут нахилу пружинних зубів.

Шнек 4 представляє собою трубу з правими і лівими витками-стрічками, які зрушують скошену масу до середини жатки і подають її до плющильного апарату. Переміщуючи шнек по висоті, змінюють відстань між витками і дном жатки в залежності від врожайності збираних трав.

Плющильний апарат 8 має верхній і нижній ребристі вальці, розташовані так, що ребра одного вальця входять посередині між ребрами іншого. Валкоутворюючий пристрій 7 складається з лівого і правого шарнірно закріплених щитків, виготовлених з листового

металу. Залежно від ширини розкриття щитків проплющену траву вкладають за машиною в валок або розстил

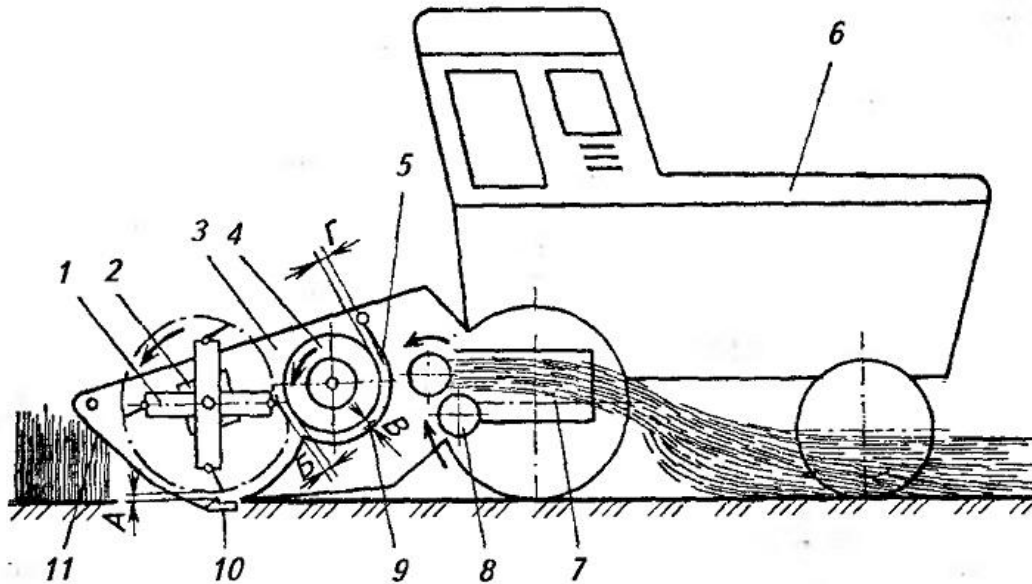


Рис.1 – Схема робочого процесу косарки-плющилки КПС-5Б: 1 – мотовило; 2 – опора мотовила; 3 – жатка; 4 – шнек; 5,9 – очисники; 6 – самохідне шасі; 7 – валкоутворюючий пристрій; 8 – плющильний апарат; 10 – ріжучий апарат; 11 – польовий ділильник

При русі машини рослинна маса нахилиється заламуючим брусом жатки. Мотовило 1 підводить рослини до ріжучого апарату 10, утримує їх у момент зрізу і подає скошену масу до шнека 4. Він звужує потік стебел до ширини плющильних вальців, які розплющують і надламують стебла, після чого вони потрапляють в валкоутворюючий пристрій 7 і укладаються на ґрунт в валок.

Силу впливу башмаків на ґрунт регулюють, змінюючи натяг врівноважуючих пружин: на легких ґрунтах вона повинна становити 900...1200 Н, на твердих – 1200...1500 Н. З метою центрування ножа переміщують в повздовжніх отворах опори валу механізму шайби, що коливаються.

Нахил ріжучого апарату регулюють залежно від стану ґрунту і культури, що збирається: на ораному полі з прямостоячим травостоем пальці встановлюють горизонтально, на твердому ґрунті при полеглих рослинах носки пальців опускають. Регулювання виконують нижніми важелями механізму підйому жатки. Для збільшення нахилу їх вкорочують, для зменшення - подовжують. Після регулювання довжина важелів повинна бути однаковою. Висоту зрізу регулюють, переставляючи башмаки. При роботі на грудкуватих і кам'янистих ґрунтах висоту зрізу збільшують.

Мотовило і шнек розташовують в залежності від врожайності трав. Кут нахилу зубів мотовила встановлюють таким, щоб скошена маса рівномірно подавалася до шнеку і не перекидалася через мотовило. При високій врожайності зуби встановлюють вертикально або нахилиють назад, в інших випадках - вперед.

При регулюванні профільну доріжку повертають навколо осі валу мотовила.

Силу стиснення стебел в плющильному апараті регулюють пружинами, якими верхній валець піджимається до нижнього відповідно до стану збираних рослин і кількості маси, що надходить в апарат. На травах з товстими грубими стеблами, а також при підвищеній врожайності пружини розтягують (сила стиснення збільшується). Максимальне її значення не повинно перевищувати 100 Н. При правильному регулюванні більшість стебел в обробленій траві має бути надломлено по довжині через 70...100 мм і розплющено, а листя не повинні бути відірвані від стебел.

Ширину валка (від 1,2 до 1,8 м) встановлюють залежно від врожайності трав, погодних умов і способу подальшого збору. Валок максимальної ширини формують при фіксації боковин в крайніх положеннях.

Список посилань

1. Система машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва. Частина 1. Рослинництво – М.:Госагропромком, 2008.
2. Будова косарок та косарок плющилок [Електронний ресурс] : Студопедія – лекційний матеріал для студентів / https://studopedia.su/14_79361_budova-kosarok-i-kosarok-plyushchilok.html
3. Самохідні косарки-плющилки [Електронний ресурс]: sinref.ru – бібліотека онлайн / http://sinref.ru/000_uchebniki/04800selskoe/026_selskohozaistvennie_mashini_holanski_2004/203.htm

UDC 621.865.8

Chupryna V.M., Doctor of Technical Sciences

State Research and Development Center of the Armed Forces of Ukraine, voldchu@ukr.net

SIMULATION OF THE SPATIAL STIFFNESS OF TECHNOLOGICAL ROBOTS BY PARTS

In modern automated production processes industrial robots are often used in technological processes for the machining operations with machine tools (Fig. 1). In this case, the accuracy of processing depends on the properties of the elastic system (ES) work, in particular on the characteristics of rigidity in the cutting zone. The static rigidity of the ES along the X axis is defined as $J_X = P_X / \Delta_X$. On other axes - similar. In [1,2], it was shown that the spatial rigidity of a ES of a robot is geometrically represented as an ellipsoid with a center in the cutting zone. In dynamic operating modes, the ellipsoid changes its size depending on the frequency of the active force.

The presence of unified elements, complete nodes, mechatronic modules allows you to create a variety of layouts of robots with a minimum number of original elements (Fig. 2). This makes it possible to increase their flexibility, reparability, ease of modernization, significantly shorten the design and production lines, and reduce the cost of the machine.

The designer needs to know the characteristics of individual elements, which in designing can evaluate the characteristics of the robot as a whole.

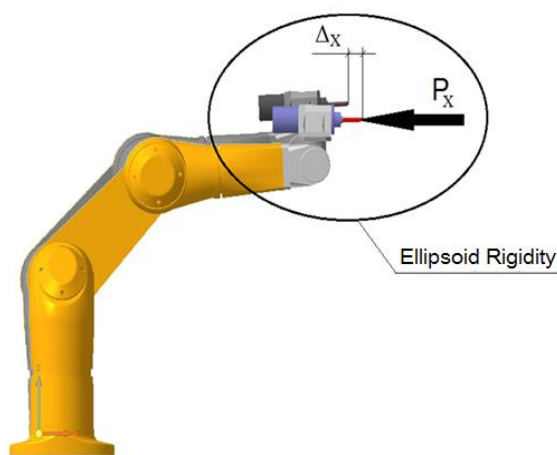


Fig. 1 – The elastic properties of a robot machining: P_X - cutting force, Δ_X - deformation

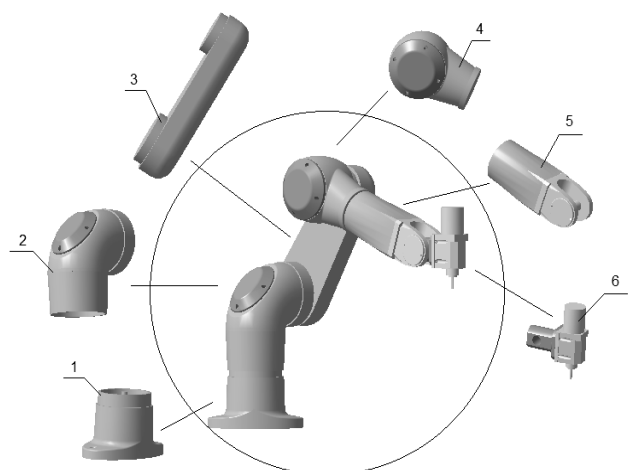


Fig. 2 – Modular Robot Scheme:
1 – base, 2 – knee, 3 – shoulder, 4 – joint,
5 – hand, 6 – working body

Dynamic model of elastic system "one-armed" robot (Fig. 3) is a chain system of n elements. It can be conventionally divided into two enlarged subsystems - ES1 and ES2 (Fig. 4). When dividing the system (Fig. 4a) at the junction of elements (elastic-damping stitching), the uncertainty of the unshielded ES1 (Fig. 4b) overcomes its fixation to the "ground". As a result, we obtain two partial subsystems that can be investigated independently (Fig. 4c,d). Subsystem PS2 can be divided in a similar way (etc.).

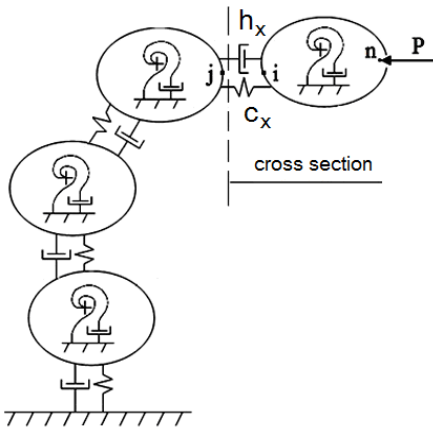


Fig. 3 – Dynamic model of elastic robot system

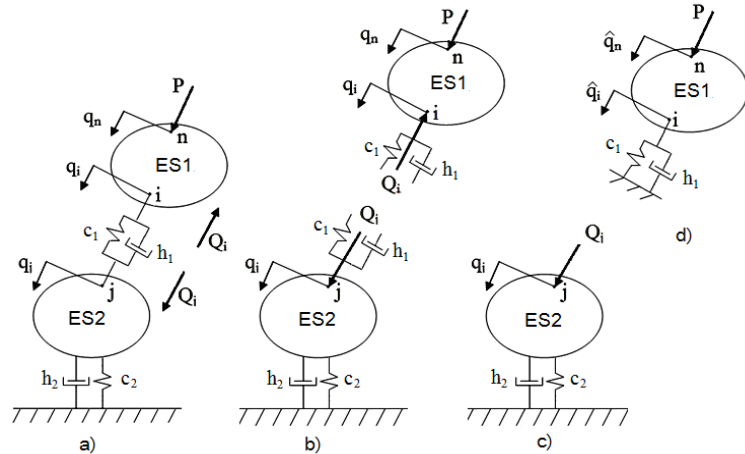


Fig. 4 – A consolidated dynamic model (composed of two subsystems - ES1 and ES2)

To determine the static and dynamic characteristics, it is expedient to describe the elastic properties of the system by transfer functions (TF) of the form $W_{P_1}^{q_1}(p), W_{q_2}^{q_1}(p)$, and their frequency analogs $W_{P_1}^{q_1}(i\omega), W_{q_2}^{q_1}(i\omega)$ [3].

In this model (Fig. 4), the TF ES1 can be found in the complete system as

$$\hat{W}_{P_1}^{q_1} = W_{P_1}^{q_1} - \hat{W}_{q_2}^{q_1} W_{P_1}^{q_2} \quad (1)$$

TF of the complete system can be determined by the TF of its subsystems as

$$W_{P_1}^{q_1} = \left[E - \hat{W}_{q_2}^{q_1} \begin{matrix} \leftarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \begin{matrix} \leftarrow \\ \leftarrow \end{matrix} \hat{W}_{q_2}^{q_2} C_{22} \begin{matrix} \rightarrow \\ \rightarrow \end{matrix} \hat{W}_{q_2}^{q_2} C_{21} \right]^{-1} \hat{W}_{P_1}^{q_1} \quad (2)$$

These expressions show both in the complete system to determine the TF of isolated subsystems ES1 ($\hat{W}_{P_1}^{q_1}$ i $\hat{W}_{q_2}^{q_1}$) and ES2 ($\hat{W}_{q_2}^{q_2}$), as well as with known complex ligaments $C_i = c_i + j \cdot h_i$ (blocks C_{21} and C_{22} of matrix C), it is possible to switch from TF isolated subsystems ES1 and ES2 to the TF of the complete elastic system.

The developed theory of modeling of the dynamics of chain systems should be used in the simulation of "one-armed" robots in parts (nodes). Also, the theory should be used in the analysis and synthesis of their characteristics. It allows to determine the dynamic spatial stiffness of the robot design, choose rational modes of processing and predict the accuracy of the machined parts.

List of references

1. Poduraev, Yu.V. Mechatronics: the basics, methods, application: educational. pos for high schools. / Yu.V.Poduraev – M: Mechanical Engineering, 2006. – 256 p.
2. Strutinsky, V.B., Chupryna, V.M. Tensor-geometric model of the spatial rigidity of a metal-cutting machine tool // Systems of information processing. – 2016 – No. 2 (139). – P. 56-62
3. Kudinov, V.A. Dynamics of machine tools / VA Kudinov – M: Mechanical engineering, 1967 – 360 p.

УДК 621.9

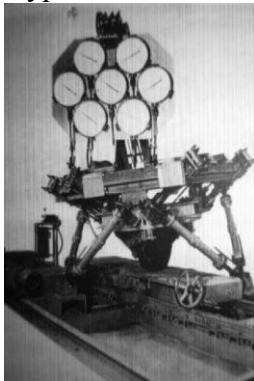
Дмитрієв Д. О. докт. техн. наук, професор
Войтович О. А. канд. техн. наук
Чурсов С. О. студент
Баль О. Д. студент

Херсонський національний технічний університет, dmitr_da@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОКООРДИНАТНИХ МЕХАНІЗМІВ В ЯКОСТІ ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ ШИН АВТОТРАНСПОРТУ

Автомобільна шина - дуже складна, багатофункціональна конструкція. Від шини в значній мірі залежить прохідність в різних дорожніх умовах, коефіцієнт зчеплення, шум і витрата палива у автомобіля та безпека під час руху. Крім цього, шина повинна забезпечувати довговічність, надійність і задану вантажопідйомність [1]. Для забезпечення даних параметрів незалежних випробування, які дозволяють встановити, яких саме показників слід очікувати від шин. Тести засновані на наборі важливих критеріїв, і дозволяють визначати параметри шин, різних виробників де порівнюють їх характеристики в різних дорожніх і погодних умовах [2]. На випробувальних стендах перевіряється конструктивна міцність шин, якість гумових сумішей, однорідність, жорсткісні і геометричні характеристики шин і ін.

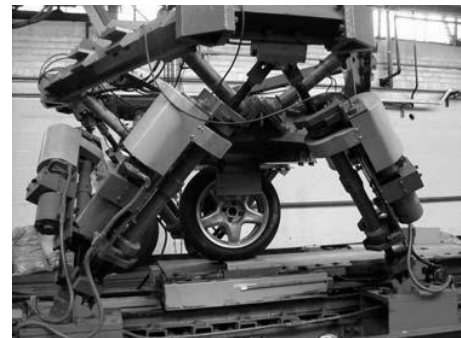
Історія застосування багатокоординатних механізмів для випробування шин починається у 1947 р. пропозицією Гофа 6-ти координатного механізму з паралельною структурою на телескопічних штангах змінної довжини [3] (Рис. 1, а)



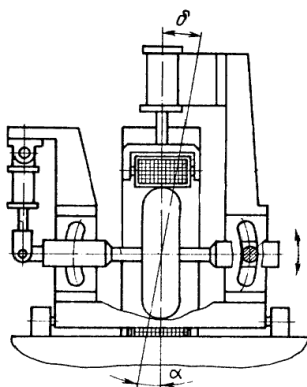
а)



б)



в)



г)

Рис. 1 – Приклади випробувальних стендів автомобільних шин : а), б), в)– на основі механізмів паралельної структури [3, 4]; г) на основі механізмів послідовної структури [5]

В сучасних умовах застосовують універсальні стенди платформа Гофа, яку використовують в компанії Dunlop Tyres і знаходиться на виставці в Британському національному музеї науки і промисловості (див. рис. 1, б)

Платформа Гофа - це рухома платформа, до якої прикріплена шина, має кінематичний зв'язок із основою за допомогою 6-ти штанг змінної довжини. На кінцях штанг встановлено універсальні шарніри, кульково-роз'ємне з'єднання на іншому. Зміна довжини штанг призводить до змін положення та орієнтації рухомої платформи з колесом. Колесо обертається конвеєрним ременем, а механізм дозволяє оператору проводити вимірювання зносу шин в різних умовах .

Випробувальний стенд дозволяє:

- випробувати шину на різних покриттях, характерних для автомобільних доріг, на прямолінійних або кругових траєкторіях;
- здійснювати кочення шини на різних швидкостях по прямолінійній траєкторії;
- прикладати на шину вертикальне навантаження при цьому прикладається максимальне навантаження пов'язане з конкретним типом шини і може бути обмежено для швидкостей, що перевищує 30 км / год, і для кругових траєкторій;
- встановлювати кут заносу шини по відношенню до траєкторії;
- встановлювати кут розвалу / сходження для шини до вертикальній площині;
- випробувати автомобільну шину, встановлену нерухомо, впливаючи на неї навантаженням.

В роботі пропонується використання механізму з паралельною структурою із чотирма штангами постійної довжини, які приводяться до руху каретками на напрямних, що утворюють пірамідальну каркасну компоновку (рис. 2) .

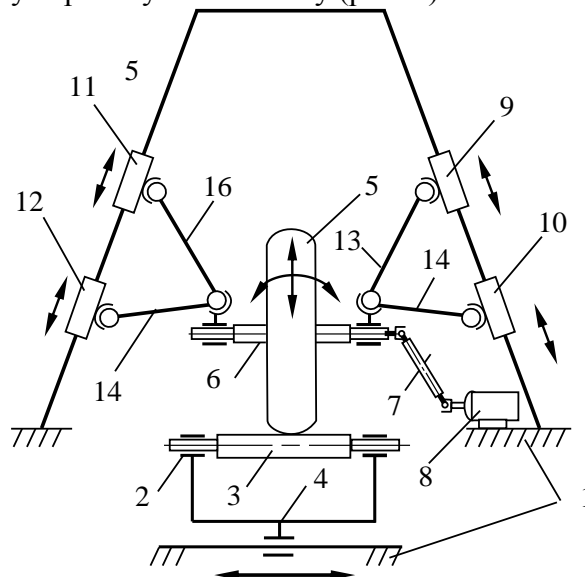


Рис.2 – Схема чотирикоординатного стенду для випробування шин: 8 –електродвигун обертання колеса; 7 – вал приводу барабану шрус; 5 – колесо із шиною на барабані; 9,10,11,12 – каретки напрямні,шарніри механізму паралельної структури, відповідно

Запропонований стенд призначений для динамічних випробувань пневматичних шин і забезпечує визначення в лабораторних умовах терміну служби шини, залежність його від швидкості руху динамічного радіуса шини та шляху пройденого шиною до руйнування. Випробувальний стенд дозволяє відтворювати умови експлуатації шини, в тому числі найбільш екстремальні з точки зору вертикального навантаження, кута заносу і швидкості.

Список посилань

1. Войтович О. А. Влияние давления в шинах на безопасность движения автотранспорта / О. А. Войтович, В. А. Ткач // Вісник ХНТУ. – 2017.. – №4(63), – С.33 – 38.
2. Ресурс шин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rezina.biz.ua/faq/resurs_shin
3. Gough V.E. Contribution to discussion of papers on research in automobile stability, control and tyre performance, 1956-1957. Proc.Auto Div. Inst. Mech. Eng.

4. J.-P. MERLET Parallel Robots //SOLID MECHANICS AND ITS APPLICATIONS. Volume 128. 2006 Springer

5. SU № 1633314 A1 «Стенд для испытания шин на износ» // Сибирский автомобильно-дорожный институт им. В.В. Куйбышева. 07.03.91 Бюл. №9

УДК 678.01: 539.53 539.21

Буря О.І., канд. техн. наук, професор

Єршоміна К.А., канд. техн. наук

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, eka.yeriomina@gmail.com

ВПЛИВ САМОФЛЮСУЮЧОГО СПЛАВУ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ МЕТАЛОПОЛІМЕРІВ

У машинобудуванні широко застосовують композиційні полімерні матеріали з більш високими експлуатаційними властивостями, ніж у вихідних пластмас. Властивості композиційних матеріалів можна змінювати, підбираючи компоненти з метою отримання систем з необхідними властивостями. Прикладом подібних систем можуть служити полімери, наповнені дрібнодисперсними частками металів, які останнім часом привертають до себе все більшу увагу та знаходять широке застосування як функціональні матеріали з цінним комплексом фізико-механічних, трибологічних та теплофізичних властивостей. Як показано в роботі [1], використання металів і сплавів, в якості наповнювачів в поєднанні з оригінальним методом переробки, дозволило отримати конструкційні металополімери (МП) для вузлів тертя, працездатні в широкому інтервалі температур і при високих навантаженнях. Однак, внаслідок недостатньої адгезії, ефективна кількість наповнювача в МП становить 15 мас.%, що не дозволяє застосовувати їх в тих галузях промисловості, де важливі підвищені магнітні та електричні властивості.

Одним із перспективних наповнювачів для МП є аморфні, нанокристалічні сплави, які, в порівнянні зі звичайними, характеризуються значними магнітними, механічними та електричними властивостями, що пов'язано з їх структурою. Ці цінні характеристики зумовлюють застосування таких сплавів у тих випадках, де інші матеріали виявляються непрацездатними. Також до переваг аморфних, нанокристалічних сплавів можна віднести просту схему їх виробництва – вона, як правило, складається з двох етапів: виплавки сплаву і розливу на кінцевий продукт. Все це дозволило аморфним і нанокристалічним сплавам вийти на етап промислового виробництва та зайняти своє місце на ринку збуту [2, 3].

У зв'язку з викладеним вище, мета роботи полягала в розробці МП з підвищеною адгезією між компонентами та вивченні впливу вмісту наповнювача на зносостійкість металополімерної пари.

Розглянемо двокомпонентні системи на основі термостійкого ароматичного поліаміду фенілон С2 (ТУ 6-05-221-226-72) і дрібнодисперсного порошку (40 – 100 мкм) самофлюсуєчих сплавів ПР-Н65Х25С3Р3 (ТУ 14-22-33-90, виробництво «Тулачермет»). Наповнені композиції отримували шляхом змішування порошків полімеру і сплаву в вихровому змішувачі. Зразки для випробувань виготовляли методом компресійного пресування при температурі 593 К і навантаженні – 40 МПа, витримка при цій температурі становила 10 хвилин. Інтенсивність зношування (I_h) та коефіцієнт тертя (f) композитів в режимі тертя без змащення досліджували на дисковій машині тертя, контртіло – сталь 45 (ГОСТ 1050-74), термооброблена до твердості 45-48 HRC, з чистотою поверхні Ra = 0,16 – 0,32 мкм. Поверхні тертя досліджували за допомогою мікроскопу Біолам-М у світлому полі відбитого падаючого світла. Твердість вимірювали за допомогою приладу 2074 ТПР згідно з ГОСТ 23677-79.

Як видно з даних, наведених у табл. 1, характеристики металополімерів визначаються ступенем наповнення, а саме зі збільшенням вмісту наповнювача інтенсивність

зношування та коефіцієнт тертя зменшуються і сягають свого мінімуму при вмісті 20 мас.% наповнювача, підкорюючись закономірності Ратнера, яка пов'язує фізико-механічні та трибологічні властивості матеріалів. Поява дисперсного металевого порошку у поліамідній матриці зміцнює композиційний матеріал і гальмує розвиток деформаційних процесів у матриці при стиранні, що підвищує зносостійкість металополімерів. З іншої сторони, збільшення вмісту металевого наповнювача знижує температуру на межі розділу МП – контртіло (див. табл. 1), що гальмує розвиток деструктивних процесів і, як наслідок, веде до підвищення зносостійкості наповнених систем.

Таблиця 1 – Залежність трибологічних властивостей від вмісту наповнювача

Властивості	С-2	С-2+10% ПРН	С-2+20% ПРН	С-2+30% ПРН	С-2+40% ПРН
Тертя по плівці перенесення					
$I_h \cdot 10^{-8}$	3,43	0,49	0,34	0,66	1,11
f	0,49	0,57	0,61	0,66	0,67
T, K	393	374	366	332	320
Тертя по відновлювальній поверхні					
$I_h \cdot 10^{-8}$	3,91	0,79	0,78	0,87	0,93
f	0,52	0,54	0,56	0,61	0,63
T, K	403	389	381	339	322
Твердість					
HRE, МПа	88	97,9	99,9	89,5	88,4

Примітка: швидкість ковзання – 1 м/с; навантаження – 0,6 МПа; шлях тертя – 1000 м.

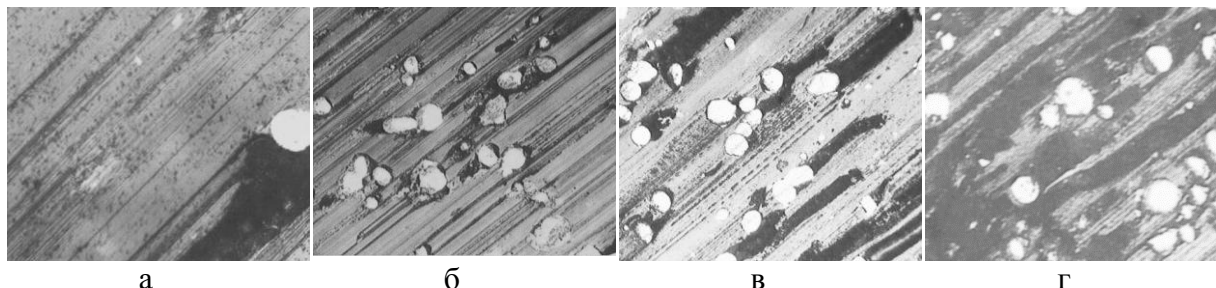


Рис. 1 – Поверхні тертя металополімерів, що містять: а – 10, б – 20, в – 30, г – 40 мас.% наповнювача. Збільшення x100

На поверхнях тертя МП (див. рис. 1) не спостерігається мікротріщин, що свідчить про пластичне руйнування матеріалу під впливом тертя ковзання, але є сліди схоплювання з контртілом у вигляді областей матеріалу, зміщених у напрямку тертя. При цьому, чим вища зносостійкість композиції, тим рідше вони зустрічаються.

Список посилань

1. Буря О.І. Металополімери на основі фенілону: розробка, властивості, застосування / О.І. Буря, К.А. Єрьоміна, І.І. Половніков // Технології забезпечення життєдіяльності людини: зб. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 25-річчю УТА (Київ, 16–17 листопада 2017 р.) / УТА; КНУТД; НАДУ при Президентові України; редкол.: Е. А. Афонін [та ін.]. – Київ: КНУТД, 2017. – С. 238 – 247.
2. Attraktive Anwendungsgebietes für Glas-metalliolen mit eingelagerten Hartpartikeen // Mittex. – 1990. 97, №10. – Р. 434.
3. Стародубцев Ю. Аморфные металлические материалы / Ю. Стародубцев, В. Белозеров // Силовая Электроника. – 2009. – № 2: Технологии. – С. 86 – 89.

УДК.621.91.02

Анастасенко С.М., канд. техн. наук, доцент
Григурко І.О., доцент

Первомайська філія Національного університету кораблебудування
ім. адмірала Макарова, ondi2008@rambler.ru

МОДЕРНІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ОПРАВКИ З ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ-ПРОТЯЖКОЮ, ЯКА ПРАЦЮЄ ЗА СХЕМОЮ ПРОГРЕСИВНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

Фрезерування на виливках площини деталі "плита", або "корпус" з припуском від 10 до 30 мм, за один прохід є великою проблемою щодо економії, використання різального інструменту, його стійкості та зниження трудомісткості.

При зніманні величини припуску до 30 мм необхідно було виконувати за 10 проходів, що дає великі затрати трудомісткості.

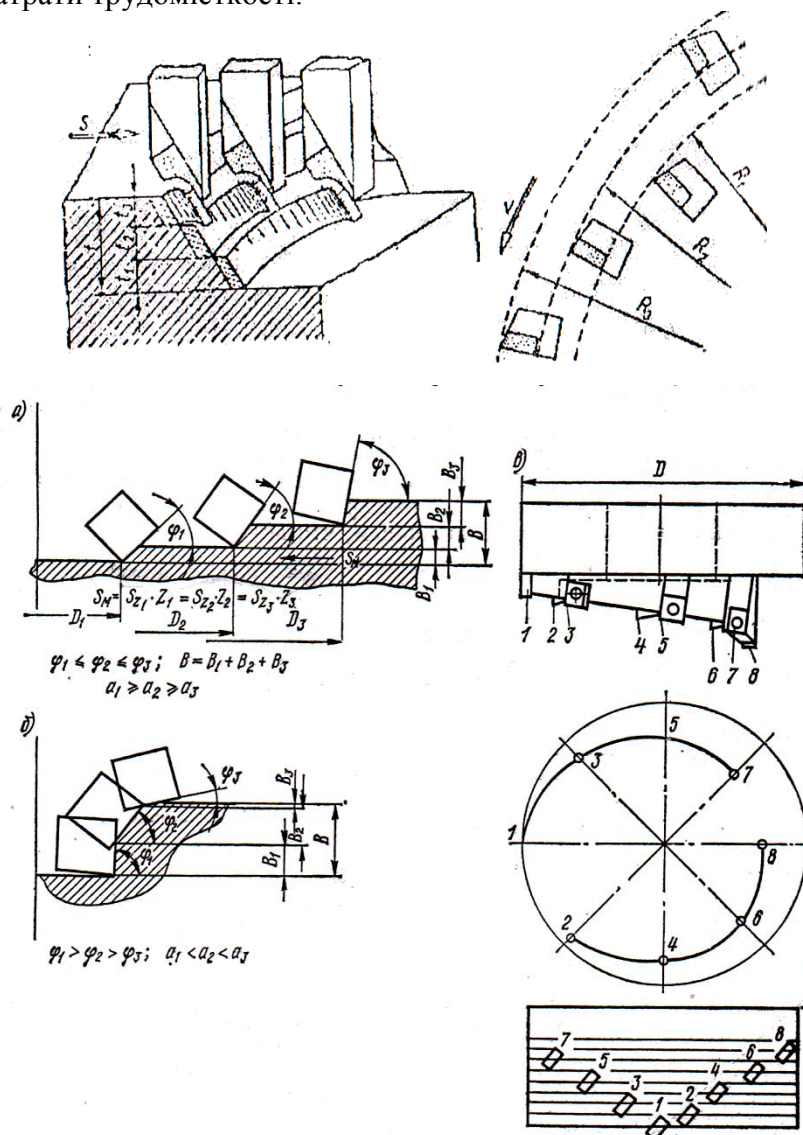


Рис. 1 – Схема ступінчастого фрезерування

При необхідності знімання збільшеного припуску металу використовують ступінчасті схеми розміщення ножів (див. рис. 1, а-в). Ножі при цьому розміщуються в декілька рядів (див. рис. 1, а), ($\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$), кожен ряд на своєму діаметрі, який відрізняється від діаметра

другого ряду на величину, що перевищує подвоєну подачу на оберт числа зубців ряду і на різній висоті, яка забезпечує розподіл припуску на обробку між рядами в потрібному співвідношенні. Інколи ножі кожного ряду мають різні кути в плані, ($\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$); ножі, які здійснюють чорнову обробку з кутом, приближеним до $\varphi=90^\circ$, ножі, які розміщені на других рівнях-менше значення φ .

При фрезеруванні площини деталі за схемою прогресивного фрезерування, торцева стандартна фреза встановлюється на спеціальну оправку, яка має таку конструкцію. Посадочна шийка з торцем оправки під фрезу виконується під деяким кутом $\alpha = 3 \dots 9^\circ$ до осі хвостовика, яка збігається з віссю обертання. Кутове розташування корпуса фрези забезпечує різний торцевий виліт різальних ножів відносно площини фрезерування. При цьому, кожний ніж працює в своїй горизонтальній площині паралельній площині фрезерування. Найбільшу різницю по висоті мають діаметрально розташовані зубці. В процесі обертання інструмента кожний наступний зуб врізається в оброблюваний матеріал на більшу глибину, як попередній, тобто, шар металу, що зрізується за один оберт інструмента, розподіляється між усіма різальними зубцями. Таким чином, різальні зубці працюють тільки частиною різальної кромки, що поліпшує умови роботи інструмента та підвищує його стійкість. Умови роботи зубців, теж поліпшуються із-за їх різного нахилу. Усі ці фактори дозволяють зменшувати витрати потужності на фрезерування до 50%.

Розглянемо проектування фрези торцевої для фрезерування площини деталі шириною 200 мм на глибину 20 мм. Матеріал заготовки: чавун СЧ 25 НВ = 197...217. Фрезерування площини деталі будемо виконувати торцевою фрезою $\varnothing 200$ мм з насадними ножами із твердого сплаву марки ВК8 встановленими на спеціальну оправку для прогресивного фрезерування (рис. 2, 3).

Геометричні параметри різальної частини фрези-протяжки:

- передній кут $\gamma = 15^\circ$;
- величина головного заднього кута в перетині перпендикулярно до осі фрези $\alpha = 12^\circ$;
- допоміжний задній кут $\alpha_1 = 8^\circ$;
- головний кут в плані $\varphi = 45^\circ$;
- допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 2^\circ$.

Конструктивні елементи фрези-протяжки:

- діаметр корпуса фрези приймається на 1,5...2,0 мм менше за діаметр фрези;
- число зубців фрези для обробки чавуну: $Z = 0,04 \times D + 2 = 0,04 \times 200 + 2 = 10$ шт.

Ми пропонуємо наступну методику розрахунку спеціальної оправки для фрези-протяжки. Розрахунок кута нахилу посадочної під отвір фрези-протяжки шийки оправки до осі хвостовика оправки знаходимо за розрахунковим припуском. Для того, щоб зубці, які знаходяться у верхній площині брали участь в роботі, розрахунковий припуск повинен бути меншим на величину усереднювального припуску на 1 зуб за глибиною, тобто:

$$t_{розр} = t_{\min} - \frac{t_{\min}}{Z_{фр}}; \quad (1)$$

де t_{\min} – мінімальний припуск рівний 20мм;

$Z_{фр}$ – число зубців фрези = 10 шт.

$$t_{розр} = 20 - \frac{20}{10} = 18 \text{ мм}$$

Тоді кут нахилу корпуса фрези α буде дорівнювати:

$$\arcsin \alpha = \frac{t_{розр}}{D_{фрез}} = \frac{18}{200} = 0,09; \quad \alpha = 5^\circ 12';$$

Так, як в даному випадку використовуються торцеві стандартні фрези, то при установці

їх на зміщену відносно осі обертання, оправку, дійсні головні та допоміжні кути в плані кожного ножа відрізняються від кутів в плані одержаних при заточці, а також один від другого.

Ніж, що працює в нижній площині має головний кут в плані:

$$\varphi_n = \varphi - \alpha = 45 - 12 = 33^\circ$$

допоміжний кут в плані:

$$\varphi'_n = \varphi' + \alpha = 2 + 12 = 14^\circ$$

Ніж, що працює у верхній площині має головний кут в плані:

$$\varphi_b = \varphi + \alpha = 45 + 12 = 57^\circ$$

допоміжний кут в плані:

$$\varphi'_b = \varphi' - \alpha = 2 - 12 = -10^\circ$$

Так, як допоміжні кути в плані малі за величиною, то заточку допоміжних кутів в плані потрібно виконувати під кутом:

$$\varphi'_{зат} = \varphi' + \alpha = 2 + 12 = 14^\circ$$

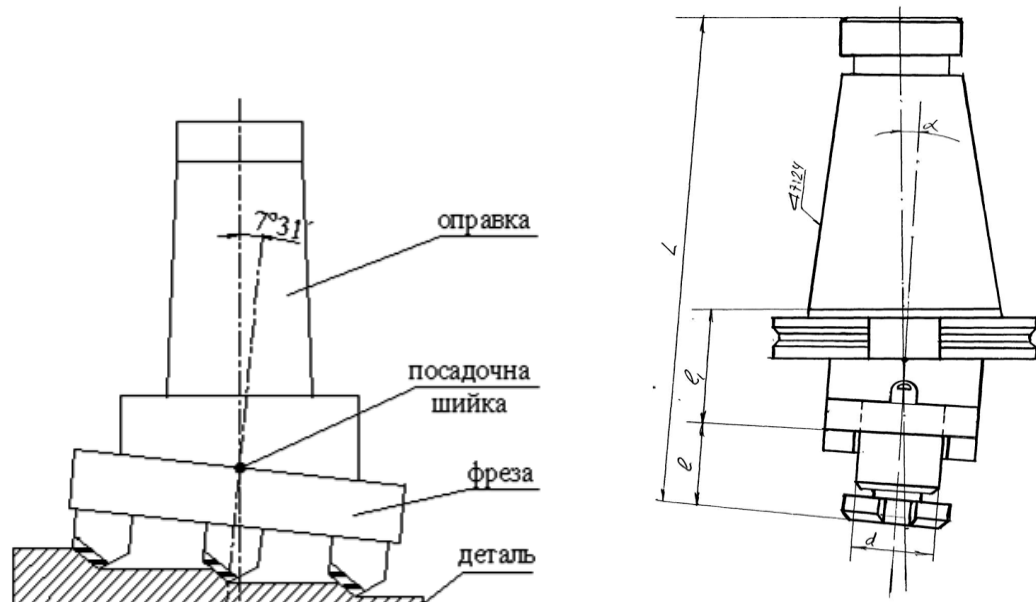


Рис. 2 – Схема прогресивного процесу фрезерування поверхні деталі та ескіз спеціальної оправки для фрези-протяжки

Модернізована конструкція спеціальної оправки зі зміщеним центром обертання фрези для фрези-протяжки дає можливість збільшити стійкість різальної пластини фрези-протяжки приблизно в 3 рази і зменшити трудомісткість виготовлення деталі в 4...5 раз, що значно впливає на зниження собівартості випуску виробів.

Список посилань

1. Григурко І.О. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. – Львів «Новий Світ – 2000». – 2010. – 576 с.
2. Григурко І.О. Технологія машинобудування (дипломне проектування) / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. – Львів «Новий Світ – 2000» – 2014. – 760 с.
3. Матюха П.Р. Теорія різання: Навчальний посібник. / П. Р. Матюха. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 206с.
4. Основы теории резания материалов: учебник для высших учебных заведений/ [Н.П.Мазур и др. под общей редакцией Н.П.Мазура.]. – Львов: Новый свет. – 2000 – 422 с.

УДК 621.822

Денисюк В.Ю., канд. техн. наук, доцент
Симонюк В.П., канд. техн. наук, доцент
Лапченко Ю.С., канд. техн. наук, доцент
Красовський В.В., ст. лаборант

Луцький національний технічний університет, v.denysiuk@lntu.edu.ua

ТЕХНОЛОГІЧНЕ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ НА ОПЕРАЦІЯХ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКІВ ПІДШИПНИКІВ

Актуальною на даний час є проблема забезпечення заданої якості та високої продуктивності шліфування заготовок з підшипникових сталей (ШХ4, ШХ15), які характеризуються високою твердістю (55-64 HRC) та схильні до виникнення теплових дефектів. Недоліками традиційних методів шліфування при обробленні таких матеріалів є складність отримання поверхонь необхідної точності за геометричними параметрами та якості за фізико-механічними характеристиками: виникнення припиків поверхневих шарів, зниження твердості та поява мікротріщин не допускається [1].

Оброблення деталей роликів підшипників супроводжується підвищеною теплонапруженістю процесу, яка зумовлена безперервністю процесу різання, значною контактною площею інструментальної поверхні з поверхнею заготовки, складністю подачі змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) в зону різання та є причиною появи припиків, руйнування зв'язки та підвищеного зношення круга, появи теплових деформацій вузлів технологічного обладнання. Зниження температури в зоні різання та забезпечення необхідних параметрів шорсткості роликів залишається на сьогоднішній день актуальною проблемою, яка може бути вирішена на основі комплексного підходу до дослідження й моделювання зв'язків технологічних чинників формоутворення з показниками якості поверхонь на формоутворюючих операціях чорнового та напівчистового шліфування. Забезпечення стабілізації теплового потоку на операціях безцентрового шліфування поверхонь обертання роликів підшипників та зниження контактних температур є основним завданням під час оброблення [2].

Абразивне оброблення поверхонь обертання роликів підшипників забезпечується шліфувальними кругами круглого профілю з робочими поверхнями. Шліфування поверхонь такими кругами ускладнює підвід ЗОР в зону оброблення, оскільки уся поверхня ролика знаходиться в безперервному контакті з робочою поверхнею шліфувального круга, що часто призводить до появи припиків таких поверхонь. Окрім того, під час шліфування кругом зростає дуга контакту зерен, ускладнюється відведення стружки із зони різання. Стружка вдавлюється в пори круга, закріплюється в них, що спричиняє інтенсивне замащування круга та призводить до зростання контактних температур (1000-1200°C) в зоні шліфування, зміні фізико-механічних та погіршенні експлуатаційних властивостей поверхневих шарів.

Застосування переривчастих шліфувальних кругів в технологічному циклі оброблення роликів підшипників є високопродуктивним методом оброблення. Це пояснюється тим, що такі шліфувальні круги можуть працювати при підвищених швидкостях, що дає змогу зменшити силу різання, яка припадає на одичне зерно абразиву та підвищити зносостійкість такого шліфувального круга, зменшити теплонапруженість процесу різання та уникнути появи припиків поверхонь, що обробляються, забезпечити задані параметри мікрогеометрії, значно зменшити використання ЗОР.

Температуру в зоні шліфування можна знизити, якщо шліфування проводити з певними розривами, причому тривалість різання між цими розривами зробити менше часу теплового насичення металу і за час розриву частково охолодити поверхню. Такий процес

можна здійснити кругами, які мають на робочій поверхні ряд виступів, що чергуються і впадин певної довжини. Переривчасті шліфувальні круги характеризуються рядом геометричних та конструктивних параметрів, від величини значень яких буде залежати теплонапруженість процесу різання. До основних геометричних параметрів переривчастого круга можна віднести: кількість пазів, довжина ріжучого виступу та впадини. Конструктивні параметри визначаються формою впадин між ріжучими частинами, наявністю демпфуючих елементів тощо.

Наявність вирізів на шліфувальному крузі, утворених під кутом β до осі його обертання сприяють подачі в зону різання потоку повітря під підвищеним тиском. Потужний струмінь повітря видуває стружку із зони різання, пришвидшує процес її окислення та згорання. Окислена стружка стає ламкою, набуває округлену форму, не налипає на поверхню зерен і не проникає в пори круга. Переривчасті шліфувальні круги з похилими ріжучими виступами забезпечують прокачування ЗОР і повітря через прорізи, що дозволяє зменшити теплонапруженість процесу різання. Шліфувальні переривчасті круги можливо виготовляти і з прямими ріжучими виступами в такому випадку для видалення стружки через шпindel верстата в зону різання подається ЗОР під тиском, яка під дією відцентрової сили разом зі стружкою потрапляє в очисні резервуари.

Важливими параметрами переривчастого круга, що найбільше впливають на мікрогеометричні параметри шліфованої поверхні та теплонапруженість процесу шліфування, є кут нахилу гвинтових канавок до торцевої поверхні круга β , кількість та ширина гвинтових канавок. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлено, що найкращі умови шліфування з огляду на теплонапруженість процесу та динамічні характеристики шліфувального круга спостерігалися за умови, що кількість канавок рівна 8–12 для діаметра круга 500 мм, ширина канавки не повинна перевищувати 1/3 довжини заготовки ролика і рівна 8–12 мм. Встановлено, що оптимальне значення кута нахилу гвинтових канавок $\beta=45^\circ$. Таке розміщення канавок шліфувального круга забезпечує переривчастість процесу шліфування в осьовому напрямку (напрямок подачі) і в напрямку різання по дотичній до поверхні, яка шліфується. Важливим конструктивно-технологічним чинником процесу шліфування є співвідношення напрямку обертання круга та напрямку нахилу гвинтової канавки круга. Напрямок обертання і напрям нахилу канавки повинні співпадати. Ця умова забезпечує краще переміщення роликів в напрямку повздовжньої подачі під час шліфування.

Виявлено, що причинами виникнення температурних дефектів, тріщин на шліфованих поверхнях під час безцентрового абразивного оброблення, є високі температури в зоні різання ($1000^\circ-1800^\circ\text{C}$). За рахунок впровадження в технологічний процес виготовлення конічних роликів переривчастого шліфування, зменшено температуру в зоні різання на 30%. Визначено, що показники мікро- та макрогеометрії поверхонь обертання роликів на безцентрово-шліфувальних операціях за умов шліфування переривчастими кругами в 1,8-2 рази покращились, ніж під час використання суцільних кругів.

Список посилань

1. Пташенчук В.В. Підвищення ефективності оброблення торців кілець роликотідшипників методом переривчастого шліфування: монографія / В.В. Пташенчук, В.Ю. Денисюк, В.Ю. Заблоцький, Д.А. Захарчук. – Луцьк: Вежа-Друк, 2017. – 128 с.
2. Лук'янчук Ю.А. Застосування переривчастих шліфувальних кругів на операціях безцентрового шліфування робочих поверхонь роликів підшипників / Ю.А. Лук'янчук, В.Ю. Денисюк, В.Т. Михалевич // Вісник Хмельницького технічного університету: науковий журнал. Серія: технічні науки. №2(211). 2014. – Хмельницький: Вид-во Хмельницького НУ, 2014. – С. 12–16.

УДК 621.91

Danylenko O. V., PhD, Associate Professor
Chechotkina A. M., student

National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“,
alednlk@gmail.com

COMPUTERIZED RESEARCH OF TEMPERATURE DEFORMATIONS OF A MACHINE

Despite the irreplaceability of direct experiments, in order to exclude random and systematic errors, as a means of measuring techniques, and conditions for conducting tests, to examine the temperature deformations of the machine, in the work computing experiments were carried out on a computer model. In order to minimizing the simulation time and increase the convenience of performing the analysis of the obtained results, so there was developed a methodology [1] for computer simulation of the thermal characteristics of the machine.

For researching of the thermodeformation condition, there was selected a horizontal turning machine with a CNC PAB-130. The examination was conducted using Autodesk Inventor and Autodesk Simulation CFD for thermal calculations.

An analysis of previous work [1, 3] allows us to determine rational cyclograms of the machine and cutting modes. The given results of researches of thermodeformation state of a machine tool confirm the expediency of the proposed methodology and selected operating modes: continuous operation; heating-cooling mode; variable mode of operation, etc. Typically, thermal tests in conditions of continuous operation of the machine are carried out at the following spindle speeds: 800, 1000, 1250, 1600 and 2000 rpm. [1].

Researching shows that two methods are used to calculate the heat release:

1. Temperature sensors with magnetic fasteners, which are often installed on open surfaces of the carrier system of IRR.

The choice of the arrangement of temperature sensors and indicator heads is determined by two factors: the characteristics of the measuring equipment and the accumulated experience of thermal tests of the machine tools of such a layout. This method is best at complex diagnostics.

2. Infrared imagers.

Optical electronic device for visualization of temperature field and temperature measurement. The thermal imaging camera is embedded in digital multimeters to detect places of overheating of electronic devices.

The analysis of the performed work makes it possible to develop a scheme for planning and implementation of the computer simulation of the thermal characteristics of the machine for further research.

Due to the Autodesk Simulation CFD, it was discovered that the main engine, the coordinate displacement engine and the executive cutting bodies are the most suitable for heating.

It is possible to make a review in order of the solution to heating problems: it is proposed to provide equal temperature regime in the mechanisms and knots of the machine, for example, facilitates preheating the system. The temperature error of the machine can also be reduced by introducing correction into the drive of feedings from signals of temperature sensors; to introduce a compressor system for cooling the spindle or cooling water (often for motor-spindle), etc.

Developed methods of computer modeling of the thermal characteristics of the machine worked in the conditions of changing thermal regimes, which allows to perform a variety of analysis in automatic mode due to the use of developed software. This analysis simplifies the model and algorithms for problem solving, which in turn saves time and finances.

So, the main advantage of computer simulation of heating sources of the machine is a quick way of finding problems and eliminating them.

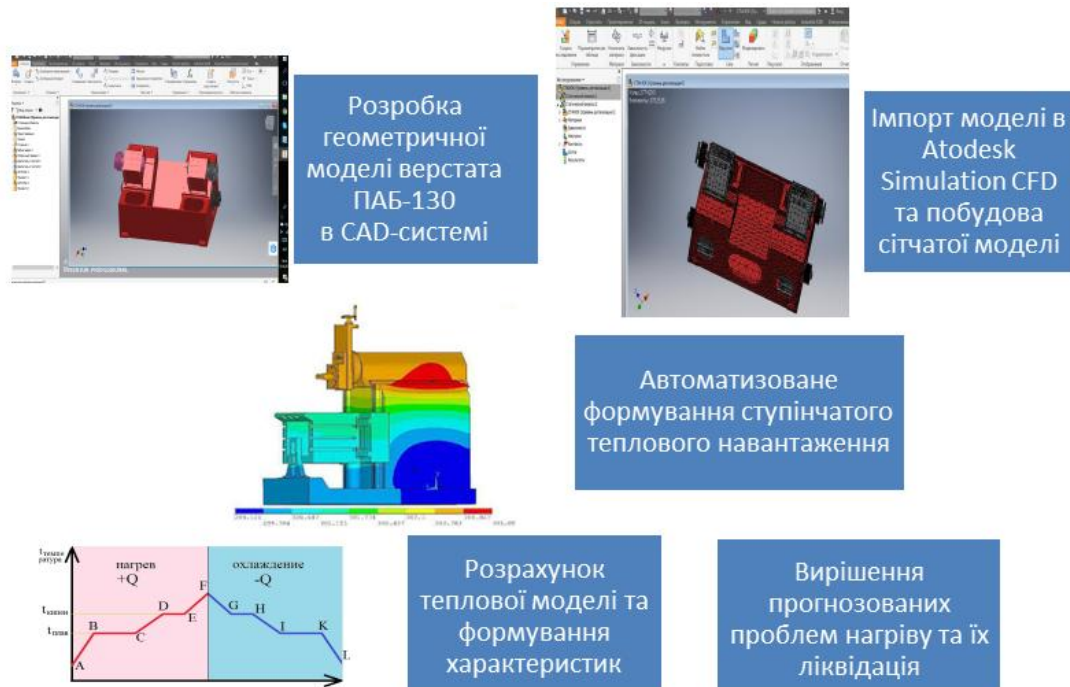


Fig.1 – Scheme of realization the method of computer simulation of the thermal characteristics of the machine

List of references

1. Поляков А. Н. Прогнозирование температурных смещений исполнительных органов станка. / Поляков А. Н., Марусич К. В., Никитина И. П. // Вестник УГАТУ. – Уфа: УГАТУ, 2012. – Т. 16. – № 4 (49). – С. 105-112
2. Поляков. А.Н. Исследование тепловых деформаций в МРС / А.Н. Поляков, А.Н. Гончаров, К.В. Марусич // Технологии машиностроения. – 2011. – №2. – С. 11-16
3. Кузнецов А.П. Тепловой режим металлорежущих станков. / А. П. Кузнецов. – М.: МГТУ «Станкин», Янус-К, 2013 – 480 с.

УДК 539.219.3:53.09

Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, профессор
Богданов С.Е., канд. физ.- мат. наук
Богданов Е.И., канд. физ.- мат. наук
Ворона С.П., вед. инженер

Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, vmazanko@imp.kiev.ua

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СПЛАВА ВК 8 СО Ст.20 ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ЛЕГИРОВАНИИ

Важным проблемным звеном современных отраслей машиностроения и приборостроения остается вопрос о том, как увеличить срок службы деталей машин, работающих в экстремальных условиях и их реновации. В настоящей работе сделана попытка частично решить этот вопрос.

Объектом исследования служила Ст.20, на которую наносили сплав ВК 8. Образцы (d=15мм; h=10мм) обрабатывали методом электроискрового легирования, а после нанесения покрытия их подвергали ультразвуковой [1] и импульсной механической ударной обработке. Исследование образцов проводили рентгеновским и дюрOMETрическими методами. Для исследования процессов переноса атомов использовали радиоактивные изотопы.

В данной работе, как отмечалось выше, проводили рентгеноструктурный анализ. Необходимость его проведения очевидна, так как в процессе ЭИЛ и механической обработки образцов Ст. 20 в них происходят фазовые и структурные изменения.

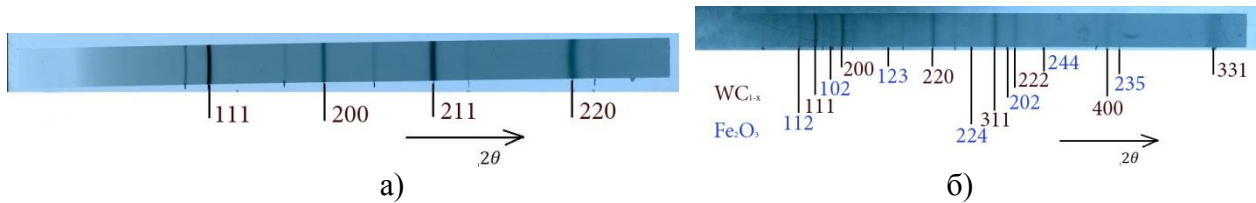


Рис. 1 – Рентгенограмма образца Ст. 20 в исходном состоянии после стабилизирующего отжига а) и рентгенограмма образца Ст. 20 после ЭИЛ б)

Как следует из анализа рентгенограммы (рис.1, а), основой обрабатываемого образца является α -Fe. После электроискрового легирования Ст. 20 анодом ВК 8, рентгенограмма существенно изменяется (рис.1, б).

Анализ рентгенограммы на (рис.1, а) свидетельствует о том, что в процессе легирования Ст. 20 сплавом ВК 8 в поверхностном слое образца образуются фазы, в которых присутствуют элементы, входящие в состав анода, катода и среды. На рентгенограмме присутствуют рефлексы карбида вольфрама WC_{1-x} (нестехиометрического состава). Также, присутствует оксид железа, который образуется при окислении металлической основы (Ст. 20) в процессе легирования. Этот результат совпадает с данными полученными другими авторами [2], которые проводили электроискровое легирование сталей сплавом ВК 8 в разных средах: газах, жидкостях, а также смеси этих сред.

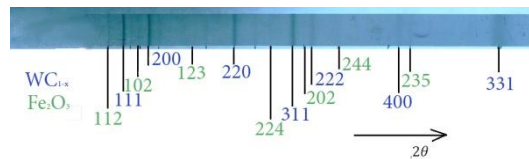


Рис. 2 – Рентгенограмма образца Ст. 20 после ЭИЛ и ударной механической обработки (T = 293 К, вес ударника P = 40 кг)

После ударной механической обработки получены аналогичные результаты. Соответственно, ударная обработка (в пределах точности метода) на фазовое состояние системы Ст. 20 – ВК 8 не влияет. Подобный результат получили и при УЗУО образцов Ст. 20 после электроискрового легирования.

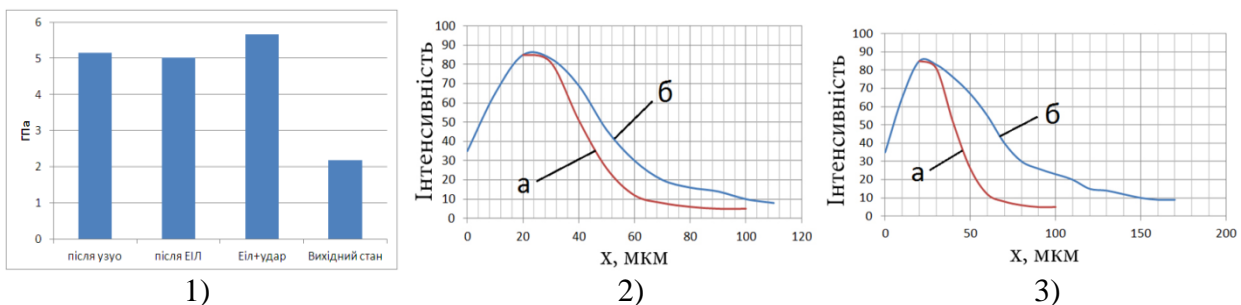


Рис.3 – Гистограмма изменения микротвердости образцов в зависимости от вида обработки: рис. 3-1 концентрационные кривые распределения радиоактивного изотопа, рис. 3-2: после ЭИЛ (а); после УЗУО (б). Концентрационные кривые распределения радиоактивного изотопа, рис. 3-3: после ЭИЛ – (а) и ударной обработки – (б).

Анализ представленной гистограммы свидетельствует о том, что любой вид обработки (ЭИЛ, УЗУО, Удар) существенно повышает микротвердость. Образец после

электроискрового легирования имеет прочность 5 ГПа. Коэффициент упрочнения или отношение данного значения к микротвердости исходного образца равен ~3.1. Как следует из рис. 3-1 обработка образцов с покрытием по схемам УЗУО и Удар также приводит к увеличению микротвердости, но в меньшей степени.

Обработка покрытия УЗУО и ударом приводят к резкому уменьшению толщины покрытия (с 40 до 20 мкм) в обоих случаях. Кроме того, увеличивается зона массопереноса в объеме образца. При УЗУО рост зоны массопереноса составляет порядка 10 мкм, а при ударной механической обработке порядка 90 мкм, то есть значительно больше, чем при УЗУО (рис. 3-2 и 3).

Такая разница в глубинах проникновения атомов в объем образца при УЗУО и ударной обработке (при ударной обработке этот параметр в 9 раз больше, чем при УЗУО) может быть связана с проявлением аномального массопереноса, который был обнаружен при исследовании диффузионных процессов в металлах при ударной сварке в вакууме [3].

Таким образом, как следует из приведенных результатов, комбинированная обработка покрытий на металлах и сплавах оказывает существенное влияние на их механические и физические характеристики. При этом возникает возможность целенаправленно воздействовать на свойства покрытий изменением схем и последовательности их обработок.

Список ссылок

1. Прокопенко Г.И. Структурные изменения в сталях при ультразвуковой ударной обработке. / Г.И. Прокопенко, Б.Н. Мордюк, П.Ю. Волосевич, Н.А. Ефимов. // Металлофизика и новейшие технологии. – 2008, т.30, – №8. – с.1079-1086.
2. Бурумкулов Ф.Х. Восстановление и упрочнение деталей электроискровым методом. / Ф.Х. Бурумкулов, Р.А. Латинов, Л.М. Лельчук // Сварочное производство, 1998. – №2. – с 37-41.
3. Герцрикен Д.С. Массоперенос в металах при низких температурах в условиях внешних воздействий. / Д.С. Герцрикен, В.Ф. Мазанко, В.М. Тышкевич, В.М. Фальченко. –Киев, РИО ИМФ, 1999. – с. 436.

УДК: 539.219.3

Мазанко В.Ф., докт. техн. наук, профессор

Филатов А.В., докт. физ.-мат. наук

Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев, vmazanko@imp.kiev.ua

Шипицын С.Я., докт. техн. наук,

Степанова Т.В.

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев,

odus@ptima.kiev.ua

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ УГЛЕРОДА В СТАЛЯХ В УСЛОВИЯХ ИСПЫТАНИЙ НА УСТАЛОСТНУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ

Явление повышения на порядки массопереноса элементов и растворения цементитных фаз при высокоскоростной упругой и пластической деформации установлено еще в 80-90-х годах прошлого столетия [1,2]. Однако, закономерности направления массопереноса углерода и влияния на них структурных параметров матрицы до конца не изучены.

Объектами исследований по данному вопросу были сталь 45Х1Г1С без и с дисперсионным нитридным упрочнением, изготовленные по технологии ФТИМС НАН Украины [3], радиоактивный изотоп углерода С-14 в стали вводили по методике [4, 5], а распределение углерода после испытаний образцов на усталостную выносливость определяли методом автордиографии [6, 7]. Усталостную выносливость сталей определяли методом симметрического консольного изгиба плоского образца при частоте нагружения 25Гц.

Металлографический анализ показал, что дисперсионное упрочнение матрицы наноразмерными частицами VN существенно, до 2-х раз, сокращает зону растворения цементитной фазы (рис.1).

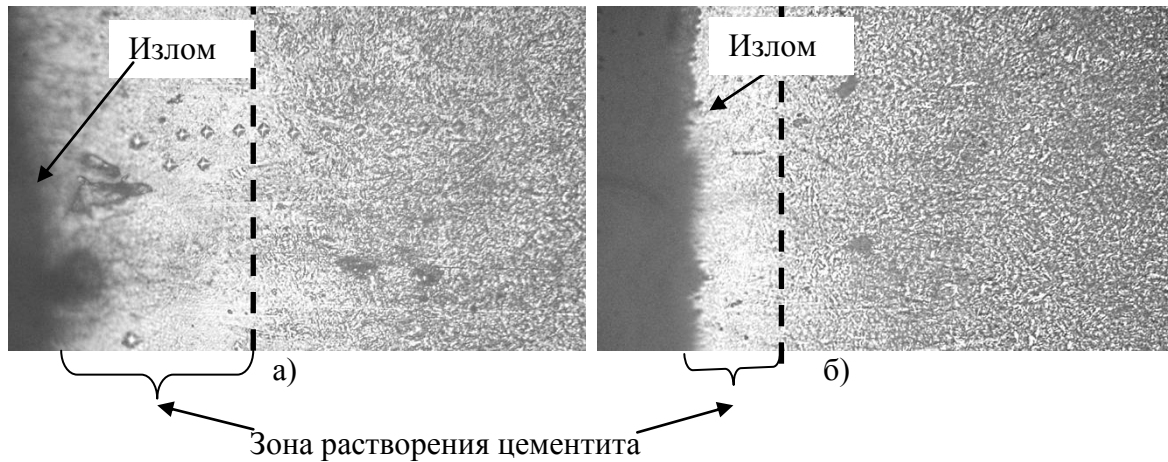


Рис. 1 – Микроструктура сталей без (а) и с дисперсионным нитридным упрочнением (б) (x400)

Исследования на Оже-микронде с полевым эмиссионным катодом JAMP-9500F фирмы JOEL (Япония) не установили изменение распределения углерода в зоне усталостного разрушения образцов, а метод автордиографии, по достоверности на несколько порядков превышающий погрешность эксперимента, показал, что дисперсионная фаза VN повышает концентрацию углерода в зоне усталостного разрушения (рис. 2).

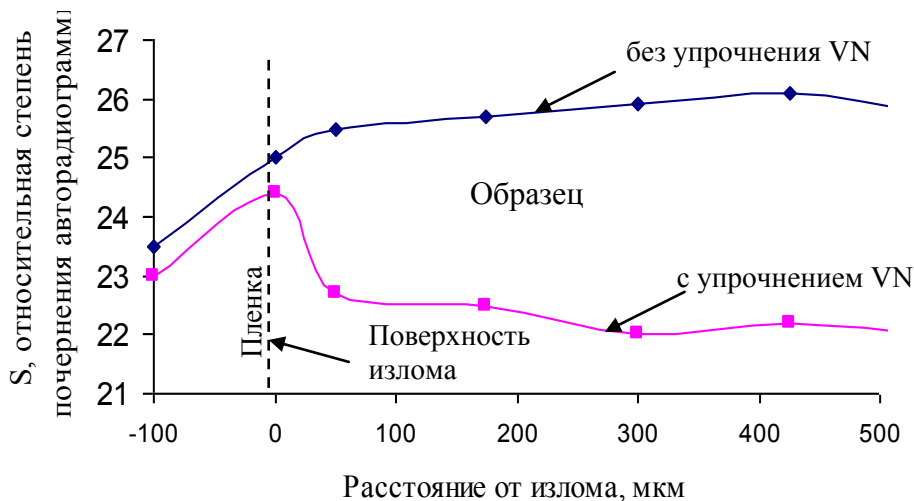


Рис. 2 – Концентрационные кривые распределения радиоактивного изотопа С-14 в сталях после испытаний на усталостную выносливость.

Полученные экспериментальные данные, а именно, повышение, за счет дисперсионного упрочнения матрицы частицами VN до 5 раз, усталостной выносливости стали, сокращение в 1,5-2,5 раза зоны растворения цементитной фазы в области усталостного разрушения, повышения в ней прочности (микротвердости) металла и накопления углерода позволяют сделать вывод, что основной причиной, по-видимому, является снижение подвижности деформационных дислокаций за счет упрочнения матрицы частицами VN по механизму Орована.

Список ссылок

1. Герцрикен В.Ф. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах./ В. Ф. Герцрикен, В. Ф. Мазанко, В. М. Фальченко. – Киев: Наук. думка. – 1991. – 204 с.
2. Гаврилюк В.Г. Распределение углерода в стали. / В. Г. Гаврилюк – Киев: Наукова думка. – 1987. – 208 с.
3. Бабаскин Ю.З. Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой. / Ю. З. Бабаскин, С. Я. Шипицын, И. Ф. Кирчу. – Киев: Наук. думка. – 2005. – 371 с.
4. Химико-термическая обработка металлов и сплавов [Текст] : справочник / Г. В. Борисенко [и др.] ; ред. Л. С. Ляхович. - Москва : Металлургия, 1981. - 424 с.
5. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М; Металлургия, 1985. – 256 с.
6. Аналитическая автордиография / [Ю. Ф. Бабилова, А. А. Гусаков, В. М. Минаев, Г. Г. Рябова]. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 158 с.
7. Лариков Л.Н. Диффузия в металлах и сплавах. Справочник. / Л. Н. Лариков, В. И. Исайчев – Киев; Наук. думка. – 1987. – 511 с.

УДК 621.941.025

Юрченко Ю.Д., канд. техн. наук, доцент

Черкаський державний технологічний університет, yurchenkoyd@ukr.net

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ЧИСТОВОМУ ТОЧІННІ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ РІЗЦЯМИ З ВНУТРІШНІМ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯМ

Ефективне застосування збірних токарних різців з внутрішнім тепловідведенням [1] для обробки нержавіючих та жаростійких сталей аустенітного класу може бути досягнуте за умови їх роботи на оптимальних режимах різання, що забезпечують максимальну продуктивність обробки для заданих умов і вимог до точності та якості оброблених поверхонь.

Мета даної роботи полягала у розробці математичної моделі, що дозволяє визначати оптимальні режими різання при чистовій токарній обробці аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням.

Проведений аналіз ряду публікацій, присвячених оптимізації режимів різання, показав, що найбільш поширеним методом оптимізації режимів різання є метод лінійного програмування [2, 3]. Метод дозволяє здійснювати одночасну оптимізацію швидкості різання і подачі з урахуванням діючих при різанні обмежень за критерієм максимальної продуктивності. В той же час слід зазначити, що математичні моделі та методи, представлені у наведених вище та ряді інших робіт, не дозволяють у повній мірі вирішувати задачі з оптимізації режимів різання при обробці інструментами з внутрішнім тепловідведенням, оскільки не враховують ряд особливостей такої обробки [4, 5].

Виходячи з наведеного, автором було сформульовано задачу розробки математичної моделі процесу різання, яка б враховувала особливості обробки аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням і дозволяла визначати оптимальні режими різання при чистовій токарній обробці такими інструментами.

За цільову функцію була прийнята продуктивність обробки, максимум якої досягається при мінімумі основного часу, або максимумі добутку $n \cdot s \rightarrow \max$.

Для вирішення задачі оптимізації режимів різання були встановлені наступні критерії та обмеження: 1) по швидкості різання відповідно до стійкості інструмента; 2) по шорсткості поверхні; 3) по потужності привода головного руху; 4) по точності обробки; 5) за гранично допустимими діапазонами частот обертання шпинделя і подачі.

В результаті лінеаризації цільової функції і обмежень шляхом логарифмування і ввівши позначення $x_1 = \ln 100S$, $x_2 = \ln n$, була отримана математична модель процесу різання, що виражена наступною системою лінійних нерівностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_v \cdot x_1 + x_2 \leq b_1, \\ 0.58 \cdot x_1 - 0.06 \cdot x_2 \leq b_2, \\ y_{p_z} \cdot x_1 + (n_{p_z} + 1) \cdot x_2 \leq b_3, \\ y_{p_y} \cdot x_1 + n_{p_y} \cdot x_2 \leq b_4, \\ x_1 \geq b_5, x_1 \leq b_6, \\ x_2 \geq b_7, x_2 \leq b_8, \\ (x_1 + x_2) \rightarrow \max, \end{array} \right. \quad (1) \quad \left\{ \begin{array}{l} b_1 = \ln \left(\frac{1000 \cdot C_v \cdot k_v \cdot 100^{y_v}}{D \cdot \pi \cdot T^{m_v} \cdot t^{x_v}} \right), \\ b_2 = \ln \left(\frac{Ra \cdot (\pi \cdot D)^{0.06} \cdot r^{0.65} \cdot HB^{0.05} \cdot 100^{0.58}}{0.85 \cdot 1000^{0.06} \cdot t^{0.31} \cdot \varphi^{0.4} \cdot \varphi_1^{0.4}} \right), \\ b_3 = \ln \left(\frac{6120 \cdot 1000^{(n_{p_z}+1)} \cdot N \cdot \eta \cdot 100^{y_{p_z}}}{C_{p_z} \cdot t^{x_{p_z}} \cdot D^{(n_{p_z}+1)} \cdot \pi^{(n_{p_z}+1)} \cdot k_{p_z}} \right), \\ b_4 = \ln \left(\frac{0.05 \cdot T_d \cdot 1000^{n_{p_y}} \cdot 3 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot L \cdot \pi \cdot D_1^4 \cdot 100^{y_{p_y}}}{64 \cdot C_{p_y} \cdot t^{x_{p_y}} \cdot D^{n_{p_y}} \cdot \pi^{n_{p_y}} \cdot k_{p_y} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2 \cdot \left(L - \frac{L}{2}\right)^2} \right), \\ b_5 = \ln n_{\min}, \quad b_6 = \ln n_{\max}, \quad b_7 = \ln S_{\min}, \quad b_8 = \ln S_{\max}. \end{array} \right.$$

Встановлені коефіцієнти і показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і стійкості на швидкість різання [5]: $C_v = 195$; $m_v = 0.25$; $k_v = 1.0$; $x_v = 0.15$; $y_v = 0.45$. Коефіцієнти і показники, що характеризують ступінь впливу глибини, подачі і швидкості на силу різання мали значення: $C_{p_z} = 340$; $k_{p_z} = 1$; $x_{p_z} = 0.95$; $y_{p_z} = 0.75$; $n_{p_z} = -0.15$; $C_{p_y} = 243$; $k_{p_y} = 1$; $x_{p_y} = 0.9$; $y_{p_y} = 0.6$; $n_{p_y} = -0.3$.

В роботі виконане також графічне представлення наведеної математичної моделі, визначені область можливих рішень та оптимальні значення подачі і частоти обертання. На основі даної математичної моделі в середовищі MathCAD була розроблена прикладна програма, що дозволила з мінімальними витратами часу визначати оптимальні режими різання. Використання вказаної програми дозволило розробити практичні рекомендації для призначення режимів різання при обробці аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням.

Результати розрахунку оптимальної швидкості різання, отримані з допомогою наведеної математичної моделі, підтверджуються раніше проведеними для аналогічних умов експериментальними дослідженнями [4, 5], де оптимальна швидкість різання $V_{\text{опт}}$ визначалась виходячи з оптимальної температури різання $\Theta_{\text{опт}}$ для відповідної пари інструментального та оброблюваного матеріалів. Розбіжності результатів при цьому становили не більше 3-5%, що підтверджує адекватність розробленої математичної моделі.

Промислові випробування збірних токарних різців з внутрішнім тепловідведенням на заводі ТОВ «Черкасиелеватормаш» показали, що при обробці деталей із жароміцних та корозійностійких сталей на рекомендованих режимах різання було досягнуто підвищення зносостійкості багатогранних твердосплавних пластин в 1,5...1,8 рази та продуктивності обробки деталей на 30...50% у порівнянні з різцями стандартизованих конструкцій.

Список посилань

1. Юрченко Ю.Д., Мироненко В.В. Різець збірний // Патент України на корисну модель № 67609 МПК В23В 27/16 (2006.01) заявл. 05.09.2011, опубл. 27.02.2012, бюл. №4.].
2. Пестрецов С.И. Компьютерное моделирование и оптимизация процессов резания: учеб.пособие / С.И. Пестрецов. – Тамбов: Изд-во Тамб.гос. техн.ун-та, 2009 – 104с.
3. Мироненко, С. В. Загальні принципи розробки моделей для вибору оптимальних режимів різання при чистовому точінні сталей на основі використання енергетичного критерію / С. В. Мироненко, В. В. Калініченко, В. Ф. Колесник // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Вип. 2. Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – С. 48–57.

4. Кальченко В.В. Обробка аустенітних сталей токарними різцями з внутрішнім тепловідведенням / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник наукових праць. – Чернігів: ЧДТУ, 2011. – №4(53). – С. 79-85.
5. Кальченко В. В. Дослідження температури різання при точінні різцями з внутрішнім тепловідведенням / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Збірник наукових праць. – Чернігів: ЧДТУ, 2012. – №1(55). – С.114-125.

УДК 678.7:621.855

Пилипенко О.І., докт. техн. наук, професор
Чернігівський національний технологічний університет, opilip@ukr.net

РЕСУРСОЩАДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Фундаментом сучасної технологічної цивілізації є здатність виробляти все більше продукції при зменшенні при цьому використання матеріалів і енергії. Успішне вирішення економічних, енергетичних та екологічних проблем полягає передусім в застосуванні нових конструктивних матеріалів, зокрема, полімерних композитів для виробництва деталей машин [1, 2].

Деталі приводів машин традиційно виготовлялися в основному зі сталі, що в багатьох випадках не раціонально. Наприклад, зубчасті та ланцюгові передачі з полімерних композитів знаходять все більше застосування в багатьох галузях машинобудування, зокрема, в роботобудуванні, текстильному, поліграфічному, харчопереробному, сільсько-господарському машинобудуванні. Це відкриває можливості роботи машин та обладнання без вібрацій, робочого шуму, змащування, дозволяє гасити ударні та динамічні навантаження [3].

Виробництво деталей машин з полімерних композитів є маловідходним і не енерговитратним. З полімерних композитів легше виготовити деталі машин складних форм, вони настільки технологічні, що дають змогу створювати так звані інтегровані деталі, виробництво яких з металу або занадто вартісне, або взагалі неможливе [3, 4, 5].

Густина полімерних матеріалів в декілька разів менше густини сталі, отже, і енерговитрати при розгоні та гальмуванні полімерних деталей значно менші, що дає можливість підвищувати частоти обертання.

Щоб зменшити споживання матеріальних та енергетичних ресурсів під час виробництва деталей машин, треба підвищувати якість конструювання за рахунок врахування динамічних навантажень, оптимізації їх параметрів, зокрема, ваги конструкцій [6]. З тою ж метою треба застосовувати нові технологічні процеси з високим коефіцієнтом використання матеріалів, об'ємним формуванням деталей машин за одну технологічну операцію, що дасть можливість отримувати деталі без будь-якої подальшої обробки, але і отримувати інтегровані деталі, які суміщують в собі декілька деталей традиційного виготовлення, що базувалися на численних технологічних операціях різання окремих поверхонь.

З метою покращення якісних і функціональних характеристик полімерних матеріалів великотонажного виробництва, що не завжди відповідають вимогам деталей високої якості, застосовують різні наповнювачі, використовуючи при цьому і відходи різних галузей промисловості [6].

Лабораторією полімерних деталей машин (ПДМ) ЧНТУ розроблені та впроваджені у виробництво на ряді машинобудівних підприємств України, Росії і Білорусії приводні та натяжні зірочки і ланцюги ланцюгових передач, циліндричні та конічні зубчасті колеса різних модулів з полімерних композитів. Як результат – знизилася втрата від корозії (полімерні деталі машин не кородують на відміну від деталей зі сталі, які треба ще покривати хромом, наприклад, для машин та обладнання харчопереробного

машинобудування), вібрацій і робочих шумів (10-25%), економія металу і енергоспоживання на 12-15%, знизився парк металорізального обладнання і необхідні площі цехів, трудомісткість виготовлення деталей машин знизилася в 6...10 разів, а собівартість – в середньому в 2,5 рази [6]. Коефіцієнт використання матеріалу склав 0,95 (проти 0,74 для сталевих деталей) як результат застосування високопродуктивної і маловідходної технології виробництва полімерних деталей машин литвом під тиском в прес-форми на термопластавтоматах [1-6].

На рис. 1 представлені деякі типорозміри полімерних деталей машин, розроблених лабораторією ПДМ ЧНТУ і впроваджені у машинобудівне виробництво.

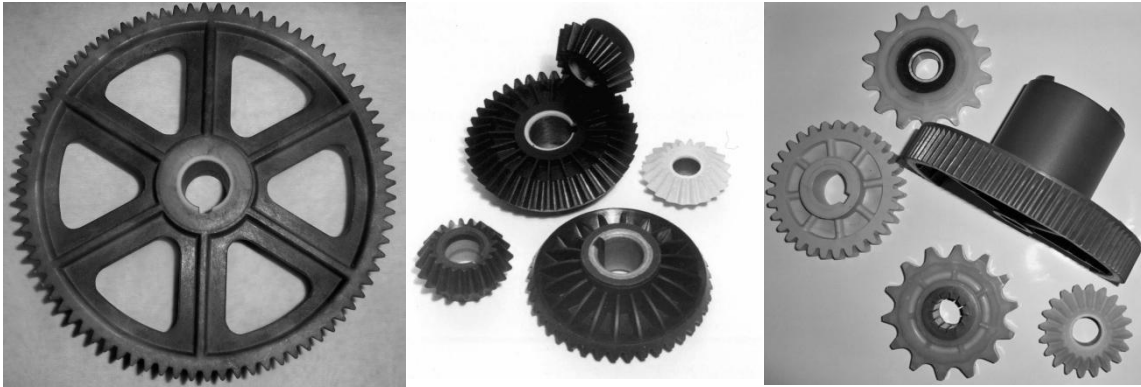


Рис. 1 – Деякі типорозміри полімерних деталей машин лабораторії ПДМ ЧНТУ

На рис. 2 показана запатентована пружна монолітна ланка, що являє собою інтегровану деталь, яка замінює декілька деталей стандартного виробництва зі сталі (два валики, дві втулки, два ролика, дві внутрішні та дві зовнішні пластини, тобто загалом 10 деталей) та відповідні складені з неї ланцюги різної рядності.

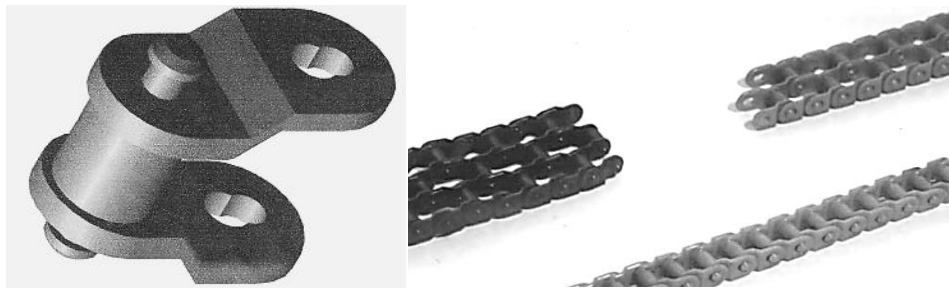


Рис. 2. Пружна монолітна ланка та складені з неї ланцюги

Представлені приклади деталей машин з полімерних композитів дають можливість дійти висновку, що застосування інтегрованих деталей конструкцій та їх виробництво за одну технологічну операцію литвом під тиском на термопластавтоматах дозволяє кардинально (в рази, а не на відсотки) знизити трудомісткість виробництва деталей машин і отримати при цьому ряд переваг конструктивного, технологічного та експлуатаційного характеру.

Список посилань

1. Pilipenko Oleg. Synthesis of Chain Drives Based on Dynamic Methods, New Materials and Technologies. Machine Design. Monograph. Novi Sad, Serbia, 2007. – P. 307-314.
2. Пилипенко О.И. Конструктивно-технологические аспекты изготовления приводных деталей машин из полимерных композитов. / О.И. Пилипенко // Scientific reports of the 8-th International Conference on Advanced Manufacturing Operations. Kranevo, Bulgaria. 2008 – С. 171-179.
3. Pilipenko Oleg. Designs, Manufacturing and Operation of the Integrated Parts of a Chain Drives from Polymeric Composites. / Oleg Pilipenko // Proceedings of the 13-th International Conference on Mechanical Engineering. Bratislava, Slovakia. 2010. – P. 113-120.

4. Пилипенко О.И. Технологии изготовления интегрированных деталей машин из полимерных композитов. / О.И. Пилипенко // Композитные материалы. – Том 4. – № 1. – 2010 – С. 139-141.
5. Пилипенко О.И. Интегрированные детали передач из полимерных композитов. / О.И. Пилипенко // Композитный мир. Специализированный журнал. – №1(40). – 2012. – С. 9-11.
6. Пилипенко О.И. Цепные передачи и приводы (динамический подход, новые материалы и технологии). Монография. / О.И. Пилипенко. – Чернигов, 2017 – 650 с.

УДК 621.914

Єрмоленко В.М., аспірант

Інститут надтвердих матеріалів ім. Бакуля НАН України, vetal.ermlenk@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРА ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ Fe-C

В умовах сучасного виробництва все більше поширюються деталі виготовлені з важкооброблюваних матеріалів, бо за допомогою таких матеріалів можна виготовлювати відносно малі за розміром та натомість міцні конструкції, вузли та механізми, які працюють за дуже високих температур, високого тиску, в інших складних умовах експлуатації. До важкооброблюваних сталей відносяться нікелеві, жаростійкі, нержавіючі, загартовані та броньовані. При цьому слід зазначити відсутність єдиної для всіх матеріалів причини важкооброблюваності та, відповідно, єдиного засобу її вирішення.

До основних причин важкооброблюваності можна віднести наступне [2]:

1. Підвищені значення механічних властивостей матеріалів, перш за все границя текучості, межі міцності, схильність матеріалу до деформаційного і швидкісного зміцнення, коефіцієнта ударної в'язкості і пластичності, які залежать від структури. Як наслідок великої різниці між границею текучості та міцності в процесі пластичного деформування відбувається зміцнення матеріалу.

2. Теплофізичні властивості матеріалів, перш за все теплопровідність, низьке значення якої призводить до значної концентрації теплової енергії безпосередньо в зоні контакту ріжучого клина з заготовкою та прилеглих поверхневих шарів, що, в свою чергу, призводить до високого значення температури в зоні контакту.

3. «Від'ємна» усадка стружки, тобто збільшення довжини при одночасному скороченні поперечних розмірів зрізаного шару при переході в стружку. Це призводить до підвищення швидкості ковзання стружки відносно передньої поверхні в порівнянні зі швидкістю різання, що підвищує потужність теплового потоку на передній поверхні і теплове навантаження на інструмент.

4. Адгезійний характер зношування різальної кромки і висока стираюча здатність стружки, внаслідок високих значень контактного навантаження, коефіцієнтів тертя на контактних поверхнях, високої твердості оброблюваного матеріалу через наявність карбідів та металевих включень.

5. Вібрація в процесі обробки як наслідок характеру стружкоутворення шляхом сколювання елементів оброблюваного матеріалу.

Твердосплавним інструментом оброблюються дані матеріали з використанням покриття чи за допомогою додаткових умов в процесі різання, але такий інструмент потребує багато часу для обробки, працює за малих швидкостей (від 30 до 70 м/хв), супроводжується інтенсивним зношуванням різального інструменту, що обумовлює не досить високу точність та якість оброблених поверхонь.

Композити на основі кубічного нітриду бору (ПКНБ), трохи поступаючись алмазу за твердістю, відрізняються високою термостійкістю, стійкістю до циклічного впливу високих температур і, що

особливо важливо, більш слабким хімічним взаємодією з залізом, що відразу позбавляє нас четвертої проблеми. Також, в залежності від марки може бути використані при обробці з ударом.

ПКНБ класу BL мають високу теплопровідність, що може допомогти вирішити другу проблему.

Використання ПКНБ в інструментах дозволяє збільшити продуктивність обробки деталей в порівнянні з продуктивністю при точінні твердосплавним інструментом в 3-6 разів, при шліфуванні абразивними колами відповідно в 8-12 разів, при фрезеруванні, планується отримати схожі результати.

Світові компанії з виробництва інструментів, в тому числі і фрезерного, вже мають деякі напрацювання в цьому напрямі. В таблиці нижче представлені матеріали та рекомендовані режими різання для обробки матеріалів вище вказаного класу.

Таблиця 1 – Матеріали та рекомендовані режими різання для обробки матеріалів

Матеріал	Жароміцні та сталі на основі Ni		Загартована сталь		
	Маркування інструменту	S, мм/об	V, м/хв	S, мм/об	V, м/хв
ТаeguTec					
ТВ610(BL)			0,05-0,2	150-350	
ТВ650(BL)				100-300	
ТВ670(BL)			0,1-0,3		
Walter					
WCB30(BL)			0,15-0,2	90-180	
WCB50(BH)				80-170	
Sumitomo Electric Hard Metal					
BN1000(BH)			0,03-0,15	150-200	
BN2000(BH)			0,03-0,2	80-120	
BNC100(BL)			0,03-0,2	150-250	
BNC160(BL)			0,03-0,2	150-220	
BNC200(BL)			0,03-0,25	80-170	
BNC300(BL)			0,03-0,3	80-120	
Tungaloy					
BX950(BH)	0,05-0,2	70-300			
BMX10(BL)			0,03-0,18	150-350	
BMX20(BL)			0,05-0,2	70-220	
Sandvik Coromand					
CB7050 (BL)			0,07-0,2	175-190	

Як ми можемо бачити з таблиці, фрезерування загартованих сталей добре досліджене питання, а обробка інших не дуже, тому дане питання потребує подальшого дослідження.

Список посилань

1. Бреев С.В. Высокоскоростное фрезерование труднообрабатываемых материалов: 2. Особенности обрабатываемости при фрезеровании / С.В. Бреев, А.Г. Серебренникова // Учёные записки – КнАГТУ. – №IV-1(16). – 2013. – с. 59-66.
2. Рыжкин, А.А. Обработка материалов резанием: учебное пособие / А.А. Рыжкин, К.Г. Шучев, М.М. Климов. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 411 с.
3. Таegu Tec: Материалы и сплавы – 2016р. – с.36
4. Walter: Каталог инструментов и материалов. – 2012. – 152 с.
5. Sumitomo Electric Hard Metal: Инструменты из CBN Серии SUMIBORON – 2012р. – с.21
6. Tungaloy: Металлорежущий инструмент – 2014р. – с.956

УДК 621.923

Солод В.Ю., канд. техн. наук, доцент
Кашинський І.С., аспірантДніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, morbo92@gmail.com**ШЛІФУВАЛЬНІ КРУГИ НА ОСНОВІ ПОЛІМІДІВ**

Одним з найважливіших шляхів вирішення проблеми обробки деталей з важкооброблюваних матеріалів є розробка робочого шару шліфувальних кругів, що представляє собою багатокомпонентну суміш, яка містить абразивні порошки і зв'язку та складається зі з'єднувального матеріалу переважно на полімерній основі і різних наповнювачів, що надають шліфувальному інструменту специфічні властивості і забезпечують необхідне технологічне середовище в зоні обробки.

Зв'язка повинна забезпечувати високу різальну здатність інструменту, найбільш повне використання абразивних зерен, незначне тепловиділення, низький коефіцієнт тертя, виключати тужавлення з оброблюваним матеріалом. Від зв'язки залежить механізм різання, характер взаємодії інструменту з оброблюваним матеріалом, адгезійні та дифузійні процеси, що протікають в зоні різання.

Значна частина енергії шліфування перетворюється в теплову енергію, що впливає на поверхневий шар оброблюваного матеріалу, при цьому локальна середня температура тонкого поверхневого шару може досягати 400...1000 °С. Тепло- і термостійкість полімерних з'єднань значно нижче температур, що виникають в зоні різання. Так термостійкість полімерних матеріалів на основі фенолфармальдегідних смол, найбільш часто використовуваних в якості зв'язуючого матеріалу, не перевищує 220...300 °С. У зв'язку з цим одним з основних шляхів підвищення працездатності шліфувальних кругів на полімерному зв'язуючому є підвищення їх тепло- і термостійкості. Для цього в якості зв'язуючого матеріалу, з якого виготовляється робочий шар інструменту, пропонується застосування поліімиду, що обумовлено термостійкістю зв'язки готового шліфувального круга, яка в залежності від режимів виготовлення буде коливатися в діапазоні 300...400 °С.

Порівняння поліімідної зв'язки з іншими органічними зв'язками за температурою і режимом роботи відображено на рис. 1.

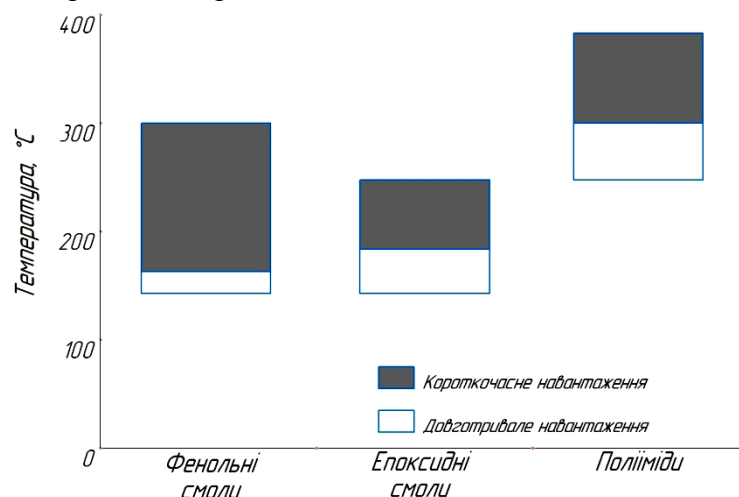


Рис. 1 – Порівняння кругів на органічних зв'язках за температурою і режимом роботи

Список посилань

1. Карпинос Д.М. Полимеры и композиционные материалы на их основе в технике / Д.М. Карпинос, В.И. Олейник. – Киев : Наук. Думка, 1981. – 180 с.
2. Кремень З.И. Технология шлифования в машиностроении / З.И. Кремень, В.Г. Юрьева, А.Ф. Бабошкин. – СПб. : Политехника, 2007. – 424 с.

УДК 621.9.077

Шульга А.С., канд. техн. наук, доцент
Музичка Д.Г., канд. техн. наук
Сошенко С.В., викладач
Шульга Р.О., студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, kafedra_tm@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ КУТОВОЇ ЖОРСТКОСТІ КІЛЬЦЕВИХ НАПРЯМНИХ

Одним з основних факторів, що визначають якість виготовлення деталей, є жорсткість технологічної системи ВПД [1]. Зменшення жорсткості виникає через неточність виготовлення й зношування стиків контактуючих поверхонь. У результаті виникають вібрації, підвищується шорсткість оброблюваної поверхні, погіршуються умови роботи різального інструменту й знижується точність обробки.

Дослідимо вплив відхилення від площинності при несиметричному навантаженні на кутову жорсткість кільцевих напрямних пристосувань. Для розв'язку завдання скористаємося нелінійною залежністю між тиском і контактними переміщеннями, запропонованою в [2]:

$$\sigma_x = \left(\frac{\delta_x}{c} \right)^n, \quad (1)$$

де σ_x – тиск у перерізі x , Па;

δ_x – контактне переміщення в перерізі x , мкм;

c – коефіцієнт, що залежить від геометрії поверхонь і властивостей матеріалу;

$n = 2$ – показник ступеня.

Ухвалюємо також, що жорсткість поверхневих шарів значно нижче жорсткості деталей, і власні деформації деталей не розглядаємо. Тоді умовами рівноваги плоских кільцевих напрямних, які не мають відхилень від площинності, при навантаженні стику центрально прикладеною силою P и моментом M будуть:

$$\begin{cases} \iint_{F_k} \sigma_x dF_k = P \\ \iint_{F_k} \sigma_x x dF_k = M \end{cases}, \quad (2)$$

де F_k – площа кільцевих напрямних, м²;

σ_x – тиск в перерізі x , Па.

Пружне переміщення в перерізі x контактуючих кільцевих поверхонь напрямних:

$$\delta_x = \delta_0 + \varphi x, \quad (3)$$

де $\delta_0 = c\sigma_0^{0,5}$ – пружне переміщення в центрі, мкм;

σ_0 – середній тиск, Па;

φ – кут пружного повороту кільцевої поверхні, рад.

Вирішуючи рівняння (1), (2) і (3) відносно $\frac{\varphi r_i}{\delta_0}$, де $r_i = \frac{J_k}{F_k}$ – радіус інерції кільцевого перерізу, й виконуючи необхідні перетворення, одержимо залежності [3]:

$$\frac{\varphi r_1}{\delta_0} = \frac{Pr_1}{M} - \sqrt{\frac{Pr_1^2}{M^2} - 1} \approx \frac{M}{2Pr_1}; \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{kM}{J_k}; \quad (5)$$

де коефіцієнт k розраховується за формулою: $k = \frac{c\sigma^{-0.5}}{n}$;

$$J_k = \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{4} - \text{момент інерції кільцевого перерізу};$$

r_2, r_1 – зовнішній і внутрішній радіуси кільцевих поверхонь відповідно.

Аналіз виразу (4) показав, що при постійному середньому тиску кут нахилу в стику прямо пропорційний моменту M .

Кутова жорсткість стиків характеризується величиною $\frac{dM}{d\varphi}$. Тоді для стику кільцевих поверхонь без відхилення від площинності кутова жорсткість визначається залежністю:

$$\frac{dM}{d\varphi} = \frac{J_k}{k} = \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{2c\sigma^{-0.5}}. \quad (6)$$

Виконаємо розрахунок жорсткості стику для випадку, коли випукла нерівність уявляє собою параболоїд із симетричними відхиленнями від площинності по осях. Для розрахунків, відповідно до рекомендацій [2], ухвалюємо, що пружне переміщення в перерізі з координатою x дорівнює:

$$\delta_x = \delta_0 - \Delta_x + \varphi x, \quad (7)$$

де Δ_x – відхилення від площинності;

φ – кут нахилу стику.

Ухвалюючи, що переміщення від нахилу на кут суттєво менше переміщень від початкового центрального навантаження, й виконуючи необхідні розв'язки, одержимо залежності для оцінки жорсткості кільцевого стику, що має відхилення від площинності:

$$\frac{dM^*}{d\varphi} = \frac{\pi\delta_0(r_2^4 - r_1^4)}{4} - \frac{\pi\Delta_x(r_2^6 - r_1^6)}{8} - \frac{\pi\Delta_y(r_2^6 - r_1^6)}{24r_2^6}. \quad (8)$$

Порівнюючи (6) і (8), можна оцінити вплив відхилень від площинності на жорсткість кільцевих стиків і розробити заходи щодо збільшення жорсткості.

Аналіз розрахунків показав, що якщо не здійснюється взаємна пригонка поверхонь, то навіть невеликі відхилення від площинності, що вимірюються мікрометрами, приводять до суттєвого зниження жорсткості стиків навіть при низьких тисках.

Список посилань

1. Станки с числовым программным управлением (специализированные) / Под ред. В. А. Лещенко – М. : Машиностроение, 1988. – 568с.
2. Левина З.М. Контактная жесткость машин / З.М. Левина, Д.Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1971. – 264с.
3. Гребеник В.М. Расчет кольцевого подпятникового узла при эксцентричном приложении нагрузки / В.М. Гребеник, П.П. Гонтаровский, В.Ф. Кучеренко, А.С. Шульга // Детали машин: Респ. Межвед. Научн. сб. – Киев, 1973. – Вып. 18. – С. 74–79.

УДК 621.9.2

Бойко І.А., інженер
ПАТ «Мотор Січ», м. Запоріжжя, boyko-ia@ukr.net

ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКА ПИТОМОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВЕРСТАТА

В роботах [1] і [2] відзначається, що зміна різального інструменту (РІ) і інструментального оснащення (ІО) в процесі виконання різних переходів під час обробки деталей і вузлів на багатоцільових верстатах (БВ) з ЧПК може супроводжуватись зміною величини окремих частот власних коливань (ЧВК) шпиндельного вузла (ШВ), на яких збурюються коливання цих елементів. Величина зміни залежатиме від типу використовуваного РІ і ІО, їх геометричних параметрів, матеріалу виготовлення, тощо.

Проведення натурних експериментів і математичне моделювання, з метою визначення ЧВК для різних комбінацій РІ і ІО, потребує значних затрат часу на отримання і опрацювання даних.

Оправку і інструмент можна розглядати як жорстко затиснені балки круглого перетину, прогин (деформацію) крайньої точки яких визначатиметься за класичними формулами спротиву матеріалів для балки, із одним затисненим кінцем.

Для спрощення аналізу РІ і ІО і розрахунку ЧВК пропонується застосовувати показник питомої жорсткості (ПЖ) k , що відображає відношення жорсткості досліджуваного об'єкту до його маси і є основним критерієм, що впливає на величину ЧВК:

$$k = \frac{j}{m} = \frac{\frac{3EI}{l^3}}{\rho \frac{\pi d^2 l}{4}} = \frac{12EI}{\rho \pi d^2 l^4} = \frac{12E\pi d^4}{64\rho \pi d^2 l^4} = \frac{12Ed^2}{64\rho l^4} \quad (1)$$

де j – жорсткість моделюємого елемента, Н/м;

E – модуль пружності елемента, Па;

ρ – густина матеріалу елемента, кг/м³;

l – довжина елемента, м;

d – діаметр елемента, м.

Для перевірки можливості застосування питомої жорсткості, як показника для оцінки величини ЧВК РІ і ІО проведено визначення ЧВК методом скінчених елементів для трьох циліндрів, що моделюють ріжучий твердосплавний інструмент: Ø16 мм і Ø6 мм з однаковою довжиною 80 мм, а також Ø4 мм довжиною 40 мм.

Результати розрахунку питомої жорсткості, модуля пружності і густини, а також фізичні властивості моделюємих елементів занесені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Фізичні властивості моделюємих елементів і результати розрахунку питомої жорсткості

Різальний інструмент	Діаметр, м	Довжина, м	Марка матеріалу	Густина кг/м ³	Модуль пружності, ГПа	Питома жорсткість, Н/м·кг
Фреза Ø16	0,016	0,08	H10F	14800	598	4,73E+07
Фреза Ø6	0,006	0,08	H10F	14800	598	6,66E+06
Фреза Ø4	0,004	0,04	H10F	14800	598	4,74E+07

При виконанні модального аналізу на один з торців циліндру накладається обмеження переміщень за трьома осями, що імітує затискання інструменту в оправці, або оправки в ШВ. Для спрощення аналізу визначаються перші п'ять ЧВК.

Як видно з таблиці 1 питома жорсткість фрези Ø16 і фрези Ø4 мм приблизно однакові, отже ЧВК цих фрез також повинні співпадати. Отримані в результаті розрахунку ЧВК фрези Ø16 і фрези Ø4 мм, наведених в таблиці 2, показують, що різниця між першими двома ЧВК двох інструментів складає 1,1%. Натомість наступні три ЧВК суттєво відрізняються між собою і мають набагато вищу частоту.

Таблиця 2 – Результати розрахунку ЧВК моделюємих елементів

Тип інструменту	ЧВК №1, Гц	ЧВК №2, Гц	ЧВК №3, Гц	ЧВК №4, Гц	ЧВК №5, Гц
Фреза Ø16, L=80 мм	2192,5	2192,9	12247	12249	12319
Фреза Ø4, L=40 мм	2218,7	2221,8	13463	13481	25639
Фреза Ø6, L=80 мм	828,79	837,63	5100,2	5152,7	12319

Фреза Ø6 мм має на порядок меншу величину питомої жорсткості ніж у базової моделі, а отже і частоти власних коливань у порівнянні із фрезами Ø16 і Ø4 мм повинні бути меншими, що підтверджується результатами розрахунку ЧВК, занесеними в таблицю 2.

На перших двох ЧВК моделюємих фрез спостерігаються парні згинні коливання переднього кінця моделюємих елементів на близьких за значенням частотах, що обумовлено симетричністю моделі. Для розрахунку величин питомої жорсткості використовувалися формули з опору матеріалів для визначення переміщення переднього кінця балки круглого перетину з одним затисненим кінцем, що фактично відповідає згинним коливання досліджуваних інструментів. Отже застосування показника питомої жорсткості дає змогу співвіднести ЧВК РІ і ІО без їх визначення, але необхідна точність розрахунків досягається лише для згинних коливань пари інструмент-оправка, що спостерігаються на перших двох ЧВК. Враховуючи те, що наступні ЧВК за частотою на порядок вищі за граничну частоту збурення вимушених коливань (933 Гц) від врізання зубів ріжучого інструменту в заготовку в межах робочого діапазону частот обертання розглядаємого в [1] і [2] шпиндельного вузла (частота обертання $n=14000 \text{ хв}^{-1}$) наступні за першими двома ЧВК частоти не розглядаються.

Розрахована величина питомої жорсткості РІ або ІО відповідатиме певній ЧВК, тому визначивши декілька ЧВК для на порядок відрізняючихся за значеннями питомої жорсткості РІ і ІО, з'являється можливість побудувати криву залежності між цими параметрами.

За допомогою графіка залежності ПЖ від ЧВК, через нетрудомісткий автоматизований розрахунок величини ПЖ, визначається орієнтовне значення ЧВК будь-якого РІ або ІО без застосування математичного моделювання. Отриману ЧВК, разом із незмінними ЧВК ШВ (в більшості випадків коливаннями шпинделя), необхідно оминати для запобігання виникнення явища резонанса. Результати такого розрахунку зручно використовувати при призначенні режимів різання, або підборі РІ і ІО на етапі розробки керуючих програм.

Список посилань

1. Бойко, И.А. Разработка математической модели и модальный анализ шпиндельного узла высокоскоростного обрабатывающего центра [Текст] / И. А. Бойко // Вестник Гомельского гос. техн. университета им. П. О. Сухого. – 2016. – №4 (67). – С. 13-21.
2. Бойко, І. А. Залежність зміни частот власних коливань шпиндельного вузла багатоцільового верстата від умов роботи [Текст] : у 4т. Т1. / І. А. Бойко, В. В. Солоха // Тиждень науки: Тези доповідей щоріч. наук.-практ. конф. серед студ., викл., науковців, мол. вчен. і асп. – Запоріжжя : ЗНТУ. – 2017. – С. 206-208.

УДК 621.9.06

Верба І.І., канд. техн. наук, доцент

Даниленко О.В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», verba.dan@gmail.com

РЕМОНТУЄМО, МОДЕРНІЗУЄМО ЧИ КУПУЄМО НОВЕ: «ЗА» І «ПРОТИ».

Зараз середній вік металообробного обладнання становить щонайменше 20 років і оновлення верстатного парку є необхідною умовою існування (і виживання!) підприємства у ринкових умовах: старий верстат – це низька якість обробки, недостатня продуктивність, часті ремонти й простої обладнання, в ряді випадків необхідність високої кваліфікації робітника тощо. Скорочення об'єму вітчизняного верстатобудування та зниження купівельної здатності багатьох машинобудівних підприємств негативно вплинуло на технологічне середовище у країні і навіть зумовило формування ринку обладнання, яке вже було в експлуатації і не завжди перебуває у задовільному стані.

Якщо верстат є працездатним, але не забезпечує достатню якість обробки деталей, то є два альтернативні шляхи – модернізація (можливо з одночасним ремонтом) наявного верстата чи придбання нового. Модернізація може передбачати як ретрофітінг (переоснащення новим комп'ютерним ЧПК замість старого – типу NC або CNC), так і відновлення механічних систем, які зносилися чи є застарілими, і навіть повного відтворення верстата. Середня вартість ремонту чи оновлення приводної техніки становить 30-40 % відносно початкової вартості придбання [2] Максимальна вартість модернізації не повинна перевищувати 50-60 % вартості нового верстата. Чим більшим є верстат, тим вартісніша його заміна новим і, відповідно, доцільніша модернізація. Механічна частина верстатів за останні 20 років суттєво не змінилася, а ось електрична – докорінно. Розвиток мікроконтролерів та мікромініатюризація дозволили реалізувати електронне керування робочими й допоміжними рухами й суттєво покращили якість та точність обробки. Мета відновити і/або розширити функціональні можливості та покращити експлуатаційні характеристики верстата досягається шляхом відновлення чи модернізації його основних вузлів та систем. А оскільки машинобудівні підприємства часто мають обмежені ресурси актуальною стає задача модернізації за умови якомога менших фінансових витрат.

Найкращий варіант для модернізації – це верстат, який має незначне зношення, високу якість несучої системи, але система керування стара й неефективна. Щоб підтримувати працездатність такої системи керування витрачаються значні кошти. Заміна системи керування новою надає верстату нові можливості. Коли обирають нову ЧПК, враховують, які операції верстат повинен виконувати зараз, а також які він може виконати у майбутньому. Типові фактори, що їх враховують, коли обирають ЧПК: обсяг виробництва, трудомісткість обробки, чи потрібна вісь С і чи бажані голівки для обертових інструментів або можливість заміни інструментів. На думку спеціалістів (фірма CENTROID [1]), економічно доцільною може бути навіть модернізація верстата з ручним керуванням у повністю комп'ютеризований верстат з ЧПК, але це вимагає аналізу: орієнтовно пакет комп'ютерного ЧПК коштує 8000 \$, його встановлення – ще 3000-4000 \$, заміна ходових гвинтів на шарикові гвинтові пари ще 2000-3000 \$. Отже отримуємо вартість у ≈ 14000 \$. За 19000 \$ можна купити новий верстат. А ще ж може бути потреба у заміні напрямних, наприклад, на шарикові рейкові, чи передбачено застосування лінійного електродвигуна (таке конструктивне рішення набуває все більшої популярності). Тобто ми бачимо, що найчастіше оновлення верстата ґрунтується на використанні покупних модульних вузлів, що їх випускають провідні фірми. Вони досить вартісні, але все ж ця вартість нижче, а якість вище, ніж це можна було б очікувати у випадку виготовлення відповідних вузлів

власними силами. Однак коли мова йде про унікальні потреби цеха, то ситуація зовсім інша: специфічні особливості, які має старий верстат, можуть бути відсутні у нового верстата за розумної вартості. Наприклад, наскрізний отвір певного діаметра у шпинделі, велика відстань між центрами, наднизьке передатне відношення тощо. Порівняння вартості придбання нового верстата з вартістю модернізації існуючого повинно враховувати всі витрати, зокрема витрати на демонтаж, відключення й переміщення старого верстата, а, можливо, і його вивезення, витрати на транспортування нового верстата й супутні витрати, можливо – витрати на нове оснащення й інструмент, на засвоєння робітниками нових навичок. З іншого боку, інвестиції у комп'ютерне ЧПК дещо компенсуються підвищенням продуктивності, зменшенням трудомісткості за рахунок впровадження безлюдної технології та обслуговування кількох верстатів персоналом невисокої кваліфікації.

Оновленню існуючого обладнання чи придбанню нового передують ретельний аналіз [3], який вимагає застосування методів системного аналізу (до речі, потребують розробки) щодо верстатів, які пропонуються на ринку, та порівняльний аналіз їхніх можливостей і технічних характеристик, зокрема й того, яких систем ЧПК і програмного забезпечення вони потребують, які технологічні процеси відтворюються найефективніше та з яким інструментальним забезпеченням. Так само аналізуються шляхи оновлення, можливі варіанти використання модульних вузлів тощо. Так, наприклад, у промисловців є впевненість, що все, пов'язане із сервотехнікою, має дуже високу вартість. Десять років тому з цим можна було погодитись. Але на сьогодні значно зросли обсяги виробництва серводвигунів поряд з одночасним масштабним випуском комплектуючих. Це зумовило значне зниження собівартості сервоприводів. У купі із зростанням вимог до продуктивності й точності, а також увагою до енергоефективності й операційних витрат, у таких галузях, як метало- та матеріалообробка, пакувальна техніка, текстильна й харчова промисловість, обладнання зварювання та швидкодіюче обладнання складування й сортування застосування сервотехніки є необхідною вимогою за технологічними критеріями і є обґрунтованим з погляду операційних витрат. А ще ж порівняно недавно у приводах головного руху верстатів найширше застосовували регульовані електродвигуни постійного струму. На остаточне рішення впливають і економічні фактори. Так, наприклад, у США визнано недоцільним відновлення й модернізацію верстатів вартістю менше за 125 тис. \$: вигідніше купити нові, а старі утилізувати.

Виробники обладнання зацікавлені, щоб користувачі постійно оновлювали окремі вузли або й обладнання в цілому. Модульний метод конструювання цьому сприяє. Але є випадки, коли саме ремонт має переваги, в першу чергу це стосується навіть не випадків, коли ремонт є дешевшим та здійснити його швидше, ніж купити нове обладнання (придбання спеціалізованого технологічного обладнання у стислі строки є важкою і не завжди реальною задачею), а тих випадків, коли питання стосується обладнання або комплектуючих, випуск яких припинено чи вони взагалі відсутні з будь-яких причин на ринку.

Відновленням і модернізацією застарілого обладнання займаються й великі фірми – виробники подібного обладнання, які можуть запропонувати замовникам широкий вибір варіантів: від ремонту механічної частини з розширенням технічних можливостей до модернізації з заміною всіх механічних та електричних компонентів (наприклад, аналогові приводи замінюють на цифрові). Отож вибір лишається за вами й не треба поспішати.

Список посилань

1. Отремонтировать можно и 20-летнее оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://konstruktor.net>
2. Потапов В.А. Опыт американских и германских фирм по ремонту, восстановлению и модернизации станочного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stanki-katalog.ru/st_4.htm

3. Верба І.І. Критерії визначення складу верстатного парку. / І.І. Верба, О.В.Даниленко // Матеріали міжнародної наукової конференції "Научное пространство Европы" (Naukowa przestrzen Europy) Секція: „Технічні науки“. Польща, Пшемисль, 7-15 квітня 2015. –с. 64-67.

УДК 621.9.06

Verba I. I., Ph.D., assistant professor
Danylenko O. V., Ph.D., assistant professor
National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“,
verba.dan@gmail.com

WE REPAIR, MODERNIZE OR BUY NEW: "FOR" AND "AGAINST"

Now the average age of metalworking equipment is at least 20 years old and the renovation of the machine tool park is a necessary condition for the existence (and survival!) Of the enterprise in market conditions: the old machine tool is a low quality of processing, inadequate productivity, frequent repairs and simple equipment, in some cases the need for high qualification worker, etc. Reducing the volume of domestic machine tools and reducing the purchasing power of many machine-building enterprises had a negative effect on the technological environment in the country and even led to the formation of a market of equipment that was already in service and not always in satisfactory condition.

If the machine is operational, but does not provide sufficient quality of parts processing, then there are two alternative ways - modernization (possibly with simultaneous repair) of the existing machine tool or purchase of a new one. Modernization can involve both retrofitting (reassembly of a new computerized CNC instead of the old NC or CNC type), as well as the restoration of mechanical systems that are worn or outdated, as well as the complete reproduction of the machine. The average cost of repairing or updating the drive equipment is 30-40% relative to the initial acquisition cost [2] The maximum cost of upgrading should not exceed 50-60% of the cost of the new machine. The larger the machine, the more expensive it replaces the new and, accordingly, more expedient modernization. The mechanical part of the machine tools has not changed significantly over the past 20 years, but the electric is radically. The development of microcontrollers and micro-miniaturization enabled the implementation of electronic control of work and auxiliary movements and significantly improved the quality and accuracy of processing. The goal of restoring and / or extending functionality and improving the performance of the machine is achieved by restoring or upgrading its main units and systems. And since machine-building enterprises often have limited resources, the task of modernization, with the smallest possible financial costs, becomes actual.

The best option for modernization is a machine that has a slight wear and tear, high quality of the bearing system, but the control system is old and ineffective. In order to maintain the efficiency of such a management system, considerable money is being spent. Replacing the new control system gives the machine a new opportunity. When choosing a new CNC, take into account what operations the machine should do now, and which it can perform in the future. Typical factors that are taken into account when choosing a CNC: the volume of production, the complexity of processing, whether the axis C is required and whether the desired heads for rotating tools or the ability to replace the tools. According to specialists (firm CENTROID [1]), it may be economically feasible to even upgrade a machine with manual control into a fully computerized CNC machine, but this requires an analysis: the estimated computer packet is \$ 8,000, its installation - another 3000 -4000 \$, replacement of running screws on ball screw pairs is still 2000-3000 \$. So we get a cost of \$ 14000. You can buy a new machine for \$ 19,000. And there may also be a need to replace the guides, for example, on a ball rail, whether the use of a linear electric motor (such a constructive decision is gaining popularity) is foreseen. That is, we see that the most frequent update of the machine is based on the use of purchased modular nodes,

which are issued by leading firms. They are quite costly, but still this value is lower, and the quality is higher than it would have been expected in the case of the production of the corresponding nodes by themselves. However, when it comes to the unique needs of the workshop, the situation is completely different: the specific features of the old machine may not be available in a new machine at a reasonable cost. For example, a through hole of a certain diameter in the spindle, a large distance between the centers, a very low transmission ratio, and so on. The comparison of the cost of acquiring a new machine with the cost of upgrading an existing one should take into account all costs, including the costs of dismantling, disabling and moving the old machine tool, and possibly its removal, the cost of transporting the new machine and associated costs, possibly - the cost of new equipment and tools, for the mastering of new skills by the workers. On the other hand, investments in PCCs are somewhat offset by increased productivity, reduced labor costs due to the introduction of unmanned technology and the servicing of several machines by low-skilled personnel.

Updating existing equipment or purchasing a new pre-careful analysis [3], which requires the use of system analysis methods (incidentally, need to be developed) for the machine tools offered on the market, and a comparative analysis of their capabilities and technical characteristics, including which CNC and software systems they need which processes are most effective and with what tools. Similarly, the ways of updating are analyzed, variants of modular nodes usage are possible, etc. So, for example, the industry is convinced that everything connected with the servicing equipment has a very high cost. About 10 years ago, one could agree with this. But today the volumes of servomotors production along with simultaneous large-scale production of components have considerably increased. This led to a significant reduction in the cost of servo drives. In a batch, with increasing demands for productivity and accuracy, as well as attention to energy efficiency and operating costs, in industries such as metal and material processing, packaging machinery, textile and food industry, welding equipment and fast loading equipment and sorting of application of servo technics is a necessary requirement. according to technological criteria and is reasonable in terms of operating costs. And also relatively recently, drives of the main movement of machines most widely used regulated DC motors. The final decision also influences economic factors. For example, in the United States it is considered inappropriate to rebuild and modernize machines worth less than \$ 125 thousand: it is more profitable to buy new ones, but old ones to utilize [1].

Equipment manufacturers are interested in ensuring that users constantly update individual nodes or equipment as a whole. Modular construction method contributes to this. But there are cases where the repairs themselves have advantages, first of all it concerns even cases where repairs are cheaper and quicker than buying new equipment (the purchase of specialized technological equipment in a short time is difficult and not always a real task), and in cases where the issue relates to equipment or components whose production is discontinued or even absent for any reason on the market.

The restoration and modernization of outdated equipment are also carried out by large firms - manufacturers of such equipment, which can offer customers a wide range of options: from repairing the mechanical part with the expansion of technical capabilities to upgrading with the replacement of all mechanical and electrical components (for example, analogue drives are replaced by digital). So the choice remains for you and you do not have to rush.

List of references

1. Отремонтировать можно и 20-летнее оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://konstruktor.net>
2. Потапов В.А. Опыт американских и германских фирм по ремонту, восстановлению и модернизации станочного оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stanki-katalog.ru/st_4.htm

3. Верба І.І. Критерії визначення складу верстатного парку. / І.І. Верба, О.В.Даниленко // Матеріали міжнародної наукової конференції "Научное пространство Европы" (Naukowa przestrzen Eurory) Секція: „Технічні науки“. Польща, Пшемисль, 7-15 квітня 2015. –с. 64-67

УДК 621.767(075.8)

Пуховський Є.С., докт. техн. наук, професор
Кореньков В.М., канд. техн. наук, доцент
Розанов В. магістрант

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», v.rozanoff@gmail.com

РОЗРОБКА ПОСТПРОЦЕСОРА ДЛЯ 4-ОСЬОВОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Метою роботи технолога-програміста є створення файлу управляючої програми, яку виконає верстат. Однією із задач, яку потрібно вирішити на шляху до отримання NC-файлу - є постпроцесування траєкторії у відповідності до кінематики верстату.

Крім лінійних переміщень по осям XYZ, кінематика верстату дозволяє здійснювати повороти АВС навколо цих осей, як наслідок – виникає необхідність вирішення зворотної задачі кінематики (обчислення кутів повороту та лінійних переміщень по заданому положенню робочого органу і відомою схемою кінематики верстату) [1].

В даній роботі для САМ-системи Inventor HSM [2, 3] було розроблено модуль постпроцесування (рис. 1) з метою використання на токарних оброблюючих центрах HAAS.

```
62 function onSection() {
63     var abc = machineConfiguration.getABC(currentSection.workPlane);
64     setRotation(machineConfiguration.getRemainingOrientation(abc, currentSection.workPlane));
65     writeBlock("G0", "A" + abcFormat.format(abc.x));
66
67     writeBlock("T"+tool.number, "S"+rpmFormat.format(tool.spindleRPM));
68
69     xOutput.reset();
70     yOutput.reset();
71     zOutput.reset();
72     var initialPosition = getFramePosition(currentSection.getInitialPosition());
73     writeBlock("G0", xOutput.format(initialPosition.x), yOutput.format(initialPosition.y));
74     writeBlock("G0", zOutput.format(initialPosition.z));
75 }
76
77 function onRapid(x, y, z) {
78     writeBlock("G0", xOutput.format(x), yOutput.format(y), zOutput.format(z));
79     feedOutput.reset();
80 }
81
82 function onLinear(x, y, z, feed) {
83     var xyz = xOutput.format(x) + "" + yOutput.format(y) + "" + zOutput.format(z);
84     var f = feedOutput.format(feed);
85     if (xyz) {
86         writeBlock("G1" + xyz + radiusCompensationTable.lookup(radiusCompensation) + "" + f);
87     }
88 }
```

Рис. 1 – Фрагмент програмного коду постпроцесора

У програмній частині реалізовано функції: парсингу даних CLDATA; матричні перетворення та обчислення координат траєкторії; перевірка по обмеженням верстата; формування команд на переміщення, зміну інструмента, корекцію на радіус інструмента, та обробку в циклі.

Дане рішення випробувано та впроваджено на реальному виробництві.

Список посилань

1. Молочник В. И. Проектирование постпроцессоров для оборудования с числовым программным управлением / В. И. Молочник, Г. П. Гырдымов, А. И. Гольдштейн. – Л.: Машиностроение, 1982. – 136 с.

2. Post Library for Fusion 360 and Autodesk HSM [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cam.autodesk.com/posts/>

3. Autodesk PostProcessor Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступа: http://fab.cba.mit.edu/content/tools/hurco_mill/hurco_post_processor_explanation_docs/Autodesk%20Post%20Processor%20manual-sm-130829.pdf

УДК 681.62:655.344

Зигуля С. М., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», s.zygulya@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ЦИЛІНДРІВ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН

Друкарські циліндри аркушевих машин вимагають високої точності при виготовленні, що зумовлено високими швидкостями, тиском, вібраційними навантаженнями. Для реалізації процесу двобічного друкування на поверхню друкарського циліндра монтують противідмарювальну металеву пластину. Щільне прилягання двох поверхонь залежить від якості поверхні циліндра й обумовлюється геометричною точністю. Тому актуальним є питання збереження геометричних розмірів друкарського циліндра після обробки методом вібраційного накатування і хромування. Відхилення від паспортних даних може призвести до проковзування, двоїння та інших факторів, які впливають на якість відбитка. Високі вимоги до відтворення відбитка вимагають точності виготовлення циліндра, налагодження машини, чіткої синхронізації між формним, офсетним і друкарським циліндрами [1].

Оцінювання точності геометричних розмірів друкарського циліндра здійснювалось за показником відхилення від круглості, яке визначається найбільшою відстанню від точок реального профілю поперечного перетину циліндричної поверхні до прилеглого кола мінімального радіуса. Було проведено дослідження зразків після вібраційного накатування та комплексного технологічного процесу, а саме утворення на циліндричній поверхні друкарського циліндра повністю нового регулярного мікрорельєфу гексагонального типу з подальшим хромуванням поверхні.

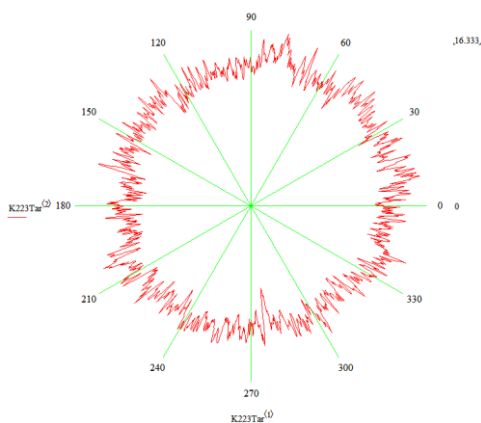


Рис. 1 – Круглограма відхилення від круглості друкарського циліндра після вібраційного накатування

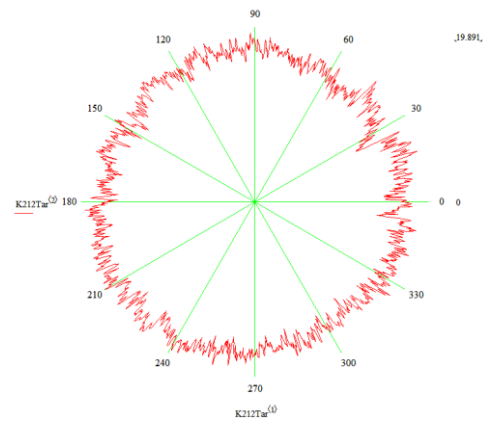


Рис. 2 – Круглограма відхилення від круглості друкарського циліндра після комплексного технологічного процесу

Проаналізувавши отримані результати круглограм можна зробити висновок, що коло на рисунку 2 має стабільний характер, відхилення становлять 8–12 мкм. Допуск круглості відповідає рівню А (30 %) відносної геометричної точності і 5–6 квалітету точності. Такий результат свідчить про високий рівень геометричної точності після застосування комплексного технологічного процесу.

Список посилань

1. Чехман Я. І. Друкарське устаткування : підручник / Я. І. Чехман, В. Т. Сенкус, В. П. Дідич, В. О. Босак. – Львів : УАД, 2005. – 468 с.

УДК 621.9.06. – 233.1

Петришин А.І., канд. техн. наук, асистент
 Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», m.p3shka.a.i@gmail.com

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ОБЕРТАННЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА НА ОПОРАХ КОЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ НЕПРЯМОГО ВИМІРЮВАННЯ КОЛИВАНЬ

Точність металорізального верстату є комплексною величиною та визначається рівнем точності взаємних переміщень інструменту та деталі при дії силових і теплових факторів, та здатністю зберігати точності в процесі обробки. Половина всіх перевірок верстату на точність припадає на його шпиндельний вузол, що безпосередньо бере участь у процесі формоутворення.

Сучасні методи контролю похибки обертання шпинделів побудовані на схемах безконтактного вимірювання радіальних та осьових зміщень вимірювальної оправки, закріпленої на кінці шпинделя. При цьому достовірність отриманих результатів в значній мірі залежить від методу врахування похибок форми вимірюваної поверхні [1]. Все це вимагає забезпечення спеціальних умов для проведення вимірювань та робить проблематичним безпосереднє вимірювання коливань шпинделя під час роботи верстату.

Альтернативою прямому вимірюванню може стати вимірювання коливань на корпусі шпиндельного вузла. Метод непрямого вимірювання коливань шпиндельного вузла полягає у вимірюванні коливань на корпусі шпиндельного вузла з подальшим розрахунком коливань кінця закріпленої в шпинделі оправки. Для цього обчислюється теоретична функція відповідності, що пов'язує коливання корпусу, у місці здійснення вимірювань та кінця інструментальної оправки [2]. Також це дає змогу уникнути основного недоліку наявних методів - складності виділення в результатах складової, яка відповідає похибці форми вимірюваної поверхні оправки. Насамперед це важливо для прецизійних шпиндельних вузлів, похибка обертання яких може бути співставлень з похибкою форми поверхні оправки.

Експериментальне підтвердження методу було проведено на розробленому стенді [3]. За результатами визначення масиву спектрів при резонансних коливаннях в робочому діапазоні частот обертання шпинделя побудовано графік похибки його обертання кінця шпинделя, який наведено на рис. 1.

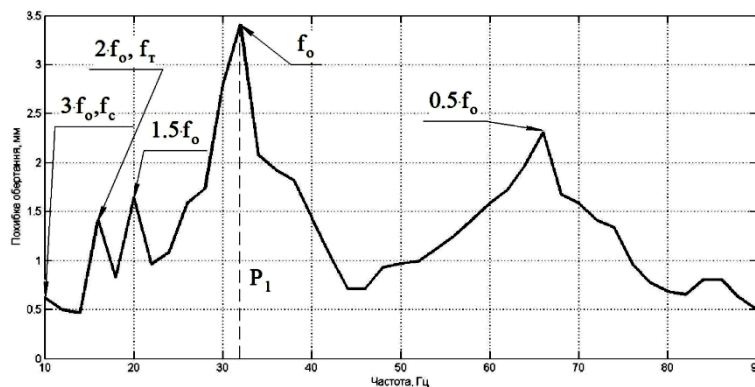


Рис. 1 – Графік похибки обертання шпиндельного вузла

Список посилань

1. Данильченко Ю.М. Идентификация колебаний шпинделя по результатам измерения вибраций корпуса шпиндельного узла / Ю. М. Данильченко, А. И. Петришин // Вісник НТУУ «КПІ», Серія машинобудування. – 2014. – №2 (71). – с. 147-152.

2. Металлорежущие станки и деревообрабатывающее оборудование. / Б.И. Черпаков, О.И. Аверьянов, Г.А. Адоян и др.; Под ред. Б.И. Черпакова, – 2002. – Т. IV. – 864 с.

3. Стенд для діагностики похибок виготовлення і збирання шпиндельних вузлів гільзового виконання: пат. 112210 Україна : МПК В23В 25/06. No u 2016 05411; заявл. 19.05.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.

UDC 621.923, 621.921.34

L.A. Prots, Ph.D., Associate Professor,

Institute of electron Physics National academy of sciences of Ukraine, laprots@gmail.com,

V.I. Lavrinenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

Institute of superhard materials named after V.M. Bakul National academy of sciences of Ukraine,

lavrinenko@ism.kiev.ua

V.F. Molchanov, Ph.D., Associate Professor

V.Yu. Solod, Ph.D., Associate Professor

Dnieper State Technical University, Kamenskoe, v_solod@ukr.net

EVALUATION OF RELIABILITY OF INJURY IN THE FINISH FORMULATION OF OPTICAL SURFACES OF BOROSILICATE GLASS WITH SEMICONDUCTOR CDS NANOCRYSTALS AT THE EXECUTION OF THE MACHINING PROCESSES

In order to improve the quality and reduce the cost of production in the modern machine-building industry, mechanical processing technologies are constantly improving. On the other hand, interest in obtaining new promising materials with the desired physical and mechanical properties is due to both fundamental and applied aspects. By methods of optical spectroscopy, a certain range of results can be obtained that underlie the creation of materials for use as active elements for solar cells, memory cells, photocatalysts, optical and optoelectronic devices, and the like. Preparation for such studies requires the production of high-quality optical surfaces, thus, a special approach to the implementation of technological processes of machining, timeliness, finishing polishing operations. In turn, the search for new promising objects is based on the increasing use of non-metallic materials, the technology of mechanical processing of which constantly requires significant changes to obtain optical surfaces with high quality requirements. The study of the processes of manufacturing optical surfaces, by performing mechanical processing, as a result of the various mechanical properties of new materials, is a necessary and timely process. Separately, it should be noted that one of the promising nonmetallic materials that can be used as the basic active elements in the above-mentioned advanced devices and devices and what has become the focus of scientific attention are semiconductor CdS nanocrystals interspersed with a matrix of borosilicate glass [1]. Thus, the combination of these aspects make the conduct of the presented studies relevant and timely.

It is known that finishing machining significantly affects the cost of manufacturing optical surfaces made of borosilicate glass with semiconductor CdS nanocrystals, in connection with the probability of damage to the surface layer, which can lead not only to losses of boundary-tolerated dimensions of optical parts [2]. Typically, this occurs as a result of the negative impact of the ingress and wedging of the solid particles of the cutting products, and scratch the surface, significantly reducing the roughness.

The purpose of the research was the question of the possibility of evaluating the calculation of the probability of damage occurring at the final shaping of the optical surfaces of borosilicate glass with semiconductor CdS nanocrystals in the process of machining.

The question was examined on the investigation of the relationship between two basic altitude parameters of the surface roughness Ra and $Rmax$ and on the features of the formation of active surfaces of borosilicate glass with semiconductor CdS nanocrystals using abrasive materials and a lubricating coolant [3].

It was found that scratches on optical surfaces occur due to the jamming of solid cutting products, bound coolant, between the surface to be treated and the tool.

To determine the probability of falling into the cutting zone of solid particles that damage the surface layer of optical components, they used the methods of probability theory [4, 5].

As a result of the work, a formula was derived for the probability that solid particles of cutting products would enter the finishing zone:

$$P_3 = \frac{1}{\sqrt{8\pi^3} \cdot \sigma \cdot \sigma_d} \int_0^{d_{\max}} \left\{ \int_h^{h+\sigma} \frac{1}{d} \exp\left[-\frac{(d-m)^2}{2\sigma^2}\right] dd \cdot \int_{h-d}^h \frac{1}{\frac{d_3}{\sigma_d} t + \frac{d_0}{\sigma_d}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt \cdot \int_{\frac{\sigma_c}{d_0} \left(1 + \frac{\sigma_d}{d_0} \frac{x}{d_0}\right)}^{\frac{x}{\sigma_c}} \exp\left(-\frac{U^2}{2}\right) dU \cdot \frac{dx}{dh} \right\}$$

where d – the maximum particle size of the solid particle;

m and σ – logarithmic normal distribution parameters,

h – the size of the solid sticking particle,

2σ – is the length of the particle size interval on which the scratching occurs.

Analysis of the formula shows that a solid particle, which has got together with the coolant into the cutting zone, leaves a scratch-scratch on the surface in the case when the dimensions of the part are equal or slightly higher than the distance between the surface of the part and the surface of the tool. The wedging of a solid particle of size h will occur if the particle diameter approaches the size of h from above, and the distance between the protruding vertices of the abrasive grains of the tool and the surface of the part is close to the size of h , approaching it from below.

Also, the analysis of the formula indicates that when grinding optical surfaces of borosilicate glass with semiconductor CdS nanocrystals, the parameter R_{max} is affected by the particle size of the abrasive slurry, their amount in the coolant and the probability of wedging of particles in the contact zone. As these factors increase, the R_{max} roughness parameter increases, which worsens the overall roughness of the treated surfaces and optical purity for the active surfaces of borosilicate glass elements with semiconductor CdS nanocrystals.

List of references

1. Azhniuk Yu.M. Phonon spectroscopy of CdSe $_{1-x}$ Te $_x$ nanocrystals grown in a borosilicate glass [Tekst] / Yu.M. Azhniuk, A.V. Gomonnai, Yu.I. Hutysh, V.V. Lopushansky, L.A. Prots, D. R. T. Zahn // Physica Status Solidi C. – 2009. – V. 6, No. 9. – P. 2064–2067.
2. Lavrinenko V.I. Osoblyvosti tonkoho shlifuvannya monokystaliv syllenitu ta evlitinu / V.I. Lavrinenko, L.A. Prots // Mashynobuduvannya i tekhnosfera na rubezhi XXI stolittya. Donets'k: DonDTU. - 2001. T.1. - S. 252 - 256.
3. Lavrinenko V.I. Spivvidnoshennya mizh vysotnymy parametramy sherokhovatosti yak pokaznyk vytrat protsesu obrobky [Tekst] / V.I. Lavrinenko, L.A. Prots // Rozmir stiykosti materialiv i konstruktsiy optychnykh ta optyko-elektronnykh pryladiv. Tezysy dokladov Naukovo-praktychnyy. konf (16-17 sichnya 2014 r., h. Krasnohors'k) - Krasnohors'k - 2014. - S. 95 - 96.
4. Molchanov V.F. Veroyatnostnyy pidkhid do osvity sherokhovatosti poverkhon' pry kintseviy obrobtsi [Tekst] / V.F. Molchanov // Systemni tekhnolohiyi. - 2001 № 2 - S. 101 - 110.
5. Lavrinenko V.I. Vplyv tverdykh chastok shlama na poverkhnyu shorstkosti pry shlifuvanni ta otsinka virohidnosti vynyknennya tsarapyn na obrobleniy poverkhni [Tekst] / V.I. Lavrinenko, V.F. Molchanov, V.Yu. Solod, O.O. Burchak, L.A. Prots // Modern questions of production and repair in industry and in transport: Mater. of the 18th Inter. Scien. and Tech. Seminar (Febr.10–16, 2018, Brno, Czech Republic), Kyiv, 2018. – P. 140–146.

УДК 621.923.42

Кальченко В. В., докт. техн. наук, професор

Венжега В.І. канд. тех. наук, доцент

Литвин О.О., аспірант

Кальченко Д.В., магістр

Чернігівський національний технологічний університет, xpower4718@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ШЛІФУВАННЯ ТОРЦІВ РІЗНОГО ДІАМЕТРУ КРУГАМИ З КАЛІБРУЮЧИМИ ДІЛЯНКАМИ ТА БЕЗ НИХ

В багатьох галузях, а саме: верстатобудуванні, автомобілебудуванні, сільськогосподарському машинобудуванні, виробництвах, де необхідне забезпечення високої точності поверхонь деталей з різними діаметрами торців, потрібно дотримуватися високих вимог по якості, що пред'являються до геометричних розмірів, шорсткості та точності формоутворення. А також, є за необхідне підвищувати і продуктивність обробки. Шліфування торцевих поверхонь деталей з різними діаметрами торців, здійснюються на двосторонніх торцешліфувальних верстатах. Шліфування та інші фінішні операції являють собою складні процеси.

Відомий спосіб одночасного шліфування стержневидних деталей [1]. Недоліком способу є те, що шліфувальні круги не мають калібруючих ділянок.

Відомий спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей [2]. Недоліком способу є те, що не розглядається обробка деталей з різними діаметрами торців.

Перед обробкою деталей з торцями різних діаметрів на двосторонніх торцешліфувальних верстатах, спочатку визначається величина припуску, що знімається при шліфуванні. Якщо припуск невеликий, то доцільно виконувати обробку орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок [3], та без обертання деталі навколо власної вісі. Якщо потрібна більша точність формоутворення, використовують спосіб з обертанням деталі. У випадку обробки деталей зі зняттям великих припусків, перевіряється можливість обробки орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок з одностороннім розташуванням торців одного діаметру [4]. Даний варіант обробки обираємо, якщо похибка на торці більшого діаметра не більше допустимої. Для забезпечення обробки деталей за один прохід та необхідної точності обробки, при великосерійному та масовому виробництві використовується спосіб шліфування орієнтованими кругами з калібруючими ділянками з одностороннім розташуванням торців одного діаметру. Калібруючі ділянки при цьому робляться різної довжини, в залежності від діаметру, відповідно більшого та меншого. Розрахунок точності формоутворення деталей здійснюється за програмою універсальної моделі точності формоутворення деталей з торцями різних діаметрів.

Підвищення точності обробки торцевих поверхонь деталей різних діаметрів шліфувальними кругами, досягається тим, що формоутворення торця меншого діаметра виконується максимальним діаметром плоского торця одного круга, а формоутворення торця більшого діаметру – калібруючою ділянкою другого круга, довжина якої дорівнює діаметру більшого торця і заправлена алмазним олівцем, вісь якого переміщується по радіусу, який співпадає з радіусом розташування осей деталей в барабані подачі. Цей спосіб спрощує правку шліфувального круга. Не потребує спеціальної правки, дозволяє використовувати штатну правку.

На рис. 1 показано розрахункову схему шліфування торців різних діаметрів. На рис. 2 зображено штовхач газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання.

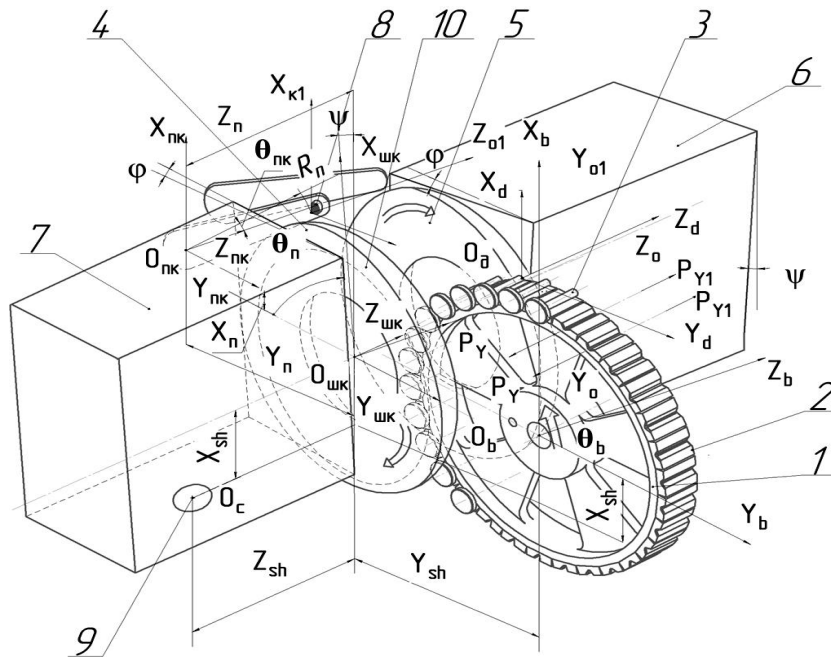


Рис. 1 – Розрахункова схема шліфування торців різних діаметрів: 1 – барабан подач виробів, 2 – призма, 3 – заготовка, 4, 5 – шліфувальні круги, 6, 7 – шліфувальні бабки, 8 – пристрій для правки торцевих ділянок шліфувальних кругів, 9 – сферичний шарнір, відносно якого відбувається поворот кругів, 10 – калібруюча ділянка шліфувального круга, що обробляє торці більших діаметрів.



Рис. 2 – Штовхач газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання

На рис. 2 вказані D діаметр більшого торця заготовки та діаметр d меншого торця заготовки.

Список посилань

1. Деклараційний патент 10636 Україна на винахід (корисну модель), МПК В24В5/04. Спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей / Кальченко В.В., Жадан О.В.; заявник та патентовласник Кальченко В.В., Жадан О.В. – № u200505125 ; заявл. 30.05.05; опубл. 15.11.05, Бюл. №1.

2. Деклараційний патент 2417148 Российская Федерация, МПК, В 24 В 1/00, В 24 В 19/00. Спосіб шлифования стержневидных обрабатываемых деталей, шлифовальный станок (варианты) и шлифовальная секция спаренного расположения / Химмельсбах Георг (DE), Мюллер Хуберт (DE); заявитель и патентообладатель Эрвинюнкер Грайдинг Текнолоджи А.С. (CZ) - № EP 2007/001183, заявл. 12.02.2007 опубл. 27.04.2011 Бюл. № 12

3. Saturn. Торцевое шлифование спаренными шлифовальными кругами: [Журнал для клиентов фирмы «Junkermaschinen»] / ErwinJunker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. – Nordrash, Germany, 2005 – 8 с.

4. Кальченко В.В. Дослідження процесу двостороннього шліфування циліндричних деталей з торцями різних діаметрів орієнтованими шліфувальними кругами / В.В. Кальченко, О.С. Следнікова, В.О. Винник, О.О. Литвин // Технічні науки та технології : науковий журнал / Чернігів. нац. технол. ун-т. – Чернігів : Чернігів. нац. технол. ун-т. – 2017. – № 2 (8). – С. 40-48.

УДК 621.923

Єрошенко А.М., канд. техн. наук, доцент
Кальченко Д.В., магістр

Чернігівський національний технологічний університет, itmia@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ШЛІФУВАННЯ ТОРЦІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ОРІЄНТОВАНИМИ КРУГАМИ З КАЛІБРУЮЧИМИ ДІЛЯНКАМИ

Шліфування торців: ролків підшипників, хрестовин карданних валів, штовхачів з різними діаметрами, виконуються на двосторонніх шліфувальних верстатах. У роботі [1] вперше запропоновано математичні моделі, які описують крутний момент M , який обертає циліндричні деталі одного діаметра (1), та різних діаметрів (2) під час обробки,

$$M = 2(R_{\max} - R_{\min}) \cdot P_z, \quad (1)$$

$$M = (R_{\max D} - R_{\min D}) \cdot P_{zD} - (P_{nD} - P_{nd}) \cdot f \cdot R_t + (R_{\max d} - R_{\min d}) \cdot P_{zd}, \quad (2)$$

де P_z, P_{zD}, P_{zd} – сили різання на максимальних $R_{\max}, R_{\max D}, R_{\max d}$ та мінімальних $R_{\min}, R_{\min d}, R_{\min D}$ радіусах дотику шліфувального круга та деталей 1, 2 діаметром D .

Аналіз формул (1) і (2) показує, що коли деталь входить в зону обробки і торкається зовнішнього діаметра круга точка 11, в такому випадку $R_{\min} = 0$, і круг, за рахунок сил різання P_z , починає обертати деталь проти стрілки годинника зі швидкістю, яка наближається до швидкості шліфувального круга, виникає перехідний процес, в якому не встигає зніматися припуск і відбувається інтенсивний знос круга, і підвищення потужності шліфування (рис. 1) крива 3. В процесі переміщення деталей діаметром D : 1- штовхача, 2-ролика барабаном подач швидкість обертання деталі поступово зменшується і коли в контакт входить весь торець і радіуси R_{\max}, R_{\min} доторкаються деталі, перехідний процес закінчується, точка 9 (рис. 1) виникає крутний момент (1, 2), який обертає деталі за годинниковою стрілкою, забезпечується контакт по площі торця круга, відбувається стабільний процес чорнової обробки від точки 8 до точки 9.

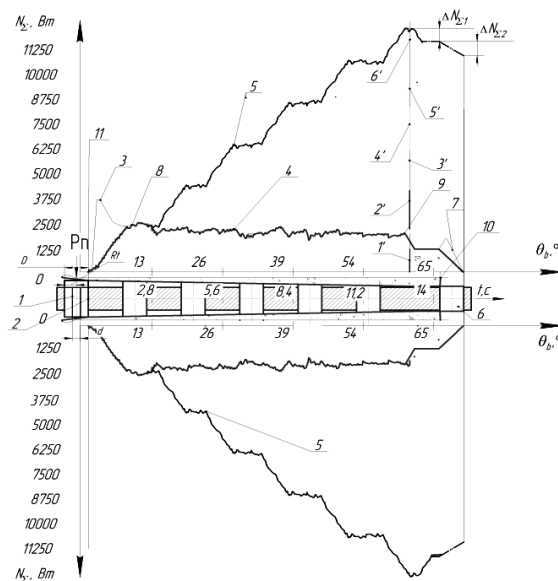


Рис. 1 – Питомі та сумарна активні потужності, на двох торцях при безперервній подачі деталей в зону обробки

При виході деталі з зони чорнової обробки на калібруючу ділянку точка 9, потужність N і сили різання P_z, P_{zD}, P_{zd} зменшуються, так як контакт відбувається по лінії, і з малою глибиною шліфування, а при виході торця деталі за зовнішній діаметр круга, точка 10 R_{\min} поступово зменшується до 0, напрямок обертання змінюється і деталь починає обертатися проти стрілки годинника, виникає перехідний процес за рахунок розгону деталі максимальним діаметром круга в кінці калібруючої ділянки з малою інтенсивністю крива 7.

При обробці штовхачів 1 з різними діаметрами $R_n \leq 3P_z$, коефіцієнт тертя $f \leq 0.15-0.2$, $R_t \leq D/2$, крутний момент, розрахований за формулою (2) для максимальних значень R_n, f, R_t більший за момент тертя, тому деталь завжди буде обертатися.

При безперервній обробці нерухомих деталей, роликів підшипників 2, які фіксуються в процесі шліфування в барабані перехідний процес буде відбуватися від точки 11 до точки 8, потім процес відбувається з постійним моментом крива 4.

На (рис. 1) показані питомі потужності, які зображені стовпцями 1',2',3',4',5',6', та сумарні потужності показані кривими 5, які дорівнюють сумі питомих потужностей на двох торцях, при безперервній подачі деталей в зону обробки, максимальне значення сумарної потужності буде в точці де починається калібруюча ділянка, точка 9 далі вона починає зменшуватися на величину $\Delta N_{\Sigma 1}$, деталь обробляється калібруючою ділянкою.

Поки обробка деталей ведеться на калібруючій ділянці наступна деталь не подається в зону обробки, що виключає вплив перехідного процесу на точність формоутворення, а продуктивність забезпечується за рахунок того, що наступна деталь входить в зону обробки одразу після виходу деталі з калібруючої ділянки, як при деталях, що обертаються та не обертаються.

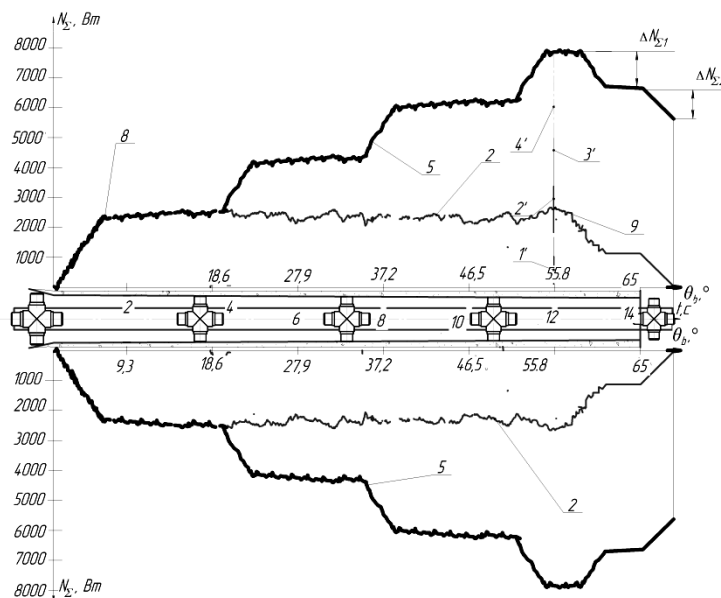


Рис. 2 – Питомі та сумарні активні потужності, на двох торцях при безперервній подачі хрестовин що не обертаються в зону обробки

На (рис. 2) показані питомі потужності за координатою обробки θ_b , які зображені стовпцями 1',2',3',4', та сумарна потужність 5, вона наведена сумою стовпців 1'-4'. Максимальне значення сумарної потужності буде в місці максимальної суми питомих потужностей, далі вона починає зменшуватися на величину $\Delta N_{\Sigma 1}$, хрестовина обробляється калібруючою ділянкою. При виході хрестовини з калібруючої ділянки, в початкове положення подається наступна необроблена хрестовина.

Список посилань

1. Кальченко Д.В. Теоретичне та експериментальне дослідження процесу двостороннього шліфування торців зі схрещеними осями циліндричних деталей та кругів з калібруючими ділянками / Д.В. Кальченко // Технічні науки та технології: науковий журнал. – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2017. – №4(10). – с. 44-52.

УДК 621.9.08:62.187.4

Яшина Т.В., аспірант

Сумський державний університет, t_yashyna@ukr.net

Динник О.Д., канд. техн. наук, доцент

Конотопський інститут СумДУ, odkonotop39@gmail.com

Залога В.О., докт. техн. наук, професор

Сумський державний університет, zalogav@jmail.com

АВТОМАТИЗОВАНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Ефективне управління якістю продукції машинобудівного підприємства (МП) згідно вимог міжнародних стандартів ISO серії 9001 [1] на сучасному етапі розвитку науки і техніки передбачає зниження невизначеності на всіх стадіях життєвого циклу (ЖЦ) продукції, в першу чергу, за рахунок автоматизованої оцінки мінливих параметрів зовнішнього і внутрішнього середовищ на основі єдиного інформаційного простору (ЄІП).

Аналіз публікацій показав, що питанням інформаційної підтримки та впровадження CALS-технологій на вітчизняних підприємствах присвячено багато публікацій [2, 3]. Разом з тим встановлено, що теоретичні розробки та методики впровадження носять узагальнений характер, не деталізовані і не можуть бути застосовані при практичній реалізації. Таким чином, актуальною задачею є розробка моделей і методів формування ЄІП для підтримки процесів розробки ЖЦ виробів.

В ході проведення дослідження визначені проблеми та запропоновані основні шляхи створення ЄІП в системі управління якістю з урахуванням принципів стандартів ISO серії 9000 [4]. Виділені основні напрямки в реалізації інформаційної підтримки системи управління якістю (СУЯ) на основі CALS-технологій. На їх основі розроблена схема поетапного впровадження CALS-технологій для підтримки ЖЦ продукції та СУЯ і запропонована функціональна схема автоматизованої оцінки якості виробничого процесу.

Таким чином, формування ЄІП та впровадження CALS-технологій на МП для ефективного управління якістю продукції на всіх стадіях її ЖЦ дозволить вчасно виявити невідповідності і провести корегувальні дії щодо їх усунення, а в результаті – підвищити якість і конкурентоспроможності машинобудівної продукції.

Список посилань

1 ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) «Системи управління якістю. Вимоги». К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016 – 30 с.

2 Павленко П.М. Проблеми інтеграції сучасних автоматизованих систем виробничого призначення/ П.М. Павленко, В.В. Трейтjak, Т.М. Захарчук // Електроніка та системи управління. 2012. №2(32), с. 83-88.

3 Вайсман, В.О. Моделі, методи та механізми створення і функціонування проектно-керованої організації [Монографія] / В.О. Вайсман. – К.: Науковий світ, 2009. – 146 с.

4 Quality management principles / ISO Central Secretariat – ISO, 2015 – 20 p. – ISBN 978-92-67-10650-2.

УДК 662.8.053.3: 662.818

Чернишов О.О. інженер 1-категорії
Дніпровський металургійний комбінат, haruga-1@ukr.net
Чернишов О.В. ст. викладач
Трикіло А.І., канд. техн. наук, доцент
Чухно С.І., канд. техн. наук, доцент
Швачка А.В. магістр
Продан А.Н. магістр
Дніпровський державний технічний університет, avch2006@ukr.net

ПІДГОТОВКА ШЛАМІВ ШЛІФУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ДО МЕТАЛУРГІЙНОГО ПЕРЕПЛАВУ

В металообробній промисловості при виготовленні деталей та заготовок під час обробки утворюється значна кількість металевих відходів. А саме:

- лом (обрізі металів, що залишаються після механічної обробки та штампування);
- висічка (частки металів, що виникають під час їх обробки тиском);
- стружка (металеві відходи, що залишаються після механічної обробки металів ріжучим інструментом);
- шлам (металеві відходи після процесу шліфування) [1].

Аналіз показує, що усі різновиди металевих відходів, окрім шламів, підлягають переробці. Всі шлами (майже 4% від не використуваних металевих відходів) на сьогоднішній день вивозяться на звалище. У зв'язку з цим прогресує забруднення навколишнього середовища, виснаження природних ресурсів, зниження стійкості біосфери, тобто погіршення екологічної обстановки загалом. Тому все більш актуальною постає проблема утилізації металовідходів.

Традиційними способами утилізації відходів є плавильний переділ. Однак без спеціальної підготовки, у чистому вигляді, стружка та шлам не можуть бути перероблені цим методом. Особливу увагу слід приділити шліфувальним шламам, які являються важко руйнівним конгломератом металевих частин з вкрапленнями абразиву (електрокорунду чи карбиду кремнію), зв'язки та МОР. Властивості цих шламів не дозволяють використовувати для переробки методи магнітної сепарації.

До металомістких шламових відходів металообробного виробництва відносяться шлами шліфувальних, обкатних, заточувальних верстатів. Найбільший відсоток від загальної кількості шламів (80%) складають шліфувальні шлами, отримані при обробці сталей [2]. Склад та властивості шламів у більшості залежать від режимів механічної обробки та використаних МОР в які входять розчини ПАР (поверхнево-активних речовин) з різноманітними функціональними домішками. Хімічний склад металевої складової шламів в основному відповідає хімічному складу оброблюваної сталі. Різниця полягає у вмісті кисню, який у шламі зазвичай складає 2-3% та може доходити до 5 - 6%. Винятком можуть бути тільки шлами на масляній МОР, наприклад, шлами, що утворюються при шліфуванні шариків підшипників (масло МР-7, вміст кисню 1,1 – 1,3%), та шлами чавуну, в яких металева матриця захищена від окислення структурно вільним графітом (вміст кисню 0,6 - 0,7%) [3]. Таким чином, виникає питання очищення та брикетування шламів перед їх використанням в металургійному переplatі.

Метою роботи є визначення технологічних параметрів процесу брикетування шламів шліфувальних верстатів.

Дослідження процесу брикетування проводили на лабораторному пресі П6324. Для проведення експерименту було виготовлено прес-форму та штампель.

Дослідження проводилися наступним чином. Відмитий та висушений від МОР шлам шліфувальних верстатів розважували по порціях 50г. До кожної порції у відсотковій

пропорції додавали зв'язуючий елемент. Концентрація зв'язуючого складала 4, 6, 8, 10 % від маси порції висушеного шламу. Далі ретельно перемішували суміш шламу та зв'язуючого, а потім добавляли воду та ще раз ретельно перемішували до однорідної густої маси. Частка води в різних порціях складала 4, 6, 8 % від маси суміші. Отриману суміш завантажували в прес-форму і пресували під тиском 50, 100, 150, 200 МПа.

Всі отримані брикети висушували в електричній муфельній печі ШОЛ-1,6.2,51/9-ИЗ. Висушені зразки зважували на електронних вагах Ю-200 з ціною поділки 0,01г, виконували заміри геометричних параметрів брикету та розраховували щільність брикету.

Результати експериментів оброблені методами математичної статистики за допомогою програми Microsoft Office Professional Plus 2016, що дало можливість отримати математичні залежності щільності брикету від тиску пресування, концентрації зв'язуючої речовини та концентрації рідини (води).

Проаналізувавши результати досліджень, можна зробити висновок, що найбільш значимим фактором на щільність брикету являється тиск пресування. Менш значимими – концентрація рідини та концентрація зв'язуючої речовини. Навіть при збільшенні концентрації води щільність брикету знижується, тому що суміш розріджується і при пресуванні маса «пливе». А при недостатці води зв'язуючий компонент не розчиняється повністю, що приводить до погіршення якості отриманих брикетів. Тому, самим оптимальним варіантом концентрації води є 6 – 8%.

Висновок. Для оптимальної щільності брикету велика концентрація води та зв'язуючого не потрібна, але для того, щоб брикет не розсипався після висихання, необхідно додавати зв'язуючий елемент в кількості 3 - 5% від маси сухого шламу. Вода необхідна тільки для розчинення зв'язуючого, тому її маса не повинна перевищувати 6 - 8%. Брикети мають хорошу щільність і можуть переплавлятися в плавильних печах. Отримані режими пресування можна рекомендувати при пресуванні брикетів на промисловому валковому пресі.

Список посилань

1. Кокорин В.Н. Процессы переработки металлосодержащих отходов производств черной металлургии и прокатки стального листа с использованием процессов ОМД: Учебное пособие / В.Н. Кокорин, Е.М. Бульжев, Е.П. Терешенок. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 64 с.
2. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки / Под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1974. – 616 с.
3. Кокорин В.Н. Промышленный рециклинг техногенных отходов: Учебное пособие / В.Н. Кокорин, А.А. Григорьев, М.В. Кокорин, О.В. Чемаева. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 42с.

УДК 621.767(075.8)

Кореньков В.М., канд. техн. наук, доцент

Ткач І.І., аспірант

Крачков В. магістрант

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», vskrachkov@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ANT COLONY OPTIMIZATION ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ

У сучасному машинобудуванні часто виникає проблема планування маршруту обробки нової партії деталей або однієї деталі на наявному обладнанні підприємства.

Виробнича ділянка складається з певної кількості верстатів. Кожен верстат має набір характеристик, які мають бути враховані при плануванні графіку завантаженості верстатів. До таких характеристик (параметрів) можна віднести:

- поточна завантаженість верстату;
- потужність верстату;

- тип верстату;
- місце розташування верстату на виробничій ділянці, відстань до суміжних верстатів.

Частина цих параметрів рідко змінюються у часі та можуть бути прийнятими за константні, але більшість параметрів змінює своє значення у часі. Наприклад, значення завантаженості верстата, яке можна визначити як відношення кількості оброблених деталей до загальної кількості деталей у партії, – є параметром змінним у часі.

Для кожної партії деталей існує набір технологічних операцій, які повинні бути виконані у заданому послідовному порядку. При чому для кожної технологічної операції існує детермінована множина обладнання на якому ця операція може бути виконана. Також для кожної операції нормовано час її виконання. Для деяких операцій може бути заданий міжопераційний час (максимально можливий проміжок часу до початку наступної операції) або навпаки, мінімально допустимий час до початку наступної операції (наприклад після операції термообробки). Необхідно задати план обробки таким чином, щоб досягти найменшого часу обробки партії деталей на виробничій ділянці в цілому.

Отже, задачу пошуку найбільш ефективного маршруту обробки деталей можна розділити на задачу моніторингу поточного стану верстатів та на задачу пошуку найкоротшого шляху, базуючись на даних, отриманих з системи моніторингу.

Наведену вище задачу можна визначити як загальну задачу календарного планування.

Задача календарного планування - це задача оптимального розподілу обмежених ресурсів у часі: маємо кінцеву множину $N = \{1, 2, \dots, n\}$ вимог та кінцеву множину $M = \{1, 2, \dots, m\}$ обладнання. При цьому кожній партії або деталі i та кожній операції q ($1 \leq q \leq r_i$) по обробці ставиться у відповідність деяка підмножина обладнання (верстатів) і Mq із множини M [1, 2].

Для вирішення цієї задачі представимо множину рішень у вигляді повного графу:

$$G = (V, E),$$

де вершинами V будуть верстати (обладнання), а ребра E будуть визначати можливі переміщення деталі між верстатами.

Граф буде визначати множину усіх можливих та технічно допустимих рішень по плану обробки деталі або партії деталей. Кожен параметр верстату на основі якого виконується пошук маршруту обробки буде представлений окремим графом:

$$g_i = (v, e)$$

Таким чином загальна множина рішень графу G буде складатися з множини графів g_i :

$$G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$$

Оскільки кожен параметр, що впливає на вибір маршруту обробки має різні значення розмірностей, то для їх поєднання ми зводимо їх до поняття ймовірності переходу з вершини i у вершину j . Для пошуку найбільш ефективного шляху будемо використовувати мурашиний алгоритм.

Мурашиний алгоритм (алгоритм оптимізації мурашиної колонії, англ. *ant colony optimization*, АСО) — один з ефективних поліноміальних алгоритмів для знаходження наближених розв'язків задачі комівояжера, а також аналогічних завдань пошуку маршрутів на графах. У основі алгоритму лежить поведінка мурашиної колонії – маркування вдалих доріг великою кількістю феромону. Робота починається з розміщення агентів у вершинах графа, потім починається їх рух – напрям визначається імовірнісним методом, на основі формул [3]. Алгоритм застосовується M разів (почергово вважаючи кожен вершину графу початковою точкою) до кожного графу. В результаті отримуємо множину рішень по кожному з графів, яка буде дорівнювати кількості вершин у графах. Оскільки кожен граф відповідає за множину рішень базуючись лише на одному параметрі, для того щоб звести задачу до загальної множини рішень необхідно співставити отримані

графи шляхом простого перемноження отриманих ймовірностей у відповідних вершинах. Після проведених операцій залишиться множина рішень у вигляді найбільш ефективних маршрутів обробки деталі або партії деталей. Залишається лише обрати найкоротший з отриманих маршрутів.

Отже, задача календарного планування постає дуже важливим питанням для сучасних підприємств орієнтованих на багатонаменклатурне виробництво з нерівномірним плановим випуском. Запропонований метод пошуку найбільш ефективного розподілу деталі або партії деталей на існуючому обладнанні враховує особливості такого виробництва та може бути успішно використаний для вирішення задачі календарного планування.

Список посилань

1. Танаев В.С. Теория расписаний. Многостадийные системы. / В. С. Танаев, Ю. И. Сотсков, В. А. Струсевич. – М.: Наука, 1989. – 328 с.
2. Секаев В.Г. Использование метода колонии муравьев для решения задач календарного планирования / В.Г. Секаев, П.В. Матренин // Сборник научных трудов НГТУ. – 2011. – №4(66) – с.109–118.
3. Ant colony optimization / Marco Dorigo, Thomas Stutzle, 2004, Massachusetts Institute of Technology. – 321p

УДК 620.22

Буря О.І., канд. техн. наук, професор
Калініченко С.В., асистент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, ol.burya@gmail.com

Начовний І. І., канд. техн. наук, доцент

Український державний хіміко-технологічний університет, м. Дніпро, dekan_meh@ukr.net

ОГАНОПЛАСТИКИ НА ОСНОВІ ФТОРПОЛІМЕРУ

Довговічність машин та механізмів в значній мірі залежить від зношуваності їх вузлів та деталей виходячи з цього мета даної роботи полягає в розробці зносостійких полімерних композитів на основі кристалічного полімеру - політрифторхлоретилену (ПТФХЕ). Ступінь і вид кристалічності ПТФХЕ можуть контролюватися його термічною історією, особливо швидкістю охолодження під час виготовлення виробів. Загалом, діапазон кристалічності може змінюватись в межах від 40 до 80%, але ніколи ПТФХЕ не буде повністю кристалічний або аморфний. Формований ПТФХЕ з високою кристалічністю є щільним матеріалом, що має високу механічну міцність і низьке подовження. З іншого боку, при аморфній структурі, цей матеріал оптично прозорий, більш еластичний і має меншу густину[1].

Довгі ланцюги молекул ПТФХЕ з високою молекулярною масою розвиваються повільно в ядра кристала і можуть запобігти перегрупуванню в великі сфероліти.

ПТФХЕ має високу міцність на стиск і низьку деформацію під навантаженням, зокрема, його холодотекучість нижча, ніж у політетрафторетилену і він не деформується під навантаженням при кімнатній температурі, зберігаючи свої чудові властивості в широкому температурному діапазоні [2].

Але у цього матеріалу є і недоліки, основний з яких це мала зносостійкість при використанні його для виготовлення підшипників ковзання.

Для покращення трибологічних властивостей було прийняте рішення ввести в нього наповнювач в якості якого було використано дискретне волокно полісульфонамід марки Т 700 (Китай).

Для визначення оптимального складу полімерного композиційного матеріалу були виготовлені зразки з різним співвідношенням компонентів.

Для поєднання порошкоподібного політрифторхлоретилену та подрібненого волокна полісульфонаміду Т700 довжиною 3 мм, використовувалась технологія змішування їх в обертальному електромагнітному полі (0,12-0,15 Тл) з додаванням феромагнітних частинок. Зразки для випробувань виготовляли у вигляді циліндрів, діаметром 10 та довжиною 10 мм. Готову суміш таблетували при кімнатній температурі і тиску 40МПа. Препреги завантажували в прес-форму, нагріту до 423К, після чого температуру в прес-формі піднімали до 510-515К і витримували при цій температурі 10хв без тиску, далі зразок навантажували 40МПа. Для фіксації форми виріб охолоджували під тиском до температури 490-495К і далі виштовхували із прес-форми у воду для гартування.

Експериментальні дослідження триботехнічних характеристик композиційних матеріалів проводились на машині тертя зворотно-поступального руху. Контр-тіло було виготовлено із сталі 45 з шорсткістю робочої поверхні $Ra=0,16\div 0,32$ мкм

Величину зношування зразків визначалась ваговим методом на аналітичних терезах ВЛР 200. Перед початком досліджень кожен зразок композиційного матеріалу проходив припрацювання в робочому режимі до досягнення повного контакту з матеріалом контр-тіла. Параметри робочого режиму досліджень складали:

- швидкість ковзання - 1 м/с;
- питома навантаження в парі тертя - 1,5 МПа;
- шлях тертя - 1000 м.

Результати досліджень на інтенсивність зношування органопластиків наведені на рис. 1.

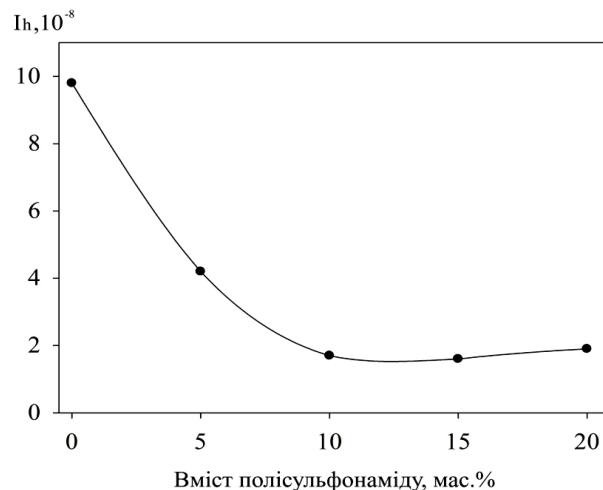


Рис. 1 – Вплив вмісту полісульфонаміду на інтенсивність лінійного зношування

З рис. 1 видно, що при армуванні ПТФХЕ органічним волокнам полісульфонамід Т700 інтенсивність зношування органопластиків зменшується у 2,5-7,5 разів, а також можна зробити висновок, що оптимальний вміст волокнистого наповнювача знаходиться в межах 10-15 мас%.

На підставі отриманих результатів лабораторних досліджень нами було розроблено підшипники ковзання з полімерного композитного матеріалу взамін бабітових для кривошипно-шатунного механізму поршневого компресора СО - 7Б. На даний момент підшипники пропрацювали безвідмовно 2160 годин. Виходячи з проведених лабораторних та натурних випробувань підшипники з полімерного композиційного матеріалу можна рекомендувати до впровадження у виробництво.

Список посилань

1. Горяинов А.В. Фторопласты в машиностроении. / А. В. Горяинов, Г. К. Божков, М. С. Тихонцов. – М.: Машиностроение, 1971. – 233 с.
2. Пашин Ю.А. Фторопласты / Ю. А. Пашин, С. Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская. – Л.: Химия, 1987. – 296 с.

УДК 621.9.01

Роп'як Л. Я., канд. техн. наук, доцент
Шовкопляс М. В., аспірант
Витвицький В. С., аспірант

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, l_ropjak@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ ДЕТАЛЕЙ З ХРОМОВИМИ ПОКРИТТЯМИ

Для забезпечення точності та якості виготовлення деталей гідравлічної частини поршневих насосів, на робочі поверхні яких нанесене хромове покриття, виникає потреба у викінчувальній механічній обробці – алмазному шліфуванні. Це обумовлено тим, що при виготовленні нових або відновленню зношених деталей, шар нанесеного покриття досягає значної товщини – 0,3 мм на сторону і більше, що призводить до зміни точності розмірів, форми, а також і шорсткості отриманої поверхні. Щоб забезпечити роботоздатність деталей поршневого насоса (штоків поршнів і втулок циліндрів), які працюють в спряженнях з гумовими деталями у середовищі промивальної рідини з абразивом, і з метою скорочення часу на припрацювання та зменшення зносу необхідно металевим елементам пар тертя надавати певну величину шорсткості поверхні в межах $R_a = 0,25 \dots 0,32$ мкм.

Дослідження виконували на сталевих зразках циліндричної форми з хромовими покриттями різної товщини $h = 0,077 - 0,37$ мм. Пошарову механічну обробку проводили з постійною глибиною різання (0,05 мм) алмазним кругом і визначали величину шорсткості R_a .

Загальну товщину h_3 (мкм) електрохімічного хромового покриття нанесеного в електроліті (рис. 1) визначають за формулою

$$h_3 = h + z, \quad (1)$$

де h – товщина робочого шару електрохімічного хромового покриття, мкм;

z – величина припуску на алмазне шліфування покриття, при якому забезпечується отримання обробленої поверхні із заданою мінімальною шорсткістю, мкм.

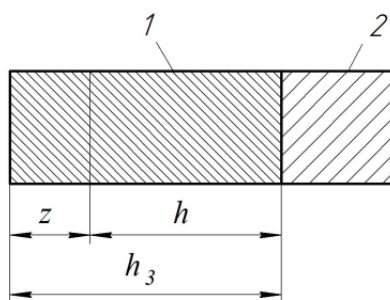


Рис. 1 – Схема одношарового електрохімічного хромового покриття: 1 – шар хромового покриття, 2 – основа

Товщину h визначають експериментальним шляхом у залежності від необхідного ресурсу роботи деталей з покриттями або, попередньо встановивши швидкість зношування в умовах аналогічних експлуатаційним, розраховують:

$$h = I_v \cdot t, \quad (2)$$

де I_v – швидкість зношування, мкм/год;

t – заданий ресурс роботи деталі з покриттям, год.

Мінімальний припуск на діаметр при механічній обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання розраховують за відомою формулою. Для виконання розрахунків на основі експериментальних даних отримано аналітичну залежність, яка дозволяє визначити товщину дефектного шару хромового покриття у залежності від товщини нанесеного покриття.

Встановлено, що товщина дефектного шару менша для хромових покриттів нанесених у протічному електроліті, ніж покриттів нанесених у спокійному електроліті.

УДК 622.23.05

Пригоровська Т.О., аспірант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
pryhorovska@gmail.com

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДОЛІТ ТИПУ PDC

Лопатеві долота PDC (polycrystalline diamond cutters) забезпечують кратне збільшення проходки за рейс, підвищуючи при цьому механічну швидкість буріння, завдяки високій зносостійкості та механічній швидкості буріння. PDC долота дозволяють впевнено бурити нафтові, газові й гірничорудні свердловини в гірських породах I-VII категорії твердості і I-VIII категорії абразивності.

Сучасні долота вказаного типу містять сталевий або твердосплавний корпус із припаяними до нього алмазними різцями різних типів. Сталеві заготовки доліт отримують із сталевого прокату або литвом. Твердосплавні заготовки – методами порошкової металургії із твердого сплаву на основі карбіду вольфраму, що дозволяє суттєво підвищити гідроабразивну стійкість доліт, порівняно зі сталевими корпусами. Така технологія виготовлення корпусу дає змогу отримати більш високі показники проходки на долото для його багаторазового використання. Поряд із тим, долота із сталевими корпусами мають значно меншу вартість, і також є ремонтпридатними. Для підвищення абразивної стійкості корпусу його покривають зносостійкими покриттями різних типів. У зв'язку з особливостями експлуатації для бурових доліт однією з найбільш важливих характеристик є ударна в'язкість. [1]

Породоруйнівні елементи долота, в основному, оснащені PDC-різцями провідних світових виробників: Genesis, Smith Bits, Element Six серій (XT, HCR, HOT, SQC, GDC, і ін.), а калібрувальні – твердими сплавами марок B25, B35 виробництва SANDVIK Coromant (Швеція) (аналогі вітчизняних твердих сплавів BK6, BK8 відповідно). Проста, але досить міцна система кріплення різця в поєднанні зі зміцненням поверхні наплавленням карбіду вольфраму роблять ці долота високопродуктивними і ремонтпридатними. [2]

Однією із найважливіших операцій технологічного процес виготовлення доліт є паяння алмазно-твердосплавних пластин та нарізання конічних замкових різьб. Важливим є усунення биття різців із пластинами відносно конічної приєднувальної різьби. Для проведення контролю нами розроблено контрольний пристрій, який дозволив контролювати розташування ріжучих зубців, їх осьове та радіальне биття, і на цій основі вносити корегування до операції паяння пластин.

Список посилань

1. Бугаков В.И. Технология изготовления буровых долот при высоких давлениях и температурах с применением новых алмазных материалов [Текст] / В.И. Бугаков, А.И. Лаптев // Известия Высших Учебных Заведений. Черная Металлургия. – 2017. – № 60(1). С. 36 – 42.
2. Стефанів Б.В. Особенности реставрации рабочих органов матричных корпусов буровых долот [Текст] / Б.В. Стефанів, В.Ф. Хорунов, О.М. Сабадаш, С.В. Максимова, В.В. Воронов // Автоматическая сварка. – 2015. – № 8. – С. 51 – 54.
3. Стефанів Б.В. Особенности восстановления поврежденного промывочного канала стального бурового долота [Текст] / Б.В. Стефанів, В.Ф. Хорунов, О.М. Сабадаш и др. // Автоматическая сварка. – 2014. – № 11. – С. 54 – 58.

СЕКЦІЯ 2
«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, ІНСТРУМЕНТ ТА
ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ДЕРЕВООБРОБКИ ТА МЕБЛЕВОГО
ВИРОБНИЦТВА»

УДК 004.383.4

Кравченко В. И., канд. техн. наук, доцент
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск,
kit@dgma.donewtsk.ua

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ АРМ БРИГАДИРА
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА

Совершенствование производства на деревообрабатывающих предприятиях неразрывно связано с автоматизацией управленческой деятельности бригадира столярного цеха, основанной на современных информационных технологиях, обеспечивающих участников процесса соответствующими информационно связанными автоматизированными рабочими местами (АРМ). При этом, кроме информационных моделей важную роль в функционировании АРМ играют математические модели, применяемые, например, для экономически обоснованного ценообразования стоимости столярных изделий. Однако вопросы автоматизированного формирования цен на столярные изделия в литературе рассмотрены еще недостаточно [1, 2]. Целью настоящей работы является автоматизация работы бригадира в части расчета цены выпускаемых изделий. Задачами работы являются: изучение и анализ существующих методик ценообразования столярных изделий и разработка математической модели для АРМ бригадира.

Традиционные методики расчета предусматривают при формировании цены рассматривать изделия поштучно, измеряя их погонный, квадратный и кубический метраж. Такой подход позволяет достаточно точно определить цену отдельного изделия, но затруднителен при сравнении экономических затрат на производство изделий разных типоразмеров. Поэтому в основу математической модели разрабатываемого АРМа положена методика, предусматривающая использование двух параметров: объема материала, затраченного на столярное изделие и категорий сложности его обработки. Таким образом, по единой методике учитывается стоимость древесины потраченной на изготовление мебели, дверей, оконных рам и проч., а также трудозатраты на изготовление этих объектов, что вместе и составляет базовую цену изделия, продавать ниже которой для производства убыточно. Алгоритм расчета цены отдельного изделия столярного цеха заключается в следующем: сначала выясняется его категория сложности и коэффициент съема (K_c), а затем объем всех готовых деталей умножается на коэффициент съема. Категория сложности определяется породой дерева, трудоемкостью изготовления и конфигурацией формы изделия, а точнее - количеством содержащихся в ней элементов прямоугольного, косоугольного и фигурного очертаний. В целом стоимость C_u деревянного изделия вычисляется по формуле:

$$C_u = K_c \cdot V_d \quad (1)$$

где V_d – суммарный объем древесины в чистовой обработке,
 K_c – категория сложности.

Суммарный объем древесины в чистовой обработке и категория сложности находятся из таблиц базы данных. Результаты расчета записываются в реквизит «Цена» (рис. 1) и используются бригадиром столярного цеха при планировании работы бригады по производству столярных изделий.


Номер	Назва изделия	Матеріал	Параметри	Ціна	Зображення
CO0001	Стол обеденный	Дуб	2X1.5	3000	

Рис. 1 – Фрагмент АРМ бригадира деревообробуючого цеха з детальним описанням изделия

Список ссылок

1. Кравченко В.И. Моделирование функциональной деятельности бригадира деревообрабатывающего цеха. / В. И. Кравченко // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2017): матеріали тез доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції (24–27 квітня 2017 р., м. Чернігів). – Чернігів: ЧНТУ, 2017. – С.173-175.
2. Ценообразование столярных изделий. Цена изделий из древесины [Электрон. ресурс].- Режим доступа: http://www.tsd.com.ua/ru_price_wood.php

УДК 674.049.2

Максимів Ю. В., аспірант

Бехта П. А., докт. техн. наук, професор

Щупаківський Р. Б., канд. техн. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, maxymiv.yura@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КОЛЬОРУ ШПОНУ БЕРЕЗИ ТА ВІЛЬХИ ПРИ ТЕРМОМЕХАНІЧНОМУ УЩІЛЬНЕННІ

Вступ. Впродовж останніх десятиліть спостерігається стрімке зростання використання матеріалів на основі лущеного шпону (фанера, LVL-плити тощо), як альтернативи цільній деревині. Таку тенденцію пояснюють низкою переваг, якими володіють ці матеріали порівняно з масивом, зокрема: підвищеною формостійкістю, міцністю, естетичністю, тощо [1]. Однак, процеси виготовлення LVL-плит та фанери неодмінно передбачають використання клейових композицій, що часто призводить до перевитрат адгезивів. Одним із методів зменшення витрат клею при виготовленні фанери та LVL-плит є термомеханічне ущільнення листів шпону [2]. Проте такий вид термічного модифікування призводить до суттєвої зміни кольору поверхні деревинних матеріалів, що вимагає встановлення закономірностей зміни координат кольору лущеного шпону в процесі термомеханічного ущільнення.

Методика проведення експериментальних досліджень. Дослідження зміни кольору при термомеханічному ущільненні проводили для лущеного шпону деревини берези (*Betula verrucosa Ehrh.*) та вільхи (*Alnus*).

Номінальна товщина листів шпону становила ≈ 1.6 мм, відносна вологість до термомеханічного ущільнення в межах 5.7-6.4%. Тангентальні листи шпону без видимих дефектів поверхні розкривались на взірці розміром 300x300мм з допустимим відхиленням ± 10 мм. Для дослідження зміни кольору використано апаратно-незалежну адитивну колірну модель у відповідності до CIE Lab [3, 4]. В якості вимірювального обладнання застосовували спектрофотометр ВУК 45/0.

Методика вимірювань передбачала визначення L^*a^*b компонент до та після термомеханічного ущільнення у десяти фіксованих точках кожного взірця шпону (по 5 точок

з кожної пластів в межах окремого листа). Зміну кольору оцінювали як інтегральну величину зміни кожної з компонент у відповідності до ISO 11664-6:

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (1)$$

де ΔE^* – загальна зміна кольору;
 $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ – величина зміни компоненти після ущільнення (результуюча між відповідним показником (L^*, a^*, b^*) до та після термомеханічного модифікування).

Термомеханічне ущільнення проводили із застосуванням гідравлічного пресу (рис. 1) та здійснювали за принципом “гарячого пресування” відповідно до заданого режиму. Параметри процесу приведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Режимні параметри термомеханічного ущільнення шпону

Температура	150, 180, 210 °C
Тиск	2 МПа
Тривалість витримки	3 хв

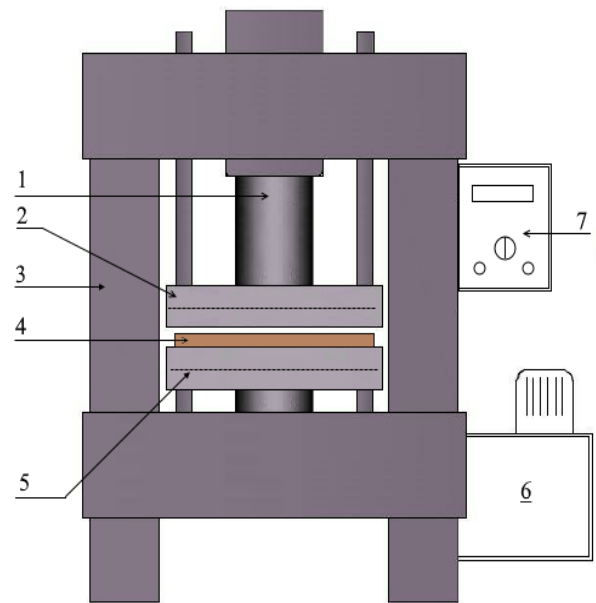


Рис. 1 – Схема експериментальної установки термомеханічного ущільнення шпону (1 – циліндр, 2 – плита пресу, 3 – напрямна стійка, 4 – експериментальний зріз (лист шпону), 5 – електротен плит пресу, 6 – гідравлічна станція, 7 – система автоматичного контролю)

Результати експериментальних досліджень. Після проведення термомеханічного ущільнення візуально спостерігали значну зміну кольору лушеного шпону берези та вільхи (рис. 2). За результатами статистичної обробки даних встановлено середні значення координат кольору, а також загальної зміни кольорів для термомеханічно ущільненого та не модифікованого шпону (табл. 2).

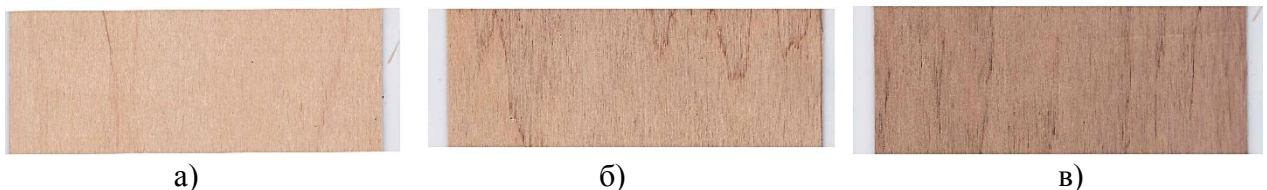


Рис. 2 – Експериментальні зрізки термо-механічно ущільненого березового шпону а) не модифікований; б) за температури 180°C; в) за температури 210°C

Таблиця 2 – Середні значення координат кольору для натурального та термо-механічно ущільненого лушеного шпону

Порода деревини	Температура ущільнення	Координати кольору			Величина загальної зміни кольору ΔE^*
		L^*	a^*	b^*	
Береза	не модиф.	74,96	5,27	27,19	-
	150	72,44	5,96	25,64	3,04
	180	73,39	4,69	22,83	4,67
	210	67,05	4,01	23,09	9,00
Вільха	не модиф.	72,11	5,49	22,59	-
	150	70,42	6,47	21,75	2,13
	180	69,33	5,63	21,08	3,17
	210	64,86	5,12	18,51	8,33

На основі отриманих експериментальних даних побудовано залежності зміни координат кольору (L^* , a^* , b^*) від температури процесу термомеханічного ущільнення (рис. 3–5). Як видно з рис. 3 підвищення температури ущільнення призводить до зниження рівня яскравості берези та вільхи (значення координати " L^* "). Яскравість березового шпону до та після термомеханічного ущільнення є вищою порівняно з вільхою.

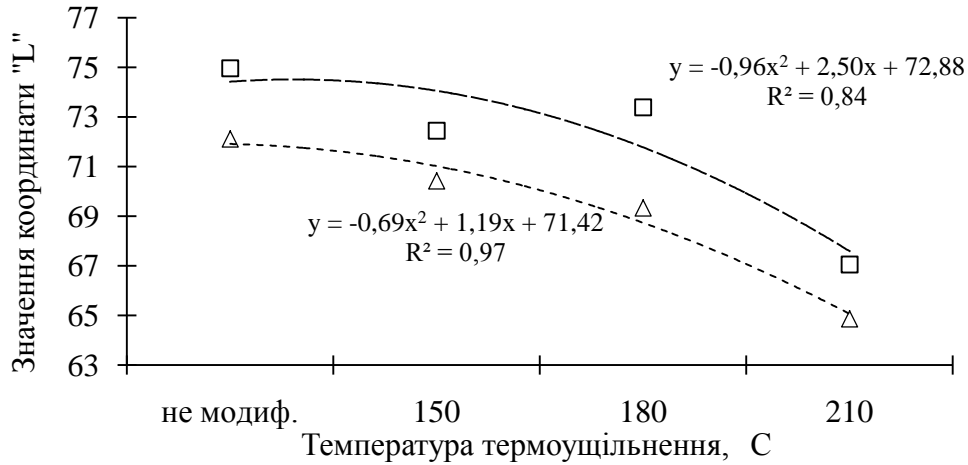


Рис. 3 – Залежність значення координати кольору " L^* " від температури термомеханічного ущільнення шпону (□ – береза; Δ - вільха)

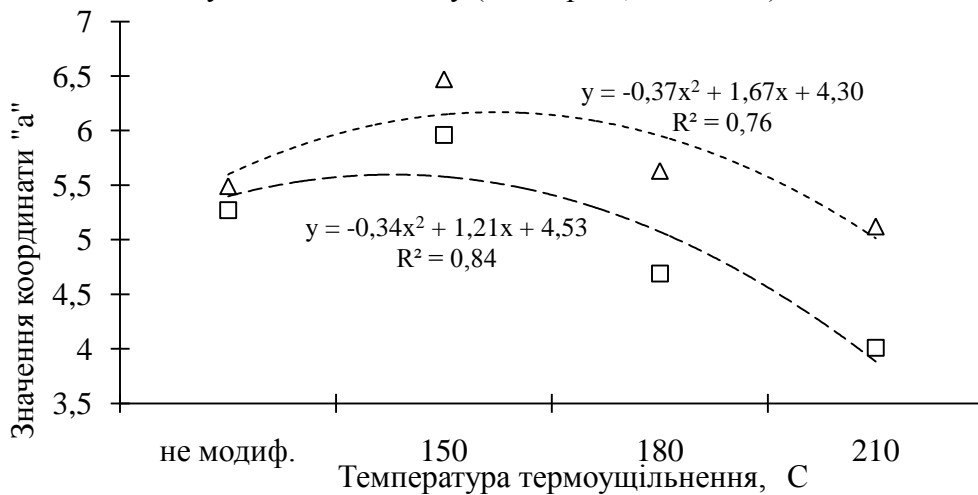


Рис. 4 – Залежність значення координати кольору " a^* " від температури термомеханічного ущільнення шпону (□ – береза; Δ - вільха)

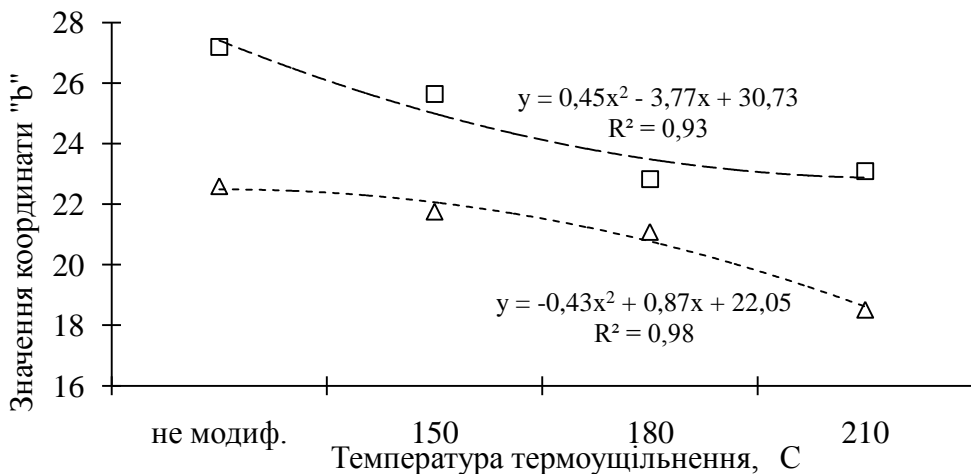


Рис. 5 – Залежність значення координати кольору " b^* " від температури термомеханічного ущільнення шпону (□ – береза; Δ - вільха)

Зміна величини координати “ a^* ” в процесі оброблення для обох порід має приблизно однаковий характер (рис. 4). Так ущільнення при температурі 150°C призводить до збільшення показника координати “ a^* ” (12-17%), однак при обробленні за більш високих температур інтегрований показник, що відповідає за “зелену” та “червону” складові кольору зменшується – в середньому на 7-12% нижче рівня показника не обробленого лущеного шпону вільхи та до 23% для берези. Зміна координати “ b^* ” як для вільхи так і берези є найсуттєвішою (рис. 5). З підвищенням температури пресування спостерігається зниження показників координати “синьої” та “жовтої” компонент – 13-15% для берези та 18-19% для вільхи. Загальна зміна кольору шпону берези та вільхи при термомеханічному ущільненні становить: 3-9% для берези та 2-8,3% вільхи відповідно.

Висновки. Шляхом апроксимації отриманих результатів експериментальних досліджень отримано математичні залежності зміни L^* , a^* , b^* координат кольору від режимних параметрів процесу модифікування, використання яких дасть змогу здійснювати прогнозування зміни кольору лущеного шпону берези та вільхи при термомеханічному ущільненні.

Список посилань

1. Tenorio C, Moya R, Muñoz F (2011) Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing *Gmelina arborea* trees. *J Wood Sci* 57:134–139.
2. Bekhta P, Sedliačik J, Jones D (2017) Effect of short-term thermomechanical densification of wood veneers on the properties of birch plywood. *Eur. J. Wood Prod.* 76:549-562 (DOI 10.1007/s00107-017-1233-4).
3. ISO 11664-2: 2007 Colorimetry - Part 2: CIE standard illuminants.
4. ISO 11664-4: 2008 Colorimetry - Part 4: CIE 1976 $L^*a^*b^*$ Colour space.

УДК 630.3(075.8)

Мачуга О. С., канд. фіз. – мат. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України, oleg_mach@ukr.net

Яхно О. М., докт. техн. наук, професор

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», oleh_yakhno@yahoo.com

Библюк Н. І., докт. техн. наук, професор

Національний лісотехнічний університет України, oleg_mach@ukr.net

НАУКОВІ ЗАСАДИ ІНТЕГРОВАНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЛІСОЗАГОТІВЛІ ІЗ ВІДНОВНИХ ДЖЕРЕЛ

Енергія приймається основною характеристикою стану матеріального об’єкту, з якої визначаються всі інші питомі та інтегральні характеристики цього об’єкту, а енергообмінні процеси під час взаємодії окремих тіл, із яких складається такий об’єкт, підпорядковуються основним законам фізики – першому та другому началам термодинаміки. Тому використання методів і засобів енергетичного підходу до аналізу механічної поведінки матеріальних об’єктів, зокрема й технологічних процесів лісозаготівлі, є пріоритетним напрямком вдосконалення фундаментальних та прикладних методів досліджень серед інших підходів, методів і засобів, починаючи від математичного моделювання процесів чи станів, постановок задач, розроблення методів дослідження, будівництва розв’язків та їх аналізу щодо відповідних задач практики [1].

Енергозабезпечення технологічних процесів лісозаготівлі, транспортування та первинного перероблення деревини базується на використанні рідких палив та електроенергії, що впливає на вартість продукції та величину теплових викидів у навколишнє середовище. Інтегроване використання енергії відновних джерел уможливить відмову від класичних джерел енергії у лісовій галузі. Це передбачає комплексне

використання різноманітного енергетичного устаткування: мінігідротурбін, сонячних колекторів, теплових машин, що використовують біопаливо тощо. Використання енергії відновних джерел може призвести до позитивних екологічних наслідків. Зокрема використання гідроенергії, що пов'язане із зведенням гідротехнічних споруд на гірських ріках, призведе до збільшення зарегульованості їх стоку та відповідного зниження негативних наслідків повеней та паводків. Використання відходів заготівлі деревини та пошкодженої й некондиційної деревини у якості біопалива не впливатиме на зміну фактичного теплового балансу екосистеми, однак призведе до зменшення кількості осередків розвитку хворобоутворюючих організмів.

Представлена робота присвячена аналізуванню балансу між сумарним енергетичним ресурсом різноманітних відновних джерел та енергоспоживанням деяких технологічних процесів лісозаготівлі. У досліджуваній гідромеханічній системі «технологічний процес – об'єкт перероблення – гідро- та біоресурси» ресурс відновних джерел співпадає з ексергією, а енергоспоживання технологічних процесів - з анергією. Отже проблематика інтегрованого енергозабезпечення технологічних процесів лісозаготівлі зводиться до вивчення ексерго-анергійного балансу цієї системи.

Даний виклад є синергетичним поєднанням енергетичного підходу до вивчення процесів, що відбуваються у різноманітних механічних та гідромеханічних системах з комплексним аналізом умов інтегрованого використання енергії гідро- та біоресурсів у лісозаготівлі [2]. Зокрема типізовано види відновних джерел енергії, доступні для використання у лісозаготівлі з огляду на їх економічну доцільність; проаналізовано технологічні процеси лісозаготівлі, транспортування та первинного перероблення деревини, для яких можливе використання механічної та теплової енергії із відновних джерел; визначено порівняльну енергоємність відходів лісозаготівлі, сонячної енергії та гідроресурсів; запропоновано принципову схему інтегрованого використання енергії відновних джерел у лісозаготівлі та на лісо транспорті; виконано порівняльний аналіз витрат енергії для виконання виробничих процесів із використанням механічного, гідро- та пневмоприводу; розроблено принципову схему установки для енергозабезпечення з відновних джерел виробничих процесів лісозаготівлі, транспортування та первинного перероблення деревини та охарактеризовано методику її проектування.

Пропонована установка призначена для відбору, перетворення, акумулювання та передавання до споживачів (приводів відповідних знарядь) механічної енергії. Особливістю установки є можливість відбору та інтегрування енергій різноманітних відновних джерел – енергії річкових потоків та енергії відходів лісозаготівлі і первинного перероблення деревини, шляхом подачі стисненого повітря у накопичувач - ресивер компресорними установками. Принципова схема установки подана на рис. 1.

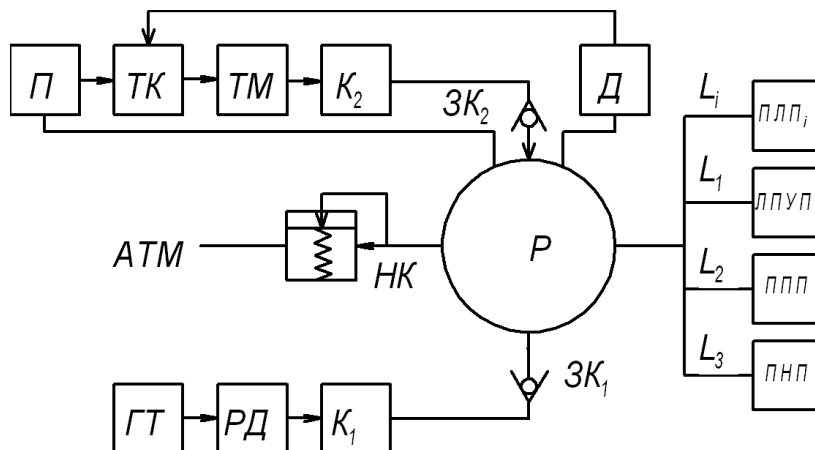


Рис. 1 – Принципова схема енергетичної установки

Гідротурбіна ГТ обертається потоком річкової води з напором H , витрата води Q може коливатися у залежності від пори року, кількості опадів. Обертний механічний рух гідротурбіни передається на редуктор РД, який узгоджує кутову швидкість обертання гідротурбіни з валом компресора К1. Цей компресор подає стиснене повітря у ресивер Р через зворотній клапан ЗК1. У випадку, коли потужності гідротурбіни недостатньо для забезпечення повноцінної роботи компресора К1 (мала витрата води у потоці), зворотній клапан ЗК1 запобігає втраті стисненого повітря через компресор К1. Подрібнювач П гілок чи інших відходи дозовано подає їх у твердопаливний котел ТК.

Ресивер служить акумулятором та інтегратором різнорідних енергій, які витрачаються на призведення до руху пневмодвигунів ланцюгових пил - ПЛП, привідних валів лінзових підвісних установок з пневмодвигунами - ЛПУП, механізмів первинного перероблення деревини з пневмоприводами ППП, лісопилних рам та іншого обладнання, а також пристроїв та обладнання для навантажувально - розвантажувальних робіт з пневмоприводом ПНП.

Пропонована установка може легко компонуватись із стандартних малогабаритних механізмів.

Список посилань

1. Яхно, О. М. Варіаційне формулювання задач для структурно неоднорідних гідромеханічних систем [Текст] / О. М. Яхно, О. С. Мачуга // Промислова гідраліка і пневматика. - 2017. - № 2(56). - С. 26 - 33.
2. Мачуга, О. С. Інтегроване використання енергії гідро- та біоресурсів у лісозаготівлі [Текст] / О. С. Мачуга // Вісник НТУУ КПІ. Серія: «Машинобудування». - 2013. - Вип. 2 (68). - С. 98 - 107.

УДК 674.815 : 631.572

Копанський М.М., канд. техн. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, mkoransky@ukr.net

ВПЛИВ ВМІСТУ І РОЗМІРІВ ЧАСТИНОК РІПАКОВОГО НАПОВНЮВАЧА НА МІЦНІСТЬ АРБОЛІТУ

Актуальність теми. Попит на масивну деревину та деревинні композиційні матеріали (ДКМ) постійно зростає. Щорічно людство використовує понад 3,5 млрд. тонн деревини. Швидкість глобального вирубування лісів і його шкідливий вплив на довкілля змушує виробників які використовують деревину вести пошуку альтернативних джерел сировини. Переважно це лігноцелюозна сировина як відходи сільськогосподарського виробництва, зокрема це солома, кострець льону, відходи соняшника, оддубина, та інші. Одним з найбільш перспективних видів деревинних композиційних матеріалів є матеріали виготовленні з використанням мінерального в'язучого. Деревинні матеріали на основі мінерального в'язучого різноманітні за властивостями, зовнішнім виглядом та структурою. Вони мають високу міцність при малій, середній щільності, негорючі, біостійкі, нетоксичні. Ці композиційні матеріали містять деревний наповнювач, мінеральну в'язучу речовину, воду і хімічні добавки, що прискорюють затвердіння цементу і покращують властивості деревинно-мінерального матеріалу.

Мета роботи: встановити закономірності впливу технологічних параметрів на властивості деревинних композиційних матеріалів з використанням ріпакових відходів.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі основні завдання:

- вивчити властивості ріпакової сировини та і визначити розміри та фракційний склад подрібнених ріпакових частинок;
- дослідити вплив складу арболітової суміші, вмісту ріпакової сировини, кількості цементу на фізико-механічні властивості деревинних композиційних матеріалів.

Методика досліджень. Дослідження проводилися за трьома напрямками.

Перший напрямок дослідження був направлений на визначення впливу співвідношення ріпакових і деревинних частинок у деревинно – цементній композиції на фізико – механічні властивості арболіту.

Другий напрямок досліджень був присвячений визначенню впливу фракції ріпакових часток на фізико – механічні показники арболіту. При цьому виготовлявся арболіт марки М25, як найбільш поширений у будівництві.

Третій напрямок досліджень був направлений на визначення фізико – механічних властивостей арболіту різних марок виготовлених з використанням тільки ріпакового наповнювача. Компонентний склад карболітової суміші підбирався згідно існуючих норм витрат для арболіту виготовленого з деревинного наповнювача.

Змінними факторами при проведенні досліджень впливу основних технологічних параметрів сировини і матеріалів на властивості деревинних композиційних матеріалів прийняті: співвідношення деревинних і ріпакових частинок в різних пропорціях, % (75:25, 50:50, 25:75, 0:100), фракційний склад частинок ріпаку.

Для виконання досліджень використовувались такі матеріали:

- деревинні частинки, які використовуються у промисловому виготовленні арболіту;
- відходи ріпакової сировини, виготовлені шляхом подрібнення на лопатевій дробарці, яка використовується для подрібнення органічних матеріалів ;
- портландцемент марки М 400;
- затверджувач: хлорид кальцію (ГОСТ 3773-72);
- вода технічна (ГОСТ 2874-82);

Деревинні частинки були такими, які використовуються у виготовленні арболіту.

Фракційний склад ріпакових частинок визначався шляхом фракційного аналізу. Розміри частинок вимірювали за допомогою індикаторного товщиноміра і штангенциркулів і мікрометра. Довжину частинок визначали з точністю до 0,1 мм, ширину – до 0,02 мм, товщину – до 0,01 мм.

Процес виготовлення зразків складався з п'яти етапів: підготовки ріпакової сировини, приготування розчину мінеральної добавки, оброблення частинок розчином мінеральної добавки, змішування частинок наповнювача з цементом та водою, формування виробу і твердіння виробу у формах.

Сформовані зразки витримувалися у формах протягом 1 доби. Після цього їх виймали з форм і витримували у термокамері за температури 40 °С протягом 24 годин, потім їх витримували ще 10 днів за нормальних умов.

Виготовлені зразки нумерувались і випробовувались. Перед випробуванням визначалися розмірні і вагові показники.

Виготовлялись дослідні зразки розмірами 100x100x100 мм.

Результати досліджень. Проведені відповідно до поставлених завдань експериментальні дослідження дали змогу отримати результати, які забезпечують встановлення закономірностей впливу вмісту ріпакових частинок та їх розмірів на міцність арболіту виготовленого з використанням відходів ріпаку.

Встановлено, що при збільшенні вмісту ріпакових частинок межа міцності на стиск зменшується. Такий характер пояснюється тим, що міцність ріпакових частинок менша за міцність деревинних частинок, а це безпосередній вплив на кінцеву міцність матеріалу.

Залежність міцності арболіту від розмірів ріпакових частинок носить є обернено пропорційною. Дана залежність має характер близький до лінійного. Збільшення розмірів ріпакових частинок спричиняє зменшення межі міцності на стиск. Це пояснюється тим, що менші частинки краще перемішуються з цементом, краще упаковуються при формуванні виробу, також спостерігається деяке проникнення цементного молочка у поверхневий шар частинки, а це спричиняє часткове її модифікування шляхом цементації поверхневого шару і зміцнення виробу в цілому.

Висновки досліджень. На основі аналізу результатів досліджень можна зробити такі висновки:

1. Збільшення вмісту ріпакових частинок зумовлює зменшення міцності аболіту.
2. Вироби, що мають високий вміст ріпакових частинок можуть рекомендуватися для використання більше у теплоізоляційних цілях ніж конструкційних.
3. Збільшення розмірів частинок ріпакового наповнювача має негативний вплив на фізико-механічні показники арболіту.

Список посилань

1. Бехта П.А. Технологія деревинних композиційних матеріалів: Підручник. / П.А. Бехта – К.: Основа, 2003. – 336 с.

УДК 691.075.5

Цапко Ю.В., докт. техн. наук, ст. наук. співр.
Цапко О.Ю., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, juriyts@ukr.net

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН ПОКРИТТЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ВІД ДІЇ ПОЛУМ'Я МАГНІЮ

Одним з найбільш значим факторів ризику об'єктів зберігання вибухонебезпечних виробів є пожежонебезпека. Від вибору систем забезпечення протипожежного захисту таких об'єктів залежить живучість як в нормальних умовах, так і при виникненні надзвичайної ситуації. Тому проблема, що пов'язана з використанням горючих матеріалів (деревини, фанери, паперу) у будівельних конструкціях і пакувальних виробках, набула ще більш актуального характеру і виявила низький рівень безпеки експлуатації [1, 2].

Для встановлення ефективності вогнезахисту деревини були проведені натурні випробування на об'єктах, зокрема модельних зразках дерев'яних конструкцій. В таблиці 1 показано результати випробувань необробленого зразка та покриттів деревини з додаванням алюмосилікатних мікросфер, перліту, базальтової чешуї, шламу та золи.

Таблиця 1. – Результати випробувань дерев'яної тари для зберігання вибухонебезпечних виробів

Модельний зразок тари для випробувань оброблених покриттям з додаванням	Маса зразка, кг		Час горіння зразка, с	Втрата маси зразка після випробувань $\Delta m, \%$	Глибина обвуглювання, мм
	До випробувань	Після випробувань			
необроблений	1,620	0,972	1301	40,0	16÷20
алюмосилікатних мікросфер	1,874	1,785	567	4,75	4÷5
перліту	1,861	1,754	783	5,75	5÷6
базальтової чешуї	1,569	1,498	447	4,52	3÷4
металургійного шламу	1,761	1,671	552	5,11	4÷5
золи	1,621	1,539	501	5,05	5÷5,5

Таким чином, у результаті проведених випробувань встановлено, що глибина обвуглювання необробленої деревини сягала 16÷20 мм. Для модельного зразка обробленого захисним покриттям з додаванням мінеральних речовин зафіксовано спучення захисного покриття на під час взаємодії з полум'ям та відбулося обвуглення деревини під шаром покриття на глибину лише 5÷6 мм відповідно.

Список посилань

1. Tsapko Ju. Evaluation of effectiveness of wood fire protection upon exposure to flame of magnesium [Текст] / Tsapko Ju., Guzii S., Remenets M., Kravchenko A., Tsapko O. Eastern-European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 4, №10 (82). – 2016. – p. 31-36.

2. Tsapko Yu., Tsapko A. Tsapko [Influence of dry mixtures in a coating on the effectiveness of wood protection from the action of a magnesium flame](#). East European Journal Enterprise Technologies. – Vol. 5, №10 (89) 2017. – p. 55-60.

УДК 674.815 : 631.572

Козак Р.О., канд. техн. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, kozak_r@nltu.edu.ua

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРУЖКОВИХ ПЛИТ З ВИКОРИСТАННЯМ СОЛОМИ

Останнім часом все більше уваги приділяється екологічним проблемам та збереженню лісів як в Україні, так і в світі. Ведеться пошук сировинних ресурсів, які здатні замінити деревину. Солома злаків в аграрній Україні є перспективною, альтернативною деревині, сировиною для виробництва деревинних композитів і, зокрема, стружкових плит. Однак, традиційний достатньо вивчений і описаний технологічний процес виготовлення стружкових плит не пристосований до використання солом'яної сировини, яка суттєво впливатиме на роботу дільниць підготовки сировини до подрібнення, виготовлення якісної стружки, її сушіння, дозованого змішування деревинної стружки з солом'яною тощо. Тому метою даного дослідження було розроблення технологічної схеми, реалізація якої дозволила б організувати технологічний процес виготовлення стружкових плит з використанням соломи.

На рис. 1 наведено розроблену технологічну схему виготовлення стружкових плит з використанням соломи, в якій передбачено окремі потоки для деревинної і солом'яної сировини, починаючи від підготовки сировини і до зберігання сухої стружки.

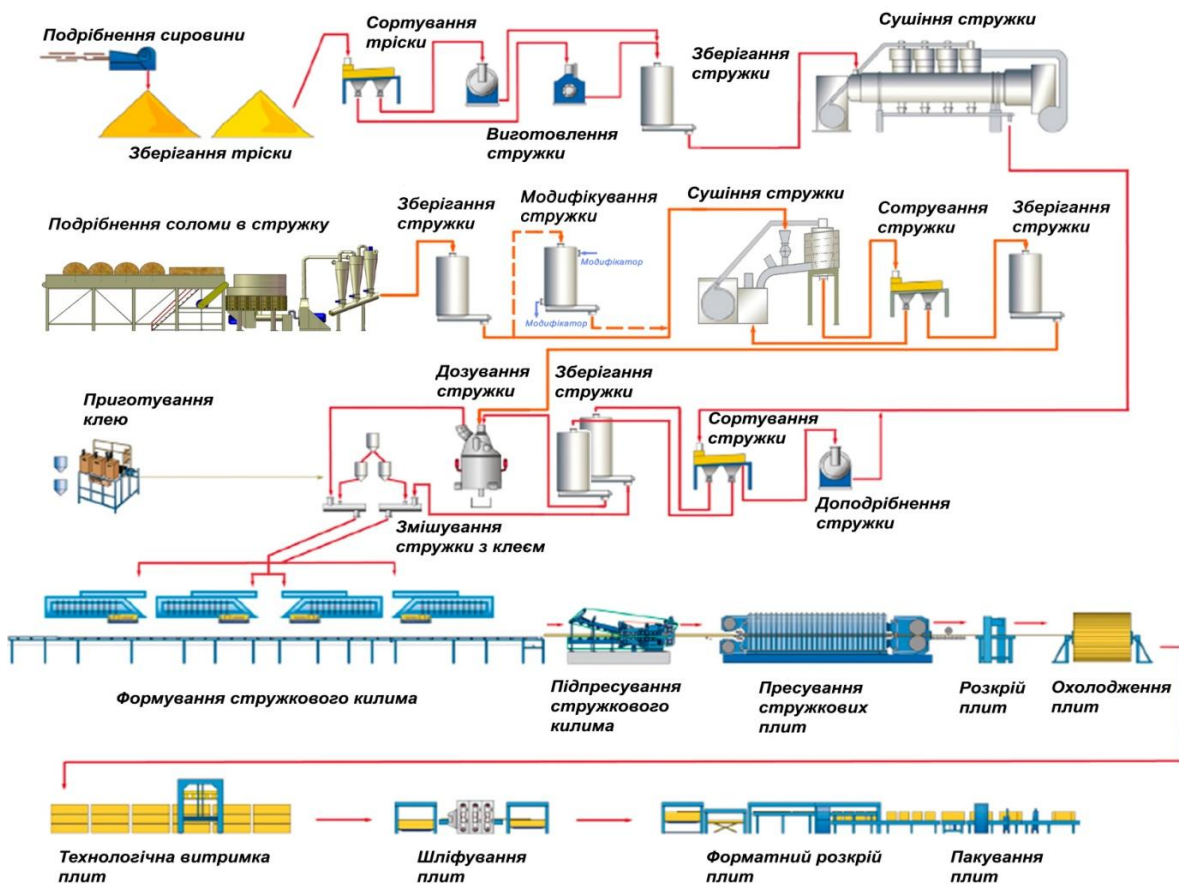


Рис. 1 – Технологічна схема виготовлення стружкових плит з використанням соломи

Для деревинної сировини передбачено традиційні потоки виготовлення стружки для середнього і зовнішніх шарів, які включають операції зберігання деревинної сировини, виготовлення з неї стружки, міжопераційне її зберігання, сушіння деревинної стружки в барабаних сушарках, сортування сухої стружки, за необхідності, її додаткове подрібнення та окреме зберігання сухої деревинної стружки для зовнішніх і середнього шарів плит.

Окремий потік передбачено для солом'яної сировини. Він складається з операцій: зберігання соломи; двостадійного подрібнення соломи (спочатку в січку, а потім у стружку); міжопераційного зберігання солом'яної стружки; сушіння солом'яної стружки в пневматичних циклонно-спіральных сушарках; сортування солом'яної стружки; зберігання кондиційної сухої солом'яної стружки. Для некондиційної солом'яної стружки малих фракцій передбачене енергетичне її використання.

Підвищення адгезійної взаємодії поверхні соломи з клеєм, за розробленою схемою, можливе шляхом модифікування солом'яної стружки і (або) модифікування карбамідоформальдегідного клею. Модифікування солом'яної стружки здійснюватиметься перед операцією її сушіння у вертикальних ємностях з автоматичним завантаженням, розвантаженням і перемішуванням матеріалу та подачею і відбором модифікувальних розчинів. Модифікування карбамідоформальдегідного клею здійснюватиметься на дільниці приготування робочих розчинів клею. Вона додатково оснащуватиметься обладнанням для зберігання модифікувальної добавки та дозованого її змішування з робочим розчином карбамідоформальдегідного клею. Модифікований клей застосовуватиметься для обсмолення солом'яної стружки.

Для дозованого змішування сухої деревинної та солом'яної стружки внутрішнього шару стружкових плит технологічною схемою передбачений змішувач-дозатор.

Змішування суміші деревинної та солом'яної стружки з клеєм здійснюватиметься типовими для виробництва стружкових плит з деревинної сировини змішувачами.

Обсмолена стружка для середнього і зовнішніх шарів плит спрямовуватиметься окремими потоками до формувальних машин, на яких формуватиметься тришаровий стружковий килим. Формування відбуватиметься так, що зовнішні шари стружкового килима міститимуть деревинну стружку, а середній – суміш солом'яної та деревинної стружки. Решту технологічних змін щодо виготовлення стружкових плит з використанням соломи полягають у застосуванні розроблених та описаних [1-4] заходів, рекомендацій, режимів, рецептів і не вимагають зміни обладнання й послідовності операцій типової схеми виготовлення стружкових плит з деревинної сировини. Згідно з такою схемою сформований стружковий килим підпресовуватиметься в безперервному стрічково-валковому пресі та пресуватиметься в пресі безперервної дії з утворенням стружкової плити. В подальшому для стружкових плит передбачено операції розкроювання на форматні листи, охолодження, технологічної витримки, шліфування, сортування, за необхідності, перерозкроювання, маркування, складання в стоси, пакування і транспортування на склад.

Технологічна схема виготовлення стружкових плит з використанням соломи розроблена на основі типової схеми виготовлення тришарових стружкових плит з деревинної сировини, що дозволяє залучити солом'яну як додатковий сировинний ресурс на діючих підприємствах з виготовлення стружкових плит.

Список посилань

1 Козак Р. О. Розроблення рекомендацій щодо постачання та зберігання соломи для виготовлення стружкових плит / Р. О. Козак // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185, ч. 2. – С. 166–170.

2. Бехта П. А. Математичне моделювання та оптимізація процесу сушіння солом'яної стружки в циклонно-спіральной сушарці / П. А. Бехта, Р. О. Козак // Наукові праці Лісівничої академії наук України – 2013. – Вип. 11. – С. 202–208.

3 Козак Р. О. Математичне моделювання і порівняльний аналіз тривалості пресування стружкових плит на основі деревинної та солом'яної стружки / Р. О. Козак, П. А. Бехта // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2015. – Вип. 13. – С. 224–230.

4 Bekhta P. Properties of wood–straw composites bonded with modified UF adhesive and pre–treated straw particles / P. Bekhta, E.-A. Salca, R. Kozak // Pro Ligno. – 2018. – Vol. 14, № 1. – P. 37–41

УДК 681.5.017:674.815

Тігарєва Т. Г., ст. викладач

Одеська державна академія будівництва і архітектури, tatianatigareva@gmail.com

Тігарєв А. М., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, amtigar@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТИРСИ

В процесі виробництва ДСП одним з етапів є сушіння тирси, яка подається в прес [1, 2]. Технологічний процес (ТП) сушки тирси для ДСП зазвичай виконується в агрегатах комбінованого сушіння (рис. 1) [2]. Тирса завантажується з бункера 4 через роторний живильник 5. Топкові гази з температурою 600-800°C з топки 1 по газоходу 2 разом з вологою тирсою надходять в спіральну приставку 6, на виході якої температура газу становить 200-350°C, а вологість тирси складає 20-40%. Отже, на першому етапі при високій температурі сушильного агента видаляється в основному вільна волога. У барабані 7 сушка триває при більш м'якому режимі (температура на виході 90-120 °C) [2].

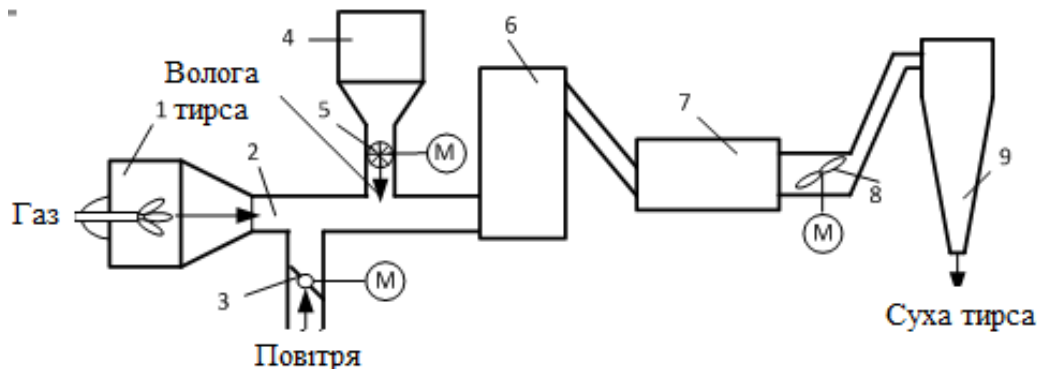


Рис. 1 – Схема процесу сушіння тирси: 1– топка, 2 – газохід, 3 – заслінка, 4 – бункер сировини, 5 – роторний живильник, 6 – циклонно-спіральна приставка, 7 – сушильний барабан, 8 – вентилятор, 9 – циклон

Аналіз систем автоматизації таких агрегатів показує, що зазвичай використовується регулювання температури агента сушіння на виході з барабана сушарки. Незважаючи на наявність кореляції між температурою температури агента сушіння на виході з барабана і вологістю висушеної тирси, спостерігаються значні коливання вологості готового продукту. Це зумовлено значними коливаннями вологості вихідної сировини, різномірним складом і розмірами її складових частинок, а також впливом значної кількості чинників, які є випадковими величинами [3].

З огляду на те, що основним показником якості готового продукту є вологість, пропонується вибрати в якості основного каналу регулювання канал температура газів на вході в сушильний агрегат - вологість отриманої тирси. Це обумовлено, по-перше, перевагою управління по необхідному показнику якості продукту, а не непрямому показнику, і, по-друге, наявністю вимірників вологості, здатних працювати в безперервному потоці матеріалу, в тому числі й для тирси [4].

Для оцінювання впливу вологості сировини виконано розробку математичної моделі системи регулювання вологості тирси в програмному пакеті MATLAB Simulink, де в

якості основного каналу регулювання обрана температура топкових газів (600...800°C), що подаються в сушильний агрегат (рис. 2). Регулювання виконується шляхом зміни положення заслінки (номінальне значення – 70% ходу регулюючого органу) підсосу холодного повітря в потік гарячих газів з топки. Запропоновано вносити збурення в систему регулювання вологості тирси на вході в сушильний агрегат в діапазоні від 40 до 60% вологості. На підставі аналізу діапазону зміни температури газів, що подаються в сушильний агрегат, було припущено, що залежність між вологістю і температурою на цій ділянці є лінійною. Модель ділянки збурень по вологості реалізована за допомогою датчиків 1 і 2, ключів 1 і 2 та двох суматорів.

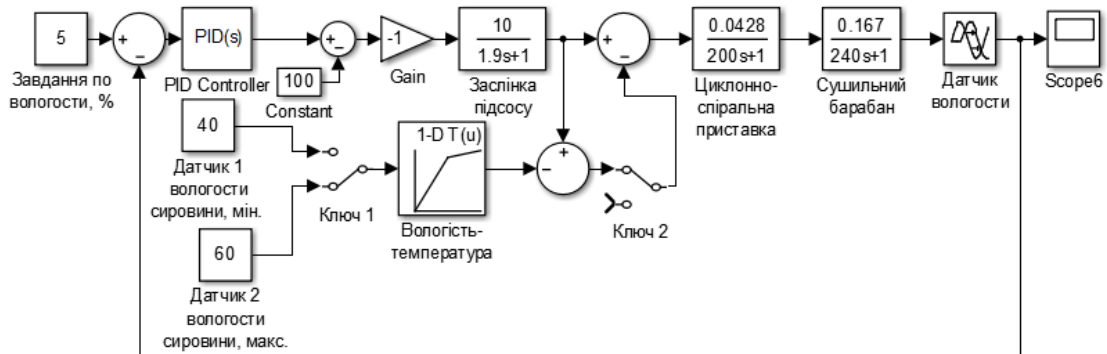


Рис. 2 – Модель системи регулювання вологості тирси

Проведено моделювання при коливаннях вологості тирси, що подається, при 40 та 60% вологості. Результати моделювання з використанням ПІ та ПІД регуляторів показані на рис. 3.

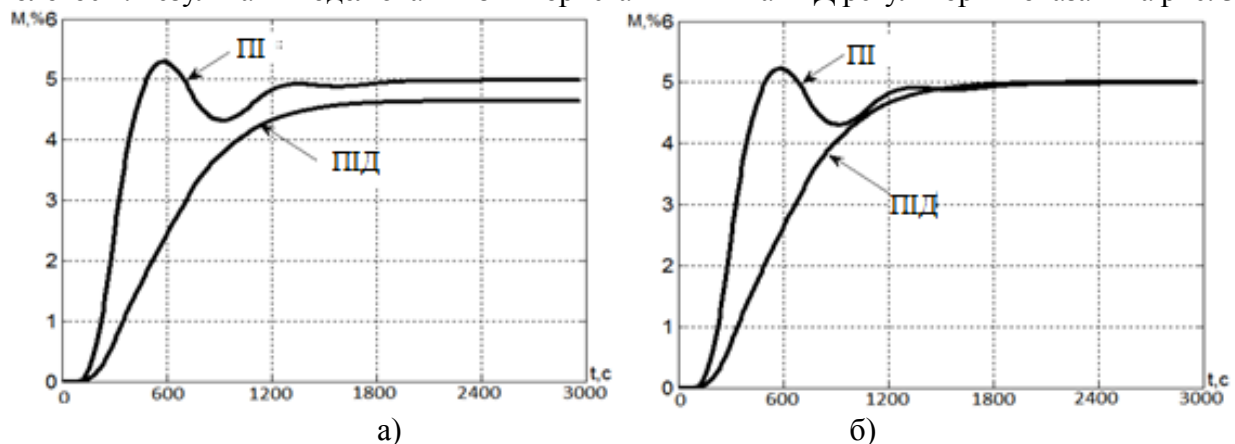


Рис. 3 – Графіки перехідних процесів системи регулювання вологості тирси з компенсацією при вологості сировини: а) 40%, б) 60%

Аналіз результатів моделювання показує, що система регулювання з використанням датчика вологості забезпечує високу точність підтримки заданої вологості, а коливання вологості сировини від 40 до 60% не роблять значного впливу на вихідну вологість тирси. Однак, ПІД регулятор при компенсації вологості сировини 40% дає відхилення від заданого значення $\approx 0,4\%$ по вологості.

Список посилань

1. Волинский В. Н. Технология древесных плит и композитных материалов: [учеб.-справ. пособ.] / В. Н. Волинский. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 336 с.
2. Леонович А. А. Технология древесных плит: прогрессивные решения [Текст] / А.А. Леонович – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. – 208 с.
3. Левальд Р.М. Синтез системы адаптивного регулирования процесса сушки измельченной древесины в барабанных сушилках / Р.М. Левальд, В.М.Рябков // Актуальные проблемы лесного комплекса. – № 34. – 2012. – С. 49-56.

4. Стационарный влагомер зерна, опилок "Поток" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vlagomer.at.ua/index/bunkernyj_konvejernyj_vlagomer_zerna_opilok_quot_potok_quot/0-24

УДК 674.816.3

Лютий П.В., канд. техн. наук, ст. викладач
Ортинська Г.Є., канд. техн. наук, ст. викладач

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, ortynskag@gmail.com

ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВИННО-ПОЛІМЕРНИХ КОМОЗИТІВ ПОЛОСКИМ СПОСОБОМ

Щорічно в Україні утворюється близько 1,5 млрд тонн твердих побутових відходів, з яких 8,5% (понад 12,7 млн тонн) – полімерні. Близько 77% полімерних відходів викидаються на звалища після одноразового використання, з яких понад 50% – це пакувальні відходи, а решта – пластикова тара, 80% якої становлять поліетилентерефталатні пляшки [1,2]. У процесі деревообробки утворюється приблизно 2,8-3,0 млн м³ деревинних відходів на рік. Окрім того, в Україні нерентабельно використовується близько 0,8-1,0 млн м³ дров, сюди ж можна додати ще 1,0-1,2 млн м³ технологічної сировини, яка не задіяна у виробництві деревинних плит [3].

Отже, ефективне вирішення проблеми використання деревинних та полімерних відходів є нагальним завданням і від його розв'язання значною мірою буде залежати екологічна ситуація в країні. Захоронення або вивезення на сміттєзвалища – малопридатні заходи для утилізації таких відходів. Їх спалювання супроводжується забрудненням атмосфери отруйними газами, що характеризуються високою температурою, необхідністю відводу великої кількості тепла і значною корозією технологічного обладнання. Тому одним із перспективних напрямків утилізації деревинних і полімерних відходів є їх повторне використання шляхом виготовлення композиційних матеріалів.

Для виконання експериментальних досліджень було використано такі матеріали: подрібнені відходи поліетиленової плівки та деревини змішаних порід, фракційний склад яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Фракційний склад деревинної стружки та подрібнених відходів поліетиленової плівки

Частинки	Фракційний склад						
	-/5	5/4	4/2	2/1	1/0,63	0,63/0,315	0,315/0
Подрібнені деревинні відходи	4,75	12,2	15,79	40,28	15,67	9,13	2,18
Подрібнені відходи термозбіжної поліетиленової плівки	9,53	3,04	53,14	32,45	1,83	0	0

Виготовляли двошарові (рис. 1,а) та тришарові (рис. 1,б) деревинно-полімерні плити товщиною 8 мм плоским способом пресування у гарячому гідравлічному пресі за таких режимних параметрів пресування: тиск – 3,5 МПа, температура – 180°C, тривалість – 8,0 хв, тиск допресування (охолодження) – 1,5 МПа. Зовнішніми шарами виступали подрібнені відходи поліетиленової плівки, внутрішнім шаром – суміш деревинних відходів та подрібнені відходи поліетиленової плівки за співвідношення між компонентами композиції 60:40.

Критеріями оцінювання якості деревинно-полімерних плит обрано такі показники: межа міцності під час статичного згинання, водопоглинання та набрякання за товщиною.

Розглядаючи результати фізико-механічних випробувань отриманих матеріалів, необхідно зауважити, що вони характеризуються досить високими показниками міцності та водостійкості, які наведено в таблиці 2. Зокрема, такі деревинно-полімерні плити можуть конкурувати з стружковими та волокнистими плитами та значною мірою замінити

їх на будівництві та в інших сферах використання.

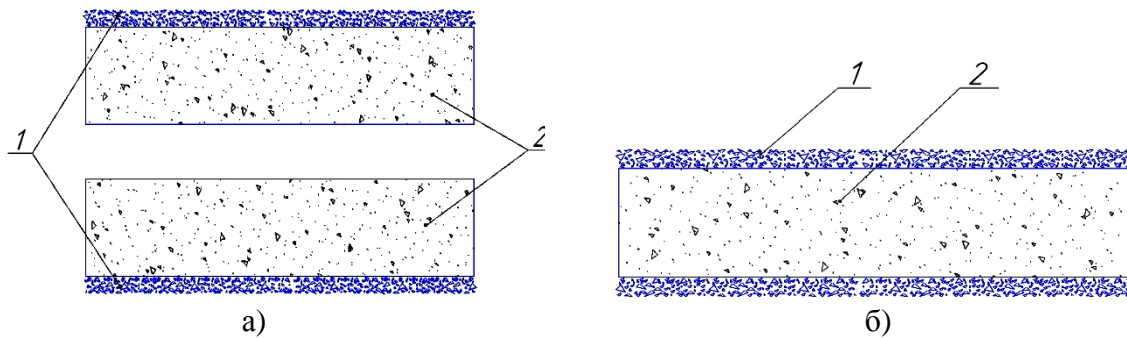


Рис. 2. – Зображення плит а) двошарові, б) тришарові плити: 1 – подрібнені відходи поліетиленової плівки; 2 – суміш деревинних відходів та подрібнені відходи поліетиленової плівки

Зовнішні шари отриманого композиційного матеріалу за нормальних умов не володіють адгезією до будівельних матеріалів, зокрема цементу та піску, що дає змогу використовувати їх у будівництві, а саме як опалубку під бетонування. Окрім того, такі матеріали є нетоксичними, що є значною перевагою їх над стружковими плитами, які в процесі пресування та експлуатації виділяють значну кількість токсичних речовин, зокрема формальдегід, який є канцерогенною речовиною і викликає ракові захворювання. Необхідно також зауважити підвищену водостійкість отриманих деревинно-полімерних плит, що дає змогу використовувати його в агресивних (вологих та навіть мокрих) середовищах, що є неможливим для стружкових та волокнистих плит та інших подібних матеріалів.

Таблиця 2 – Властивості двошарових та тришарових деревинно-полімерних плит

Показники	Запропонований спосіб	
	Личкування шаром подрібненого вторинного поліетилену	
	двостороннє	одностороннє
Межа міцності під час статичного згинання, МПа	13,2	10,3/10,0
Водопоглинання, %	7,4	19,6
Набрякання, %	5,4	13,3

*Примітка. Значення міцності під час статичного згинання, визначені прикладанням навантаження зі сторони личкувального матеріалу (чисельник) або зі сторони деревинно-полімерної композиції (знаменник).

Окрім високих показників міцності та водостійкості отриманий матеріал сприяє й утилізації полімерних відходів, накопичення яких несе негативні екологічні наслідки. Тому можна зауважити, що виготовлення композиційних матеріалів на основі полімерних та деревинних відходів є перспективним і актуальним напрямком та вимагає подальших наукових досліджень.

Список посилань

1. Кучеренко О.А. Проблеми організації збору та переробки використаної тари і пакувальних матеріалів в Україні [Текст]/ О.А. Кучеренко. // Упаковка – 1997, №2 – С. 8–18.
2. Ільченко А.В. Визначення властивостей вторинного поліетиленотерефталату, що зберігається на звалищах Житомира [Текст] / А.В. Ільченко, І.Г. Коцюба. // Науковий вісник ЖДТУ: Збірник науково-технічних праць. – Житомир: 2009. – № 1 (48). – С. 209-214.
3. Лісове господарство України. [Текст] – Київ: Державний комітет лісового господарства України.–2009. – 71 с.

УДК 674.049

Пінчевська О.О., докт. техн. наук, професор

Горбачова О.Ю., канд. техн. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

opinchewska@gmail.com; gorbachova.sasha@ukr.net

КОЛОРИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМООБРОБЛЕНОЇ ДЕРЕВИНИ РІЗНИХ ПОРІД

Оздоблення фасаду будь якої будівлі, є не менш важливим ніж оформлення інтер'єрів. Крім додаткового захисту стін від впливу навколишнього середовища, значну роль відіграє дизайн облицювання будинку із естетичною складовою. З цією задачею деревина справляється краще за інші матеріали. Декоративне дерев'яне облицювання фасадів може бути не тільки цікавим і різноманітним, але забезпечить тривалий термін служби такої споруди.

З метою покращення характеристик деревини застосовують різні способи модифікування, серед яких термооброблення є одним із відносно нових. Під дією високої температури без застосування хімічних препаратів поряд із покращенням фізичних та технологічних властивостей деревини відбувається зміна забарвлення матеріалу – потемніння. Це особливо помітно на тих породах, що мають світлу деревину з невиразною текстурою. Змінюючи температурні параметри режиму термомодифікування можна досягнути такого кольору, який дозволить замінити дорогі екзотичні породи деревини. У більшості випадків саме колір є визначальним фактором для покупця, що відповідає естетичним уподобанням, а також впливає на ціноутворення кінцевого продукту.

Метою даного дослідження було встановити вплив дії температури протягом певного часу на колористичні характеристики та загальну зміну кольору.

Для порівняння і аналізу використано зразки деревини сосни, граба, бука і ясени. Складові кольору визначали до та після термооброблення у тривимірному колірному просторі CIE Lab. У цьому просторі параметр L^* (світлість) розташовується на чорно-білій осі ($L^* = 0$ для чорного, $L^* = 100$ для білого кольору), a^* на червоно-зеленій осі («+» – червоний і «-» – зелений) і b^* для жовто-синьої осі («+» – жовтий і «-» – синій). Крім того, визначено загальну зміну кольорів ΔE^* відповідно до ASTM D2244 (2015).

Встановлено, що найбільше значення L було отримано у зразків необробленої деревини сосни, тобто природний колір породи наближається до 0. В усіх порід після термомодифікування відмічено зменшення координати L , при чому для бука світлість зменшилася найбільше – майже у 3 рази, а для граба найменше – у 1,9 рази. Подібні результати отримували інші дослідники (1), пояснюючи їх розкладанням менш стійких геміцелюлоз під впливом високих температур з одночасним збільшенням кількості лігніну. Отже, зменшення параметру «світлість» деревини під час процесу термооброблення спостерігається в першу чергу внаслідок зміни структури компонентів клітинної стінки, а природний колір стає темнішим порівняно з необробленими зразками. Щодо параметрів a^* та b^* , то вони змінилися не значно.

Загальна зміна кольору ΔE^* деревини різних порід також відрізняється між собою. Найбільше потемніння $\Delta E^* = 49,3$ спостерігається у зразків бука, що у 1,5 рази більше порівняно з найменшим показником $\Delta E^* = 33,3$ у граба.

Список посилань

1. Pelit, H. Colour characteristics of densified and thermally post-treated beech and pine woods. *Mugla Journal of Science and Technjlogy*, vol. 2. – № 2. – 2016. – p. 187–192.

УДК 674.8

Денисюк В.А., магістр
 Кушніт А.С., канд. техн. наук
 Кушніт О.М., асистент

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, andriy.kushpit@nltu.edu.ua

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИДУ З'ЄДНАНЬ ЗА ШИРИНОЮ НА ФОРМОСТІЙКІСТЬ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ

Основною проблемою при виготовленні щитових елементів з масивної деревини є нестабільність розмірів та форми під час експлуатації. Для отримання якісного меблевого щита необхідно дотримуватися технології його виготовлення і якісно підбирати заготовки.

Формостійкість щита значною мірою залежить від розмірів ділянок (за шириною), з яких він складається, взаємного їх розміщення, виду розпилювання. Певну роль у формостійкості щита повинен також відігравати вид з'єднань ділянок бічними поверхнями. За звичайних умов ділянки з'єднуються у щиті крайками на «гладку фугу». Такий спосіб є простим та потребує лише ретельної підготовки поверхні під склеювання, правильної геометрії бруска та дотримання правил взаємного розміщення ділянок за шириною.

Технологічно можливі та використовуються такі види з'єднань брусків крайками, як «в чверть», «на вставну рейку», «на зубчатий шип» та інші. Такі з'єднання покращують властивості щита, але є технологічно складними, потребують більшої кількості технологічних операцій, можуть також підвищувати собівартість виробництва.

При з'єднанні ділянок крайками з використанням, наприклад, зубчастого шипа повинна підвищуватись жорсткість конструкції і, відповідно, зменшення деформацій щита. В реальних умовах виробництва можливі відхилення від правил набору щита, використання брусків тангентального розпилювання тощо.

Для вивчення зміни формостійкості для меблевого щита з різним видом з'єднань ділянок за шириною було підготовлено шість типів меблевих щитів з деревини сосни: по два на кожний використаний вид з'єднання (див. рис. 1 – 3). На кожний вид з'єднання виготовляли щити з радіальним і тангентальним нахилом волокон ділянок, незрощених за довжиною.

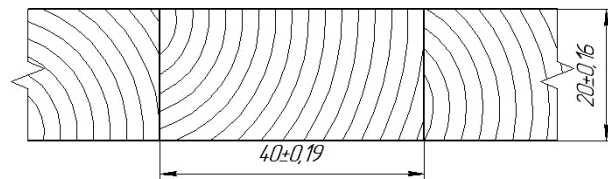


Рис. 1 – З'єднання ділянок щита за шириною на гладку фугу

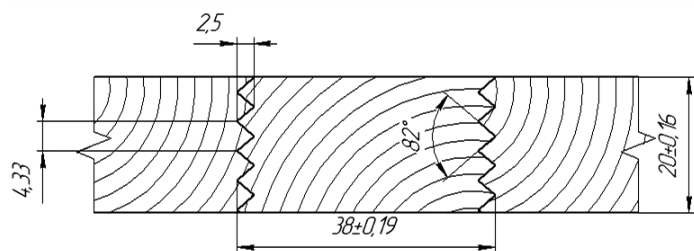


Рис. 2 – З'єднання ділянок щита за шириною на зубчастий шип

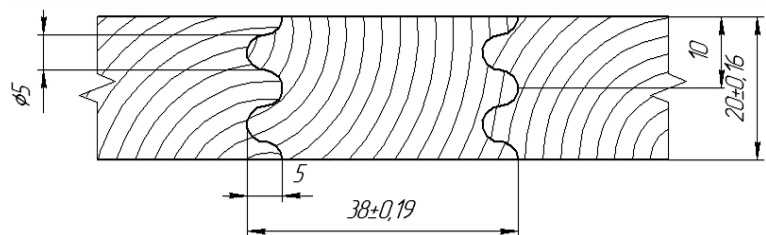


Рис. 3 – З'єднання ділянок щита за шириною на «гофр»

Вимірювання формостійкості меблевих щитів проводили за допомогою установки з ЧПУ (н.о.) та цифрового індикатора «МІКРОТЕХ», під'єданого до комп'ютера. Схема замірів показана на рис. 4.

Наступні заміри площинності щитів проводили, через 2, 3, 5, 9 та 13 тижнів від початку експерименту.

На кожному щиті проводили заміри площинності на дев'яти ділянках довжиною 340мм з кроком 30мм. На кожній ділянці фіксували 218 значень з частотою 5 замірів/с. Швидкість руху приладу 0,47 м/хв.

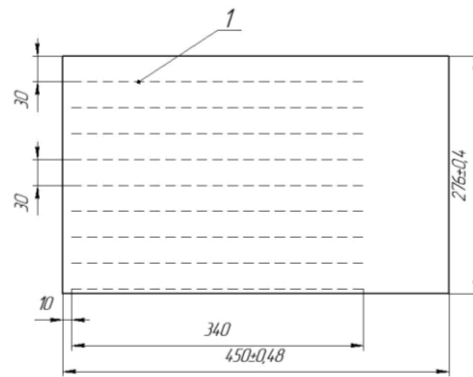


Рис. 4 –Схема проведення замірів площинності меблевого щита
1 – ділянка, на якій знімали заміри

За результатами експерименту (рис. 5, 6) виявлено, що для щитів з напівтангентальних та тангентальних ділянок, найбільше жолоблення спостерігається для з'єднання на «гладку фугу». Для з'єднання на зубчастий шип та «гофр» величина жолоблення зберігає ту ж тенденцію, що і для щитів з напівтангентальними та тангентальними ділянками.

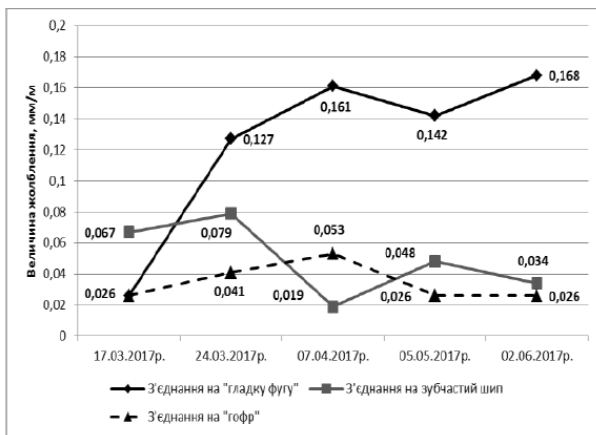


Рис. 5 – Графічна залежність зміни жолоблення в часі меблевих щитів з напівтангентальних та тангентальних ділянок

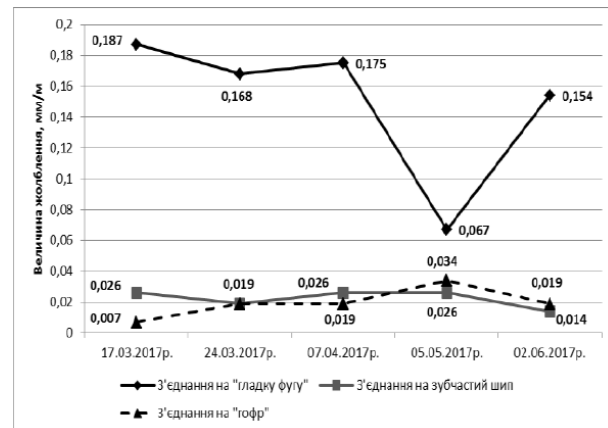


Рис. 6 – Графічна залежність зміни жолоблення в часі меблевих щитів з радіальних ділянок

Найменше жолоблення спостерігалось для щитів з радіальними ділянками, з'єднаними на зубчастий шип та «гофр». Для щитів з тангентальними ділянками найбільше жолоблення спостерігалось для з'єднання на «гладку фугу», менше – на зубчастий шип та найменше – на з'єднанні типу «гофр».

За результатами економічних розрахунків собівартість на 17 % вища у меблевого щита з радіальних ділянок, найменша собівартість виявилася у з'єднання на «гладку фугу», більша на 11% для зубчастого шипа та на 13% для з'єднання «гофр».

Однак, враховуючи можливе жолоблення щита та втрату якісних показників, доцільно виготовляти меблеві щити з радіальних ділянок, з'єднаних крайками на зубчастий шип або «гофр».

Список посилань

1. Гайда С.В. Формоустойчивость столярных плит из вторично используемой древесины (вид) / С.В. Гайда //Актуальные проблемы лесного комплекса, 2017, № 46.
2. ГОСТ 13715-78. Столярная плита. Технические условия. –М.: Изд-во стандартов, 1978. –7 с.

УДК 674.038

Новицький С.В., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України
s.v.novitsky@gmail.com**ЩОДО ВЛАСТИВОСТЕЙ СУХОСТІЙНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ**

На сьогодні, внаслідок кліматичних змін, інтенсифікувались патологічні процеси в хвойних деревостанах, що призвело до їх всихання. Це стало причиною зростання, отримуваних у процесі лісозаготівель, обсягів так званої «сухостійної» деревини, основною ознакою якої є ураження деревозбарвлюючими грибами. Тому виникло питання ефективного та раціонального використання такої деревини у промисловості.

Отже, метою експериментальних досліджень було визначення міцнісних характеристик сухостійної деревини сосни звичайної для встановлення можливості її використання в якості конструкційного матеріалу.

Виконані експериментальні дослідження показали, що для попередження подальшого розвитку та поширення грибних уражень в сухостійній деревині сосни звичайної рекомендованою температурою її обробки може бути 120°C та вище [1]. Встановлено, що, при термічній обробці за даної температури, в порівнянні зі здоровою деревиною, параметри міцності сухостійної деревини, давністю усихання до 1-го року, знижуються в межах 4-10%, до 2-х років – 5-15%, до 3-х років – 9-19%. Тому розглядається можливість використання у будівельних конструкціях деревини давністю усихання лише до 1-го року.

До недавнього часу основним нормативним документом (НД), яким встановлювались вимоги до міцності зразків чистої деревини та пиломатеріалів конструкційного призначення, являвся ДБН В.2.6-161:2010 «Дерев'яні конструкції. Основні положення». Цим НД було регламентовано визначення показників фізико-механічних властивостей деревини за міждержавними стандартами (ГОСТ). Однак, у зв'язку із переходом України до технічних правил і стандартів ЄС, з 01.02.2018 р. набув чинності ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції. Конструкції будинків і споруд», яким передбачено визначення властивостей деревини лише на зразках натурних розмірів за методиками європейських стандартів (EN), що повністю унеможливило використання вітчизняної бази стандартних довідкових даних, отриманих на основі досліджень зразків чистої деревини за ГОСТ. Тому дослідження основних фізико-механічних властивостей зразків сухостійної деревини сосни звичайної у порівнянні з контрольними зразками здорової деревини було виконано за різними методиками, викладеними у міждержавних та національних (гармонізованих з європейськими) стандартах. Програмою експериментів передбачалось встановлення наступних характеристичних значень: межі міцності за статичного згину ($f_{m,k}$), межі міцності за стиску вздовж волокон ($f_{c,0,k}$), жорсткості (модуль пружності за статичного згину поперек волокон $E_{90,mean}$) і щільності (ρ_k) (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристичні значення міцності, жорсткості й щільності сухостійної та здорової деревини сосни звичайної

Методика	Джерела даних	$f_{m,k}$, МПа		$E_{90,mean}$, ГПа		$f_{c,0,k}$, МПа		ρ_k , кг/м ³	
		СД	ЗД	СД	ЗД	СД	ЗД	СД	ЗД
ГОСТ	За результатами досліджень	67,1	76	17,4	19,3	42,1	43,9	484	476
	ДБН В.2.6-161:2010	80		10		44		-	
ДСТУ EN	ДБН В.2.6-161:2017	14-50		7-16		16-29		290-460	
	За результатами досліджень	50,3	50,4	9,8	9,9	53,6	57,8	475	523

Примітка 1. СД – сухостійна деревина 1-го року усихання, ЗД – здорова деревина.

За результати проведених досліджень, наведених в таблиці 1, встановлено, що, сухостійна деревина сосни, давністю всихання до 1-го року, повністю задовольняє вимогам дерев'яних конструкцій, встановленим у ДБН В.2.6-161:2017 і може бути використана у якості будівельного матеріалу. Усереднені значення механічних показників деревини сосни звичайної, отримані за методиками міждержавних стандартів, значно різняться від відповідних показників, одержаних за методиками європейських стандартів. Так, величина межі міцності за статичного згину виявилась в 1,42 рази більшою у випадку визначення за ГОСТ ніж за EN; модуль пружності при згинанні поперек волокон – в 1,86 рази; межа міцності при стисканні вздовж волокон – 0,77 рази.

Отримані результати експериментальних досліджень дають змогу встановити характеристики деревини як матеріалу, без прив'язки до сортоутворюючих вад і розмірів елементів. Однак, за даними Ю.С. Соболева [2], на механічні властивості деревини значний вплив мають не тільки вади, а й перетин самого зразка, тобто існує залежність деформаційних та міцнісних показників деревини від масштабного фактору, який на сьогодні недостатньо досліджено. Найкраще залежність міцності матеріалу від його об'єму описує статистична теорія масштабного фактору, запропонована В. Вейбулом [3]:

$$\sigma = \frac{A}{V^{1/n}} \quad (1)$$

де A – константа, що залежить від природи матеріалу й виду навантаження зразка та рівна міцності ідеального однорідного матеріалу без дефектів;

V – об'єм зразка;

n – стала, що враховує неоднорідність будови матеріалу.

Проте дослідження, проведені Волинським В.Н. [4], показали, що на механічні властивості деревин впливає окремо кожна величина, яка складає об'єм зразка (довжина, ширина, висота), а не об'єм загалом. Тому, рівняння Вейбула можна привести до вигляду:

$$\sigma = \frac{A}{(lbh)^{1/n}} \quad (2)$$

де l, b, h – лінійні розміри зразка.

Встановивши взаємозв'язок між розмірами та міцнісними параметрами матеріалу, можливо визначити довговічність конструкції, скориставшись наступним рівнянням [5]:

$$\tau = a \exp(-\beta\sigma) \quad (3)$$

де a, β – константи матеріалу;

σ – міцність матеріалу.

Дане рівняння встановлює універсальний характер часової залежності міцності матеріалу, або час, на протязі якого в навантаженому тілі проходять процеси, що призводять до його розділення на частини (до крихкого руйнування). Розв'язання рівнянь (2) і (3) дасть змогу отримати достовірні характеристики міцності та довговічності конструкційних елементів з деревини у залежності від їх розмірів, природи матеріалу та навантажень.

Список посилань

1. Марченко Н.В. Деякі експлуатаційні властивості низькоякісної деревини сосни звичайної / Н.В. Марченко, С.В. Новицький, Г.Б. Іноземцев, В.М. Несвідомін // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – № 27 (1). – С. 157–159.

2. Соболев Ю.С. Древесина как конструкционный материал. / Ю.С. Соболев. – М., Лесная промышленность, 1979. – 248 с.

3. Weibull W.A. A statistical theory of the strength of materials // Proc. Royal. Acad. Engl. Sci. - 1939. - № 15. - P. 45.

4. Вольтинский В.Н. Взаимосвязь и изменчивость показателей физико- механических свойств древесины./ Вольтинский В.Н. – 2-е изд. – Архангельск, АГТУ, 2006. – 196 с.

5. Регель В.Р. О механизме хрупкого разрушения пластмасс / В. Р. Регель // ЖТФ. – 1951. – Т. 21.– Вып. 3. – С. 287–303.

УДК 674.684.05

Буйських Н.В., канд. техн. наук, ст. викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України, nataby@meta.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ ЛАКОФАРБОВОГО МАТЕРІАЛУ НА АДГЕЗІЙНУ МІЦНІСТЬ

Адгезія – одна з найважливіших властивостей лакофарбових покриттів. Від величини і стабільності адгезії суттєво залежать і інші властивості плівки, а саме: довговічність, захисна здатність і умови експлуатації. Адгезійна міцність – це багатофакторний показник, який залежить не тільки від природи покриття і підкладки, але і від умов формування зв'язків між лакофарбовим матеріалом і деревною підкладкою.

Визначення адгезії методом відриву проводили за міжнародним стандартом ISO 4624 [1]. Випробування проводилося на зразках, опоряджених поліуретановим лаком Vernilegno VPK144 і маслом Watco Danich Oil. Масло Watco Danich Oil складається з масла, яке проникає в деревину і твердне всередині і поліуретанового лаку, яке створює на поверхні захисну плівку. Метою випробувань було перевірити взаємодію масла і поліуретанового лаку та її вплив на адгезію до деревної підкладки. В якості контролю був взятий поліуретановий лак, який твердне за рахунок хімічних перетворень і має високу адгезію. Перед випробуванням зразки витримували при температурі (23±2) ° С та відносній вологості (50±5) % не менше 16 год. Для визначення адгезії використовувався спеціальний прилад - адгезиметр NOVOTEST АЦ-1 з двома типами грибків. До попередньо підготовлених зразків з нанесеним та висušеним лакофарбовим покриттям приклеювали циліндричної форми металеві грибки за допомогою двокомпонентного епоксидного клею. Через добу, після затвердіння клею, за допомогою балеринки вирізали ділянку, і за допомогою пружинного механізму досліджували зразок на відрив.

Дані про зусилля відриву занесені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати дослідження адгезії методом відриву

Номер досліджу	Міцність на відрив, МПа			
	Watco Danich Oil, великий грибок	Watco Danich Oil, малий грибок	Vernilegno VPK144, великий грибок	Vernilegno VPK144, малий грибок
1	0,0134	0,0168	0,0127	0,0140
2	0,0141	0,0168	0,0117	0,0145
3	0,0134	0,0179	0,0124	0,0140
4	0,0137	0,0176	0,0121	0,0145

Міцність на відрив визначали за формулою.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

де F – зусилля, при якому відбувся відрив покриття від поверхні;

A – площа грибка, мм² (площа великого складає 298,5 мм², площа малого грибка складає 178,9 мм²).

Проаналізувавши отримані дані, можна сказати, що обидва лакофарбові матеріали показали високу адгезію як при відриві за допомогою великого, так і за допомогою малого грибка, тобто, різна кінетика утворення покриття на вплинула на адгезійну міцність.

Список посилань

1. Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion. ISO 4624:2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standards.html>

УДК 539.4.019.1: 684.4.04

Заворотнюк О.В., конструктор
ТОВ «НІТ-ГРУПП», м.Бердичів, antsyferova.av@gmail.com

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПЛИТ MDF

Деревиннокомпозиційні матеріали на основі деревини потребують особливого підходу до прогнозування міцності та довговічності, оскільки вплив вологості і температури навколишнього середовища на них приводить до зміни напружено-деформаційного стану як деревних волокон, так і смоли. Для прогнозування міцності та довговічності плит MDF використовувались методи математичного та імітаційного моделювання.

Результати досліджень механізмів руйнування плит MDF та впливу вологості та температури навколишнього середовища дали змогу змодельовати фізико-механічні процеси у матеріалі. Для вивчення взаємного впливу силового навантаження, температури та вологості для плит MDF було використано формулу Кульмана-Бойко [1], так як до цього виразу входять змінні фактори, що чинять найбільший вплив на довговічність:

$$\tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} \left(T^{-1} - T_m^{-1} \right) \right] \exp \left(\alpha \frac{W}{W_m} \right), \quad (1)$$

де: τ_m , U_0 , γ і T_m – термоактиваційні параметри матеріалу:

τ_m – мінімальна довговічність, с;

U_0 – максимальна енергія активації руйнування, кДж/моль;

γ – структурно-механічний параметр, кДж/(моль·МПа);

T_m – гранична температура існування твердого тіла (температура деструкції), К;

R – універсальна газова стала, кДж/(моль·К);

τ – час до руйнування (довговічність), с;

σ – напруження матеріалу при його експлуатації, МПа;

T – поточна температура матеріалу при його експлуатації, К;

α – коефіцієнт, що враховує вплив вологості матеріалу на довговічність;

W_m – гранично допустима вологість матеріалу при якій він володіє достатніми для експлуатації властивостями міцності, %;

W – поточна вологість матеріалу при його експлуатації, %.

У дослідженні вплив вологості розраховувався лише для плит MDF без покриття, так як вироби що опоряджені фарбою або личковані натуральним шпоном з прозорим покриттям лаку вже захищені, а дослідження впливу вологи на захисно-декоративне покриття вимагає більш довготривалих досліджень.

Математична модель (1) дає змогу прогнозувати довговічність для деревиннокомпозиційних матеріалів за короткий проміжок часу та без руйнування матеріалу. Разом з тим, складні математичні та імітаційні моделі для прогнозування довговічності матеріалу у виробничих умовах будуть дещо малоефективними та незручними у користуванні. Тому основним завданням отриманих математичних моделей

є забезпечення раціонального та простого їх використання. Для цього необхідно запропонувати надійний, дієвий та простий у користуванні механізм, який дав би змогу як у лабораторних, так і у виробничих умовах раціонально використовувати запропоновані математичні моделі. Тому для зручності та ефективності прогнозування міцності та довговічності у виробничих умовах розроблено відповідне комп'ютерне забезпечення, яке дає змогу з використанням мінімальних затрат та навиків прогнозувати довговічність плит MDF. Це було зроблено за допомогою математичного програмування, враховуючи при цьому основні фактори впливу на довговічність. Тому було розроблено інтерфейс програми, основним завданням якого було забезпечення відповідної зручності та ефективності під час прогнозування довговічності матеріалів, що використовуються у меблевому виробництві.

Список посилань

1. Патент України на корисну модель № 117175, МПК G01N 25/26. Прискорений спосіб прогнозування довговічності виробів із деревини та деревних композиційних матеріалів із урахуванням вологості. / Кульман С. М., Бойко Л. М.; заявник та патентовласник Кульман С. М., Бойко Л. М., № 2016 u 08700; заявлено 10.08.2016; опубліковано. 26.06.2017.; Бюл. № 12.

УДК 621.941-229.3:531.133

Тимик Д.В., канд. техн. наук

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, diana_tdv@ukr.net

ЗМЕНШЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНИХ СМОЛ ДОДАВАННЯМ ОРГАНІЧНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Суттєвим недоліком карбамідних смол і матеріалів на їх основі є висока токсичність, обумовлена виділенням вільного формальдегіду. Відомо, що вміст вільного формальдегіду в смолі визначається мольним відношенням карбаміду та формальдегіду під час синтезу, а також умовами проведення процесу. З метою вирішення проблеми щодо зниження токсичності, і можливості зменшення вмісту вільного формальдегіду карбамідоформальдегідних смол запропоновано використання, в якості органічних наповнювачів, відходів волокнистих плит (волокнистого шламу) та целюлозно-паперового виробництва (скопу) [1, 2].

Досліджували вплив кількості волокнистого шламу і скопу на вміст вільного формальдегіду карбамідоформальдегідних смол марок А, Б, та МДФ, фізико-хімічні показники яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники карбамідоформальдегідних смол

Назва показника	Марка А	Марка Б	МДФ
Густина, при 20° С, г/см ³	1,28-1,30	не нормується	1,28±0,01
Масова частка сухого залишку, %	Не менше 65,0 (при 120°С)	66,0 ± 2,0 (при 100° С)	66,00±1,0 (при 120°С)
Масова частка вільного формальдегіду, %, не більше	0,1	0,15	0,1
В'язкість умовна по віскозиметру ВЗ-4 (сопло 4,000 ± 0,015 мм), с	70-100	50-100	70-100

Встановлено, що із збільшенням кількості наповнювача (волокнистого шламу) витратою від 1 до 4г токсичність зменшується для усіх марок смол. Навіть вміст наповнювача за найменшої витрати в кількості 1г, дозволяє зменшити токсичність КФ смол усіх марок в середньому на 22% порівняно із стандартним значенням. Найкращий результат отримано при додаванні волокнистого шламу витратою 4г, що дало можливість

зменшити токсичність в середньому на 44% для усіх марок смол, вибраних для експерименту.

Встановлено, що із збільшенням вмісту скопу, використаного в якості наповнювача, токсичність КФ смол збільшується (для марок А та Б практично на 63 % порівняно із контрольним значенням). Найменший вплив на зростання токсичності до 19% спостерігається для марки смоли МДФ. Звідси можна зробити висновок, що скоп не варто використовувати в якості наповнювача КФ смол з метою зменшення їх токсичності.

Список посилань

1. Бехта П.А. Властивості карбамідоформальдегідних клеїв наповнених деревинним волокнистим шламом / П.А. Бехта, Р.Г. Салабай, І.І. Салабай, Г.В. Нощенко // Наукові праці Лісівничої академії наук України: збірник наукових праць. – Львів: ТзОВ “Фірма “Камула”. – 2015. – Вип. 13. – С. 217-223.

2. Салабай Р.Г. Вплив мінеральних наповнювачів на властивості клеїв / Р.Г. Салабай, І.І. Салабай // Збірка тез доповідей III Міжнародної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з хімії та хімічної технології. – К.: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, 2010. – С. 188.

СЕКЦІЯ 3 «РОБОЧИ ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ ПРОМИСЛОВОЇ ГІДРАВЛІКИ ТА ПНЕВМАТИКИ»

УДК 621.225

Андренко П.М., докт. техн. наук, професор
Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, andrenko1947@gmail.com
Лебедєв А.Ю., канд. техн. наук
ТОВ «ХЗТФ «Моторімпекс», м. Харків, anton.kh@ukr.net

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ГІДРОПРИВОДІВ

В доповіді наведено аналітичний огляд оціночних показників технічного рівня окремих елементів систем гідроприводів. Встановлено, що більшість з них стосується об'ємних гідравлічних машин. Відмічено, що стратегічним напрямком розвитку елементів систем гідроприводів є енергозбереження, підвищення ККД, оптимізація схемних рішень, підвищення робочого тиску, зниження габаритів та металоємності при одночасному збільшенню питомої потужності, підвищення технічного рівня.

Для оцінки технічного рівня гідравлічних машин, гідроагрегатів та гідравлічних пристроїв нами запропоновано універсальний критерій:

$$K = \frac{l k_{p/w} \eta \tilde{P} \tilde{C} k_{ext} k_r K_{np}}{g C_v L_r k_w D_f \bar{L}_{m\text{дБА}}} \quad (1)$$

де l – характерний розмір;

$k_{p/w}$ – коефіцієнт енергоємності;

η – ККД гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

$\tilde{P} \tilde{C}$ – імовірність безвідмовної роботи гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

k_{ext} – критерій надмірного перевантаження;

C_v – швидкісний показник;

L_r – характеристичний габаритний розмір гідромашини, гідроапарата або гідравлічного пристрою;

K_w – коефіцієнт компактності (маса яка припадає на одиницю об'єму який займає гідромашини, гідроапарат або гідравлічний пристрій) [1];

D_f – добротність гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

$\bar{L}_{m\text{дБА}}$ – відносний рівень шуму гідромашини, гідроапарата або гідравлічного пристрою;

k_z – коефіцієнт готовності;

K_{np} – показник уніфікації, який характеризує ступінь насиченості пристрою стандартизованими і уніфікованими деталями.

Він дозволяє проводити оцінку технічного рівня гідравлічних машин, гідроагрегатів та гідравлічних пристроїв залежно від їх конструктивних та експлуатаційних показників базуючись на єдиних методологічних принципах за даними наведеними у відповідних каталогах або технічного завдання на розробку виробу, що проектується.

Складові, що входять до універсального комплексного критерію визначаються наступним чином. Характерний розмір l визначається:

$$l = \begin{cases} \sqrt[3]{q} & \text{для гідромоторів та насосів,} \\ D_y & \text{для гідроагрегатів,} \\ \sqrt[2]{A_{гц}} & \text{для гідроциліндрів} \end{cases}, \quad (2)$$

де q – робочий об’єм гідромашини;

D_y – діаметр умовного проходу гідроагрегата;

$A_{гц}$ – площа безштокової порожнини гідроциліндра або його ефективна площа;

Коефіцієнт енергоємності $k_{P/w}$ визначається за формулою [1]:

$$k_{P/w} = \frac{P_M}{w}; \quad (3)$$

де P_M – потужність на виході гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

w – об’єм який займає, гідромашина, гідроагрегат або гідравлічний пристрій;

ККД гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою η чи їх індекс енергетичної ефективності EEl (Energy Efficiency Index), визначається за формулою [2]:

$$EEl = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}} C_{20\%}, \quad (4)$$

де $P_{L,avg}$ – середнє значення потужності яка споживається даним насосом з врахуванням стандартизованого профілю навантаження (розраховується згідно формули (5) як середнє значення потужності яка споживається насосом за періоди його роботи [3]:

$$P_{L,avg} = 0,06P_{L,100\%} + 0,15P_{L,75\%} + 0,35P_{L,50\%} + 0,44P_{L,25\%}; \quad (5)$$

де P_{ref} – еталона потужність, розрахункова величина для циркуляційного насоса визначена для його певного типу;

$C_{20\%}$ – законодавчо прийнятий поправочний коефіцієнт, який враховує, що тільки 20 % існуючих циркуляційних насосів задовольняє вимогам $EEl \geq 0,20$. $C_{20\%} = 0,49$.

На момент прийняття $EEl = 0,20$ є так званим цільовим орієнтиром, тобто величиною, до якою необхідно прагнути. На законодавчому рівні встановлено, що для циркуляційних насосів потужністю 2500 Вт, які поставляються як окремі агрегати, можлива величина індексу енергетичної ефективності з 2015 р. становить $EEl \leq 0,27$.

Критерій надмірного перевантаження k_{ext} розраховують за формулою [4]:

$$k_{ext} = \frac{P_{max}}{[n_\sigma]P_H}, \quad (6)$$

де P_{max} і P_H – відповідно максимальний і номінальний тиски на виході гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

$[n_\sigma]$ – коефіцієнт запасу міцності;

Швидкісний показник C_v визначається:

$$C_v = \begin{cases} n\sqrt[3]{q} & \text{для гідромашин,} \\ \frac{l_{гц}}{t_{гц}} & \text{для гідроциліндрів гідроагрегатів та гідравлічних пристроїв} \end{cases}, \quad (7)$$

де n – частота обертання гідромашини;

$l_{гц}$ і $t_{гц}$ – відповідно довжина переміщення і час штока гідроциліндра або запірно-регулюючого елемента гідроапарата;

Характеристичний габаритний розмір гідромашини, гідроапарата або гідравлічного пристрою L_T визначається за формулою [1]:

$$L_T = \sqrt{D_{ГП} L_{ГП}}, \quad (8)$$

де $D_{ГП}$ і $L_{ГП}$ – відповідно діаметр і довжина гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою.

Коефіцієнт компактності k_w визначається за формулою [1]:

$$k_w = \frac{m}{w}, \text{ кг/м}^3, \quad (9)$$

де w – об'єм який займає гідромашина, м³.

Зазначимо, що матеріалоемність є непрямым показником економічної ефективності виробу;

Добротність гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою D_f яка характеризує їх вібростійкість та розраховується за формулою:

$$D_f = \frac{2 \pi f_0 E}{P_{роз}}, \quad (10)$$

де f_0 – резонансна частота коливань гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою;

E і $P_{роз}$ – відповідно енергія, яка запасена коливальною системою і потужність, яка розсіюється;

Відносний рівень шуму гідромашини, гідроапарата або гідравлічного пристрою $\bar{L}_{m \text{ дБА}}$ визначається:

$$\bar{L}_{m \text{ дБА}} = \frac{L_{m \text{ дБА}}}{L_{m0 \text{ дБА}}}, \quad (11)$$

де $L_{m \text{ дБА}}$ і $L_{m0 \text{ дБА}}$ – відповідно рівень шуму при роботі гідромашини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою і базовий рівень шуму – рівень шуму у конструкторському бюро;

Коефіцієнт готовності k_r визначається за формулою [5]:

$$k_r = \frac{T_0}{T_0 + T_b}, \quad (12)$$

де T_0 і T_b – відповідно середнє напрацювання на відмову і середній час відновлення, год;

Показник уніфікації $K_{пр}$, який характеризує ступінь насиченості пристрою стандартизованими і уніфікованими деталями – коефіцієнт використання, визначають на підставі даних конструкторської документації за формулою [6]:

$$K_{пр} = \frac{\Pi_d - \Pi_{д0}}{\Pi_d} \cdot 100, \quad (13)$$

де Π_d – загальна кількість деталей, шт.;

$\Pi_{д0}$ – кількість оригінальних деталей, шт.

Чим більше значення комплексного універсального критерію, тим вище технічний рівень гідравлічної машини, гідроагрегата або гідравлічного пристрою. Зазначимо, що якщо будь-який коефіцієнт який входить до формули (1) не вдається визначити замість нього підставляють для аналога та виробу, що проектується, одиницю, а перед універсальним комплексним критерієм ефективності ставлять коефіцієнт розмірності.

Базуючись на єдиних методологічних принципах, уперше запропонований критерій для оцінки технічного рівня елементів систем гідроприводів. Він не потребує застосування суб'єктивних експертних оцінок, має вид простого алгебраїчного виразу та дозволяє визначити технічний рівень гідравлічних машин, гідроагрегатів та гідравлічних пристроїв за їх каталожними даними або за технічним завданням, на стадії проектування, провести оцінку їх енергетичної ефективності. Доведена ефективність використання запропонованого критерію.

Список посилань

1. Аврунин Г.А. Гидравлическое оборудование строительных и дорожных машин / Г.А. Аврунин, И.Г. Кириченко, В.Б. Самородов, под ред. Г.А. Аврунина. Харьков: ХНАДУ, 2012 – 464 с.
2. Draft EUROPEAN STANDART prEN 16480 Pumps – Minimum required efficiency of rotodynamic water.
3. Твердохлеб И. Современный подход к энергоэффективности насосного оборудования / И. Твердохлеб, А. Костюк, С. Соколов // Насосы и оборудование. 4-5/2014. С. 20–21. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.allpumps.kiev.ua
4. Жеглова В.М. Підвищення технічного рівня сучасних аксіально-поршневих гідромашин : автореф. дис. канд. техн. наук 6 05.02.02. / Жеглова Вікторія Михайлівна. – Одеса, 2015. – 21 с.
5. Гидроприводы объемные, пневмоприводы, и смазочные системы. Оценка технического уровня и качества: ОСТ2 Н06–35–84. – [Введен 01.01.85]. – М. : ВНИИТЭМР, 1985. – 39 с.
6. Система показателей качества продукции. Гидроприводы объемные, пневмоприводы, и смазочные системы. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.37-90. [Введен 09.06.90] – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 39 с.

УДК 697.91

Доценко О., студент

Стельмах Н.В., канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», sanyadots@ukr.net

ПРОЕКТУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Завдання системи розподілу повітря – транспортувати стиснуте повітря від випускного патрубка до місця його використання з мінімальними витоками, втратою тиску та зміною якісних показників повітря.

Конструкція трубопроводів обумовлює тертя повітряних мас та витоки, що призводять до падіння тиску в системі від компресора до місця їх безпосереднього використання. Тому оптимальний розрахунок діаметра труби, вибір схеми розподілу та елементів конструкції магістралі відіграє дуже важливу роль.

Отже, діаметр труби подачі повітря є одним із головних показників при проектуванні системи повітряних трубопроводів. Здебільшого вважається, що при зменшенні діаметру труби зменшуються енерговитрати. Однак, при зменшенні діаметру труби опір повітря збільшується, що викликає значне падіння тиску в системі транспортування повітря і призводить до збільшення енергозатрат. Тому, діаметр труби повинен бути розрахований для максимально можливої економії енергозатрат, утримання необхідного тиску та з урахуванням технічних можливостей наявного обладнання.

Схеми конструювання трубопроводів.

Відомо дві основні схеми організації систем розподілення стиснутого повітря: одномагістральна та кільцева магістральна системи подачі.

Одномагістральна схема розподілення стиснутого повітря вважається більш зручною для середнього класу складності установок, де місця споживання повітря знаходяться безпосередньо недалеко одне від одного та від компресора.

Для більш складних систем з багатьма місцями забору повітря перевагу надають кільцевій магістральній системі. Адже повітря подається на будь яке обладнання за двома напрямками, швидкість подачі зменшується вдвічі і падіння тиску зменшується. Ще однією перевагою кільцевої магістральної системи є те, що можна вимкнути частину трубопроводу для технічного обслуговування без впливу на інших споживачів. [2]

Отже проблема проектування трубопроводів подачі повітря обумовлена мінімізацією загального падіння тиску в системі, зменшення енергозатрат та надалі можливістю розширення даного трубопроводу. Ця проблема вирішується шляхом аналізу всіх можливих варіантів конструкції трубопроводу та подальшим розрахунком системи подачі повітря.

Список посилань

1. A.Gontarz, P. Bosshard, K. Wegener, L. Weiss. Compressed air system assessment for machine tool monitoring / 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing / A.Gontarz, P. Bosshard, K. Wegener, L. Weiss. – Zürich, 2013.
2. Compressed Air Distribution (Systems) / Compressed Air & Gas Institute // Compressed Air and Gas Handbook / Compressed Air & Gas Institute – Cleveland, 2016.

УДК 677.661.05.002(075)

Орловський Б.В., докт. техн. наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну, mlp-knutd@ukr.net

КОМП'ЮТЕРНА КІНЕМАТИКА ПРОГРАМНО КЕРОВАНОВОГО МЕХАНІЗМУ МАШИН ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ДВОХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ОДНОМУ ЦИКЛІ РОБОТИ

В машинах-напівавтоматах легкої промисловості використовуються циклові механізми із жорсткою системою керування типу «розподільний вал» та програмоносії типу «багатокрокові кулачки» [1]. В циклових машинах-напівавтоматах та автоматизованих машинах легкої промисловості можливе використання n програмованих виконавчих механізмів, які виконують $n+1$ операцій та дій. Це потребує розробки систем 2-го класу складеності (багато режимних), проектування яких розглянуто на прикладі розробки проекту з використанням засобів мехатроніки для виконання циклу $1 - \bar{1} - 1 - \bar{1}$. Застосування в мехатронних системах тільки одно режимних пристроїв привело б до того, що кількість виконавчих пристроїв дорівнювало б числу операцій. А це, в свою чергу, призводить до подорожчання системи в декілька разів. Тому при створенні автоматичних систем розробники прагнуть мінімізувати кількість пристроїв, що входять до складу системи. Одним із способів такої мінімізації є робота деяких приводів по кілька разів протягом одного циклу. Наприклад, з листа гуми чи шкіри можна вирізати дві заготовки для подальшої їх обробки. Операцію опускання лез може виконувати один і той же привід. Такий привід буде багато режимним. Багато режимними називаються пристрої, які під час одного циклу роботи системи виконують свої дії кілька разів.

Для програмування необхідного циклу потрібно записати команди керування у відповідності до функціонального графу циклу роботи механізму з наступним складанням рівнянь причино-наслідкових зв'язків.

На рис.1 наведена комбінована схема ($S3=P3+E3$) з контролером для циклу $1 - \bar{1} - 1 - \bar{1}$. Цей цикл є інформаційно невизначеним і тому він спочатку доповнений елементами пам'яті EP1 і EP2 у відповідності до виразу (1), графу (рис.2) і рівнянь причинно-наслідкових зв'язків (2)...(7). Також врахована логіка дворазового натискання кнопки S1 для підготовки циклу і включення циклу роботи механізму для виконання двох операцій у відповідності до виразу (8), графу (рис.3) і рівнянь причинно-наслідкових зв'язків (9)...(12). Відпрацювання системою одного робочого циклу відбувається після натиснення кнопки S2.

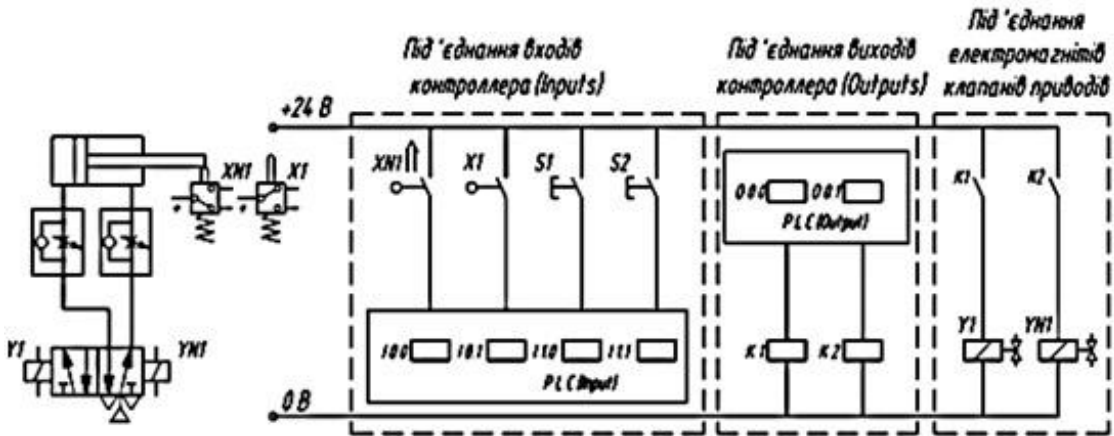


Рис. 1 – Комбінована схема (C3=ПЗ+ЕЗ) з контролером для циклу 1 – $\bar{1}$ – 1 – $\bar{1}$

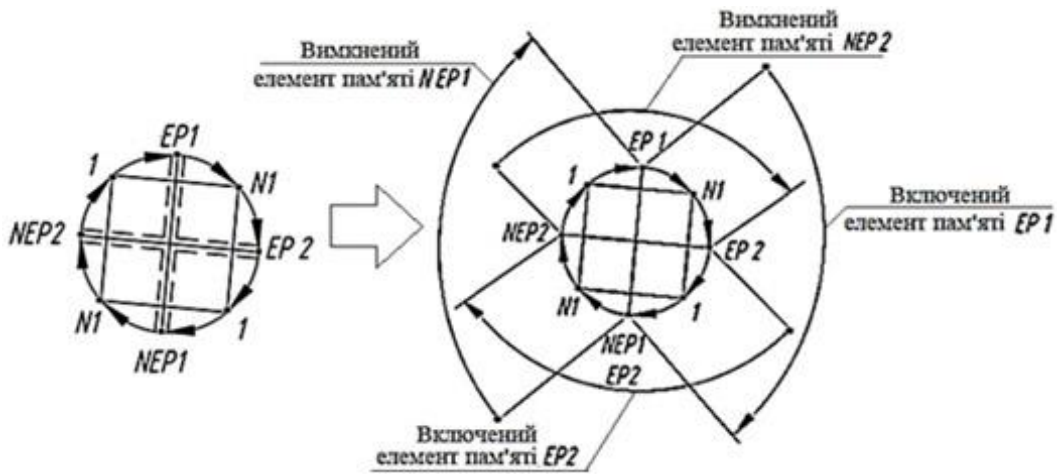


Рис. 2 – Граф з елементами пам'яті EP1 та EP2

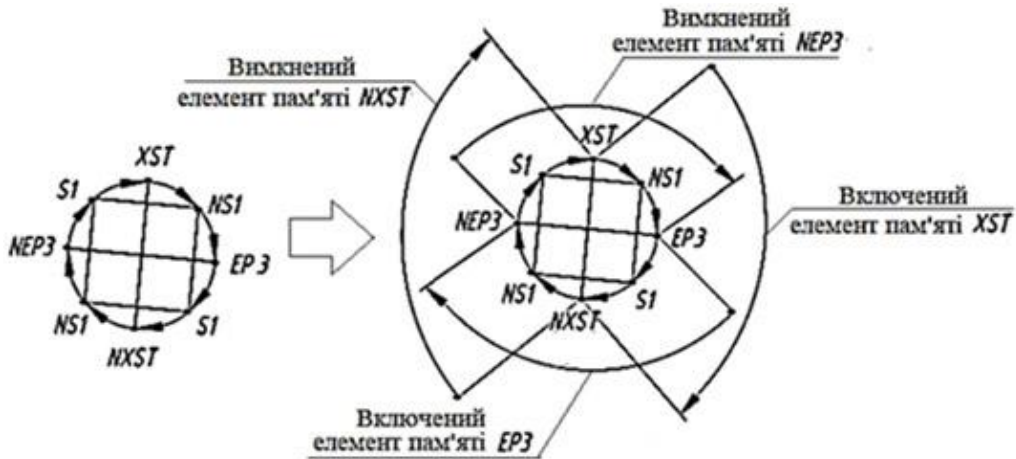


Рис. 3 – Граф з додатковими елементами пам'яті XST та EP3

$$1 \rightarrow EP1 \rightarrow N1 \rightarrow EP2 \rightarrow 1 \rightarrow NEP1 \rightarrow N1 \rightarrow NEP2 \quad (1)$$

$$Y1 \leftarrow NEP2 \cdot S2 \cdot NEP1 + EP2 \cdot EP1. \quad (2)$$

$$EP1 \leftarrow X1 \cdot NEP2; \quad (3)$$

$$YN1 \leftarrow EP1 \cdot NEP2 + NEP1 \cdot EP2; \quad (4)$$

$$EP2 \leftarrow XN1 \cdot EP1; \quad (5)$$

$$NEP1 \leftarrow X1 \cdot EP2; \quad (6)$$

$$NEP2 \leftarrow XN1 \cdot NEP. \quad (7)$$

$$S1 \rightarrow XST \rightarrow NS1 \rightarrow EP3 \rightarrow S1 \rightarrow NXST \rightarrow NS1 \rightarrow NEP3 \quad (8)$$

$$XST \leftarrow S1 \cdot NEP3 ; \quad (9)$$

$$EP3 \leftarrow NS1 \cdot XST ; \quad (10)$$

$$NXST \leftarrow S1 \cdot EP3 ; \quad (11)$$

$$NEP3 \leftarrow NS1 \cdot NXST . \quad (12)$$

Рівняння (2)...(7) та рівняння (9)...(12) причинно-наслідкових зв'язків реалізовані у розробленій програмі для контролера Festo FC-30 (Німеччина).

Список посилань

1. Пищиков В.О. Синтез багатокрокових кулачкових програмоносіїв швейних машин-напівавтоматів / В.О. Пищиков, Б.В. Орловський. – Вісник КНУТД, №5 (т.2). –2010. – с. 107-114.

УДК 621.224

Миронов К. А., канд. техн. наук

Олексенко Ю. Ю., аспірантка

Національний технічний університет «ХПІ», cosmir@i.ua, yuliayo@ukr.net

МЕХАНІЧНИЙ ВПЛИВ ДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ НА РАДІАЛЬНО-ОСЬОВІ ГІДРОТУРБИНИ ПРИ НЕСТАНДАРТНИХ УМОВАХ

Зростаюча потреба у широкому діапазоні роботи для радіально-осьових гідротурбін, як правило, збільшує кількість годин роботи при частковому навантаженні та умовах перевантаження за межами основного робочого діапазону, для якого спочатку були розроблені турбіни. У цих нестандартних умовах може виникнути гідравлічна нестабільність. Вона є джерелом високих динамічних навантажень, які потенційно можуть скоротити термін служби компонентів турбіни, і особливо робочого колеса [1].

Сьогодні чисельне моделювання може допомогти зрозуміти динамічне навантаження на структуру, а також його механічний відгук. Проте точне моделювання таких складних явищ залишається складним завданням. У деяких випадках необхідно ще одне підтвердження результатів моделювання експериментальними даними, як з точки зору гідравліки, так і з механічної точки зору. Паралельно з експериментальними даними слід проводити моделювання обчислювальної гідродинаміки (CFD) та метода кінцевих елементів (FEA) для трьох робочих точок, що відповідають глибокому частковому навантаженню, частковому навантаженню та умовам перевантаження. Перевага залишається за чисельним моделюванням, бо підкреслює відмінності в механічній поведінці робочого колеса при впливі певних гідравлічних явищах [2].

Кожна вибрана робоча точка демонструє різні гідравлічні та механічні характеристики, тому складність кожної моделі CFD повинна бути адаптована для їх максимально точного розрахунку [3,4]. Також для повного розрахунку навантаження було необхідно встановити коливання рівня тиску на вході в спіральну камеру для спрощення та подання гідроакустичних характеристик. Ці нестационарні розрахунки мали додаткову складність моделювання кавітації, що робить необхідним правильний вибір кавітаційної моделі.

Пов'язані нестационарні моделювання CFD та FEA показали хорошу здатність охоплювати гідравлічні явища, що виникають в нестандартних умовах та їх механічного впливу на робоче колесо [2]. Ці два взаємодоповнювальні підходи були використані для дослідження впливу кожного динамічного явища на механічну поведінку та утомні пошкодження робочого колеса. Метод дозволяє використовувати його не тільки для існуючих конструкцій, але і для нових проектів гідротурбін.

Список посилань

1. Миронов, К.А. Визначення та аналіз впливу розрахункових параметрів на ефективність радіально-осьових гідротурбін [Текст] / К.А. Миронов, Ю.Ю. Олексенко // Вісник НТУ «ХПІ», Х.: НТУ «ХПІ», № 42 (1264), 2017. – С. 66-70.

2. Duparchy, F. et al. Mechanical impact of dynamic phenomena in Francis turbines at off design conditions // J. Phys.: Conf. Ser. 813 012035, 2017.

3. Xavler, Esclaer, et al. Detection of cavitation in hydraulic turbines // Mechanical system and signal processing. Vol.20. 2006. 983-1007.

4. Завьялов, П.С. Численные исследования пульсационных характеристик в гидротурбинах [Текст] / П.С. Завьялов, Ю.М. Кухтенков, С.М. Шишатский // «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье»: Сб. научн. трудов ХГПУ. – Харьков, 1997. – Ч.2. – С. 112-116.

УДК 62-82:631.3:621.659

Іванов М.І., канд.техн.наук, професор

Ковальова І.М., асистент

Вінницький національний аграрний університет, mosgv@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІАМЕТРУ ДРОСЕЛЯ В КОРПУСІ ПОХИЛОГО ДИСКА НА РОБОТУ ГІДРОСТАТИЧНОГО ПІДШИПНИКА

В сучасних сільськогосподарських машинах набули широкого застосування магістральні гідроприводи, в яких робоча рідина подається до гідродвигуна від гідромагістралі, що не входить до складу конкретного гідропривода. Це вимагає відповідного гідравлічного обладнання, пристосованого до роботи в даних умовах. В зв'язку з цим ряд підприємств України впроваджує у виробництво нові конструкції гідроагрегатів, які відповідають світовим тенденціям гідрофікації сільськогосподарських машин. До такого обладнання відносяться регульовані аксіальні роторнопоршневі насоси типу PVC 1 виробництва ПрАТ «Гідросила АПМ» (м. Кропивницький).

Ефективна робота насоса PVC 1.63 можлива при забезпеченні нормальної роботи підшипникового вузла цапфи, що виключає можливість зупинок та гальмування при повороті похилого диска (люльки). Подача рідини до гідростатичного підшипника виконується впорскуванням рідини від поршнів блока циліндрів до змащувальних камер 1 і 2. Розрахункову схему подано на рис. 1.

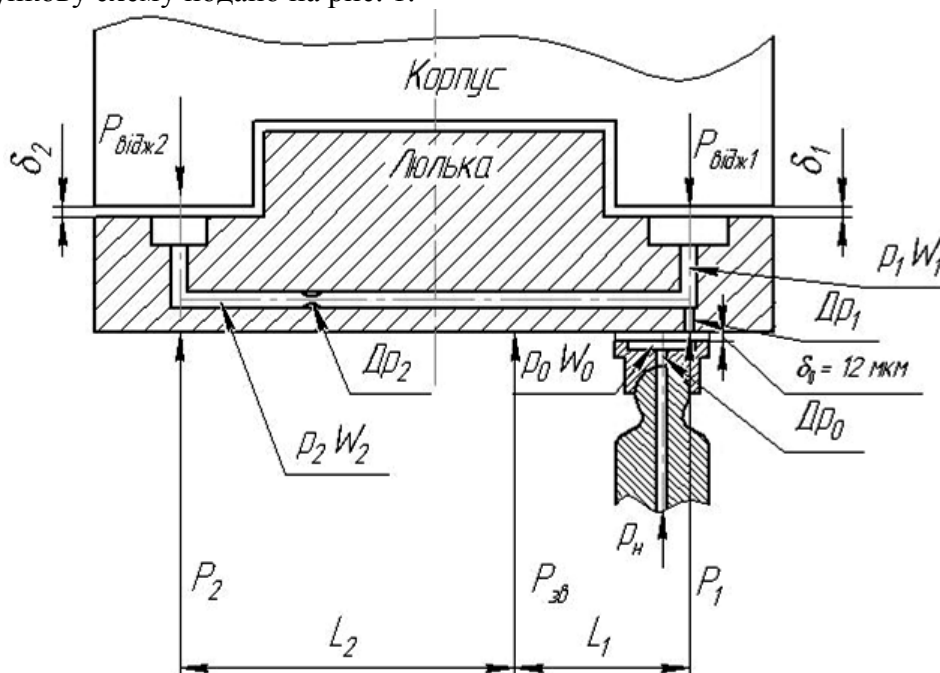


Рис.1 – Розрахункова схема гідростатичного підшипника похилого диска роторнопоршневого насоса типу PVC 1.63

Похилий диск перебуває під час роботи під дією значних за своєю величиною сил – сили P_1 , P_2 притискання цапф люльки до ложементу в корпусі, що створюється поршнями блоку циліндрів, а також сили, яку створює поршень системи управління нахилом люльки. Силова дія $P_{зв}$ на похилий диск визначається сумарною дією поршнів, які знаходяться під тиском. В зв'язку з тим, що при обертанні блока циліндрів точки прикладання сили $P_{зв}$ з боку окремих поршнів змінюють свої координати, також періодично змінює своє положення точка прикладання зведеної сили. Це може бути однією з причин коливання похилого диска. Зазначені сили при тискові, наближеному до номінального (25 МПа), створюють значну силу притискання цапф до поверхні ложементу, яка при відповідних умовах – відсутності рідинного тертя, може викликати зупинку похилого диска.

Рух похилого диска визначається як зазначеними вище силами, так і силою пружини повернення люльки та реакцією з боку ложементу на притискання цапф люльки. Було виконано математичне моделювання роботи насоса PVC 1.63, в результаті якого вивчався вплив діаметра дроселя (на рис.1 позначено $D_{р2}$) на роботу гідростатичного підшипника. При цьому виявлено, що цапфа 1 похилого диска щільно прилягає до корпусу, тобто $\delta_1=0$. А величина відстані δ_2 між корпусом і цапфою 2 змінюється по мірі зміни діаметра дроселя. Нижче представлені графічні залежності δ_2 від діаметра дроселя в режимі реального часу. На рис.2,а показано результати розрахунків при діаметрі дроселя 0,8 мм, а на рис. 2,б – при 2,5 мм.

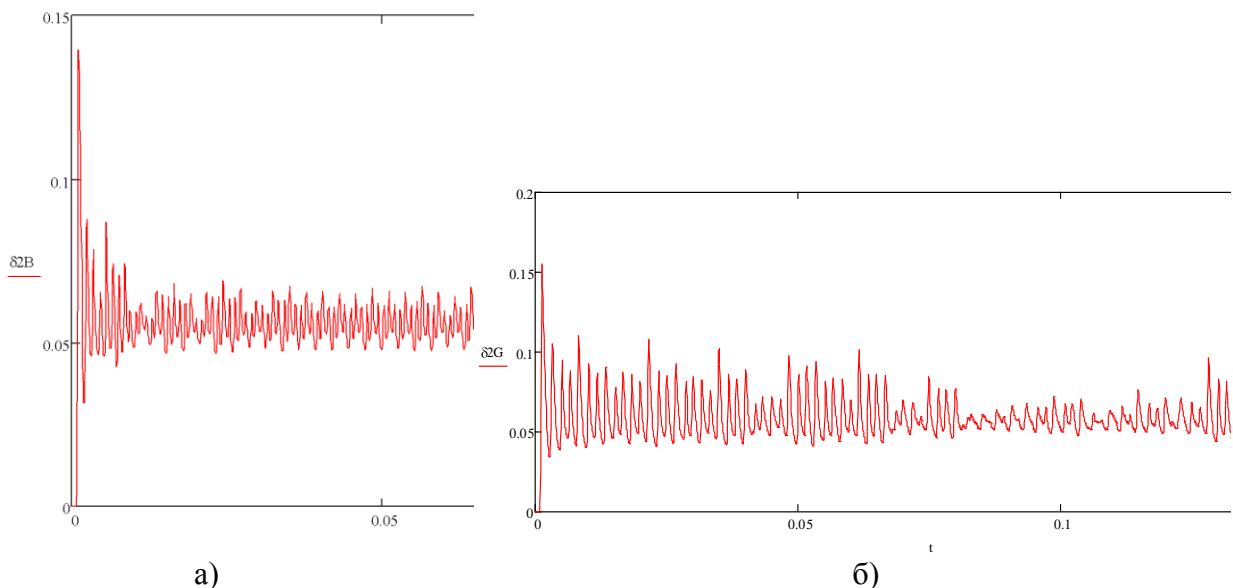


Рис. 2 – Осцилограма коливань зазору між цапфою 2 похилого диска і ложементом:

а) при діаметрі дроселя 0,8 мм

б) при діаметрі дроселя 2,5 мм

Як видно з рис.2, при діаметрі дроселя 0,8 мм коливання носять рівномірний характер, розмах коливань не перевищує 0,02 мм, а при діаметрі 2,5 мм амплітуда коливань змінюється нерівномірно, максимальний розмах до 0,07 мм. Такі коливання негативно впливають на стан похилого диска і на роботу насоса в цілому. Проведений аналіз силових дій на похилий диск [1] свідчить про наявність значних пульсацій зведеної сили $P_{зв}$ та момента на похилому диску, що може призводити до коливань похилого диска та викликати пульсації подачі та тиску на виході насоса. В зв'язку з цим існує необхідність забезпечити належний рівень якості гідростатичних опор, які мають виключити можливість механічних втрат та зношення цапф похилого диска. Існує необхідність по розробленню заходів, спрямованих на демпфірування коливань подачі робочої рідини та

тиску на виході насосів. За результатами досліджень більш доцільним є встановлення дроселя діаметром 0,8 мм.

Список посилань

1. Параметрическое возбуждение пульсаций при работе регулируемого аксиального роторнопоршневого насоса / Н.И. Иванов, А.Н. Переяславский, С.А. Шаргородский, И.М. Ковалёва, Р.А. Гречко // Промислова гідравліка і пневматика. – 2017. – №2(56). – С. 70–76.

УДК 62-82:631.3:621.659

Іванов М.І., канд. тех. наук, професор
Гречко Р.О., аспірант

Вінницький національний аграрний університет, mosgv@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГІДРОСТАТИЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ ТИПУ ГСТ90

На сучасному етапі розвитку машинобудування найбільш прогресивним є застосування об'ємних гідроприводів на самохідних машинах. При їх застосуванні можливо досягти стійкої роботи агрегатів в широкому діапазоні числа оборотів, реалізувати безступінчасте регулювання швидкості, що дає можливість найбільш ефективно використовувати потужність двигуна. Широкого застосування на транспортних, дорожніх та сільськогосподарських машин знайшли гідростатичні трансмісії, в яких реалізовано принцип об'ємного регулювання подачі та швидкості. Типовими представниками таких гідроагрегатів є гідростатичні трансмісії, які випускаються ПрАТ «Гідросила» (м. Кропивницький) [1, 2].

Свого часу підприємством було налагоджено випуск гідростатичних трансмісій за ліцензією Sauer-Sundstrand. На сьогодні технічні рішення, закладені у цю конструкцію, не в повній мірі відповідають сучасним тенденціям розвитку даного напрямку гідравлічного машинобудування. В зв'язку з цим виникає потреба пошуку нових конструктивних рішень, а також проведення досліджень в напрямку оптимізації даних рішень.

В конструктивному плані найбільша увага приділяється удосконаленню клапанної групи елементів гідротрансмісії. На ринку з'явилися конструкції, в яких в одному вузлі об'єднано запобіжний та зворотний клапани, а також замість використання запобіжного клапана прямої дії застосовуються клапани непрямої дії. До числа проблем, які виникають під час експлуатації ГСТ, також відноситься значне вироблення ложементів підшипників насосного агрегата.

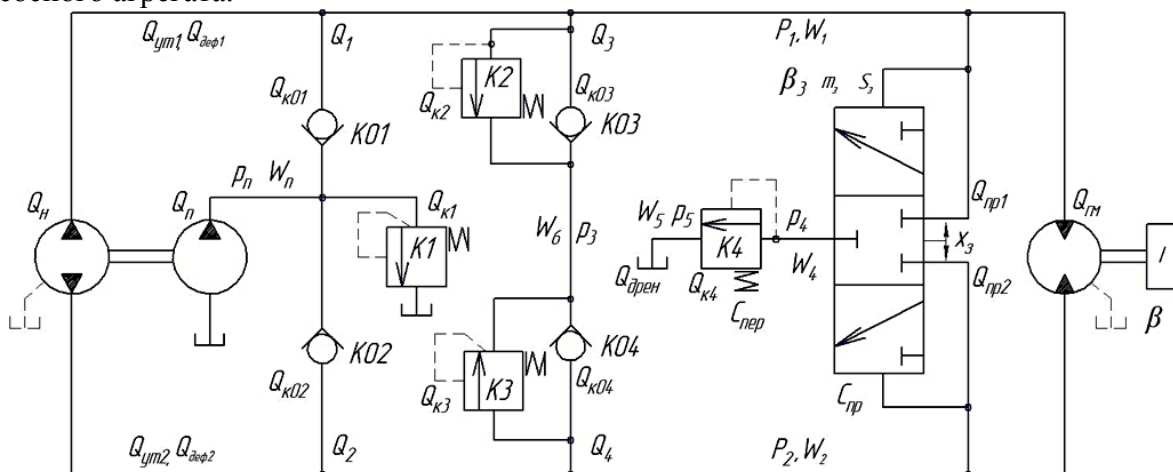


Рис. 1 – Принципіальна схема гідростатичної трансмісії

На початковому етапі досліджень проводиться дослідження роботи ГСТ шляхом математичного моделювання. Розроблена математична модель, яка відповідає

принципальній схемі рисунку 1, включає 14 диференціальних рівнянь, загальний порядок системи рівнянь – чотирнадцятий. З врахуванням також того, що значна кількість характеристик окремих елементів має нелінійний характер, прийнято рішення про використання в процесі моделювання програмного продукту Borland Delphi.

На рисунку 2 показано результати розрахунку процесів, які відбуваються у ГСТ під час запуску. Характерним для ГСТ, конструкція якої відповідає зображеній на рисунку 1 принципальній схемі, є виникнення значних по амплітуді коливань тиску p_1 у лінії високого тиску. Коливальний режим роботи запобіжного клапана K2 продовжується під час набору швидкості обертання вала гідромотора. На 0.8 с споживання витрати робочої рідини гідромотором досягає значення подачі насоса, клапан сідає на сідло, коливання зникають і режим роботи ГСТ стабілізується. Згідно показаних на рисунку 2 осцилограм запобіжний клапан прямої дії K2, який використовується у даному випадку, проковує коливання проливного та переливного клапанів з частотою 250 Гц. Також слід зазначити, що пікові значення тисків момент пуску насоса перевищують 400 бар.

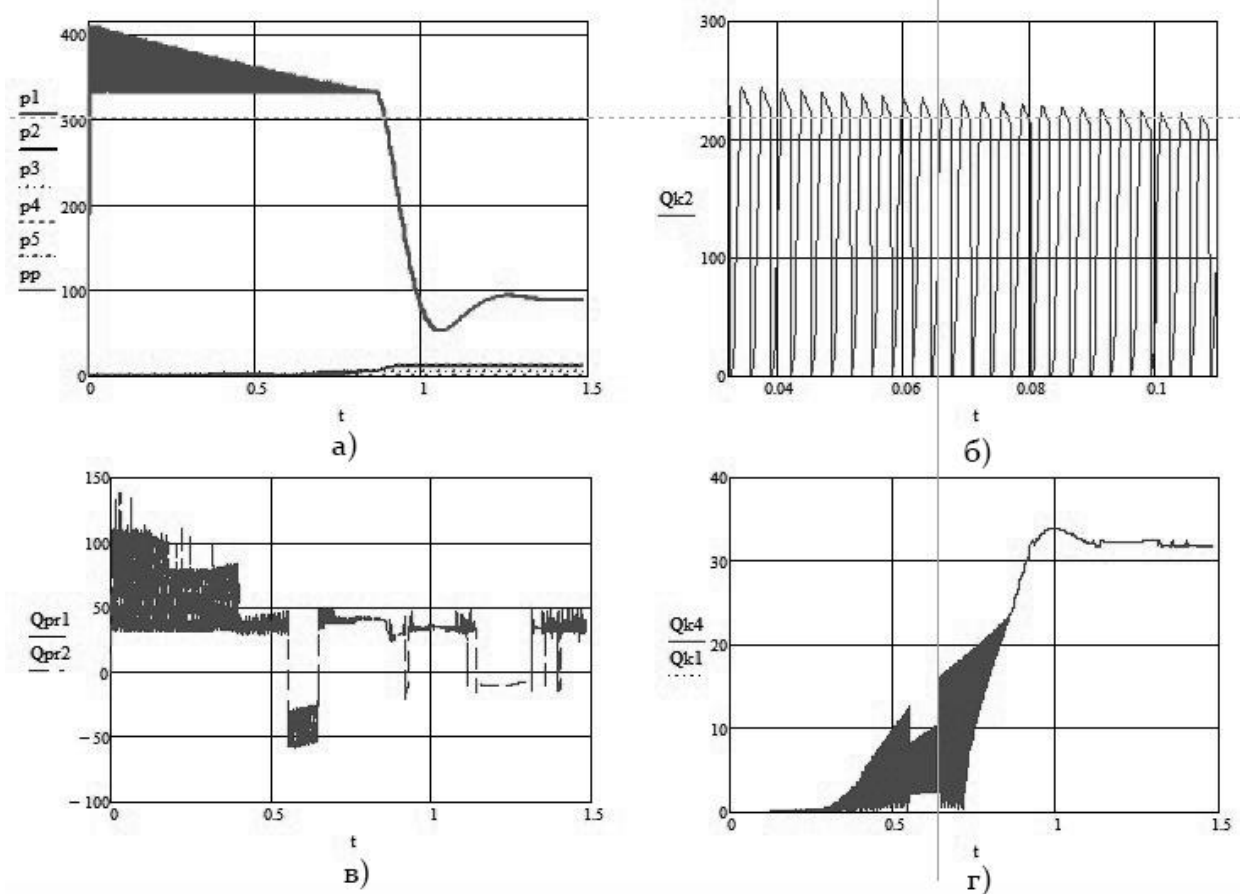


Рис. 2 – Результати досліджень роботи ГСТ: а) – зміна тисків у порожнинах ГСТ; б) – зміна витрати через запобіжний клапан з лінії високого тиску; в) – зміна витрати через проливний клапан; г) – графік витрати через переливний клапан

Результати моделювання свідчать про наявність процесів, які можуть бути причиною втрати ГСТ працездатності, зменшення зносостійкості та ресурсу роботи гідростатичної трансмісії. Очевидною є необхідність розроблення заходів по поліпшенню характеристик ГСТ та окремих її вузлів.

Список посилань

1. Ловкис, З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет./ З.В. Ловкис – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.

2. Гевко, Б.М. Гідропривод і гідравтоматика сільськогосподарської техніки: посібник / Б.М.Гевко, С.Г.Білик., А.Ю.Ліник, О.В.Фльонц – Тернопіль:Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя.: 2015. – 384 с.

УДК 531.528,628.33

Циба О.А., старший викладач

Черкаський державний технологічний університет, tsyba68@ukr.net

ЛОКАЛІЗАЦІЯ АКТИВНОЇ ЗОНИ РЕАКТОРА В КАВІТАЦІЙНОМУ ЕМУЛЬГАТОРІ ВИХРОВОГО ТИПУ

Кавітаційна обробка рідинних середовищ знаходить все більш широке застосування для процесів емульгування та диспергування. Використання гідродинамічних та теплофізичних ефектів кавітації сприяє механотермолізу структури рідин, появі вільних водневих зв'язків, та прискоренню хімічних реакцій. Однак, залишається невирішеним значне коло технічних задач щодо забезпечення необхідної продуктивності обладнання при достатньому ресурсі його роботи. Особливої уваги заслуговують проблеми кавітаційної ерозії та корозії стінок активних зон реакторів внаслідок колапсу бульбашок. Традиційними способами вирішення цих проблем є зміцнення поверхонь стінок кавітаційної камери, нанесення спеціальних покриттів та правильний вибір матеріалів конструкції [1].

Більш раціональним захистом твердої поверхні від руйнування є віддалення бульбашок від стінок на безпечну відстань. Таку можливість, на наш погляд, дає створення відцентрового вихрового потоку рідини в зоні кавітаційного колапсу. За рахунок стратифікації потоків рідини за швидкістю та густиною, насичений бульбашками об'єм рідини концентрується в осевій зоні реактора. Напрямок дії кумулятивних струминок орієнтується в бік осі обертання потоку. Таким чином, відцентрові сили, що виникають, дають змогу додатково понизити тиск всередині потоку і захистити стінки реактора від руйнування [2, 3].

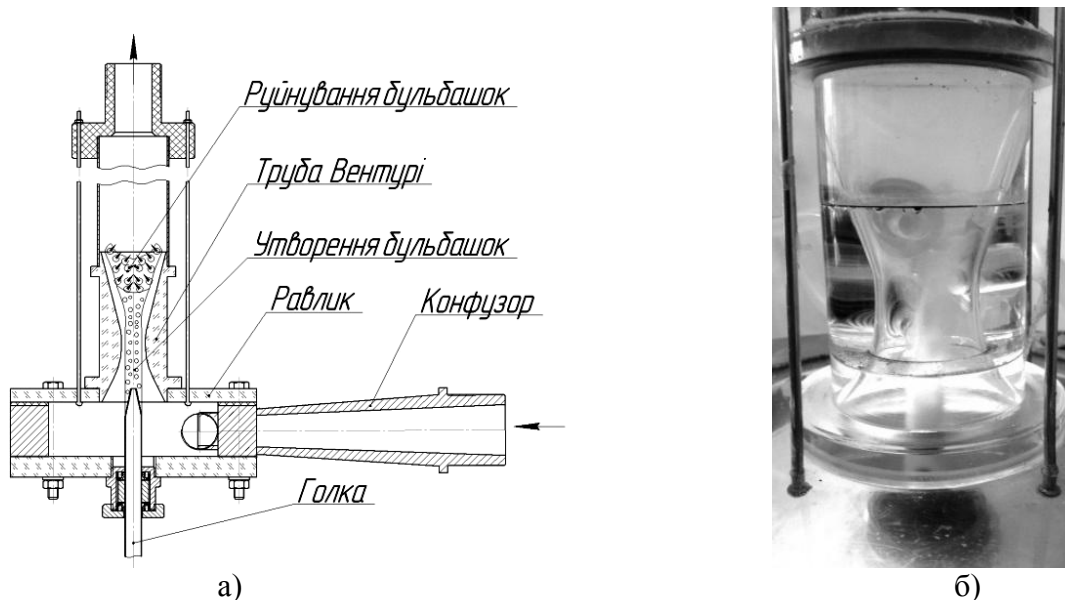


Рис. 1 – Схема а) та активна зона реактора б) кавітаційного емульгатора вихрового типу

Список посилань

1. Сухенко Ю.Г. Кавітаційна стійкість неметалевих конструкційних матеріалів / Ю.Г. Сухенко, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, В.Ю. Сухенко // Фізика і хімія твердого тіла. – м. Івано-Франківськ – 2003.- Т. 4, № 3. – с. 583-584.

2. Патент 61789. Україна, МПК В06В1/20. Вихровий кавітаційний реактор / Веретільник Т.І., Циба О.А., Дифучин Ю.М., Капітан Р.Б. // Заявл. 01.02.2011; Опубл. 25.07.2011. – Бюл. № 14.

3. Веретільник Т.І. Особливості кавітаційної обробки рідини в умовах вихрової стратифікації потоку / Т.І. Веретільник, О.А. Циба // Промислова гідравліка і пневматика. – м. Вінниця ВДАУ. – 2012. – №1 (35). – с. 3 -7.

УДК 62-82:631.3:621.659

Закревський В.П., асистент

Вінницький національний аграрний університет, mosgv@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ НАСОСА ТИПУ PVC 1 НА ЯКІСТЬ ВИТРАТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В сучасних системах гідравлічних приводів робочих органів самохідних машин широко використовуються регульовані аксіальні роторнопоршневі насоси. Маючи робочі елементи з малими радіальними габаритними розмірами і, як наслідок, з низьким моментом інерції, вони здатні швидко змінювати режими роботи. Такі властивості обумовили їх широке застосування для гідропередач, що обслуговують рухомі комплекси, а також в слідкуючих гідроприводах високої точності.

Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки передбачають подальшу гідрофікацію приводів робочих органів, розширення технологічних можливостей, широке застосування мехатроніки. В процесі гідрофікації приводів самохідних сільськогосподарських та інших мобільних машин найбільшого ефекту сьогодні досягають при застосуванні чутливих до навантаження LS-гідроприводів (load sensing) та LUDV (flow sharing) гідроприводів. На сьогодні саме ці гідроприводи забезпечують найбільш високий рівень енергоощадності та економічної ефективності гідрофікованих самохідних машин [1].

Останнім часом в Україні ПрАТ «Гідросила АПМ» (м. Кропивницький) активно працює в напрямі впровадження у виробництво та подальшому підвищенню рівня технічних характеристик аксіальних роторнопоршневих насосів типу PVC 1.

Підприємство виготовляє насоси типу PVC типорозмірного ряду від PVC 1.18 до PVC 1.85, обладнаними

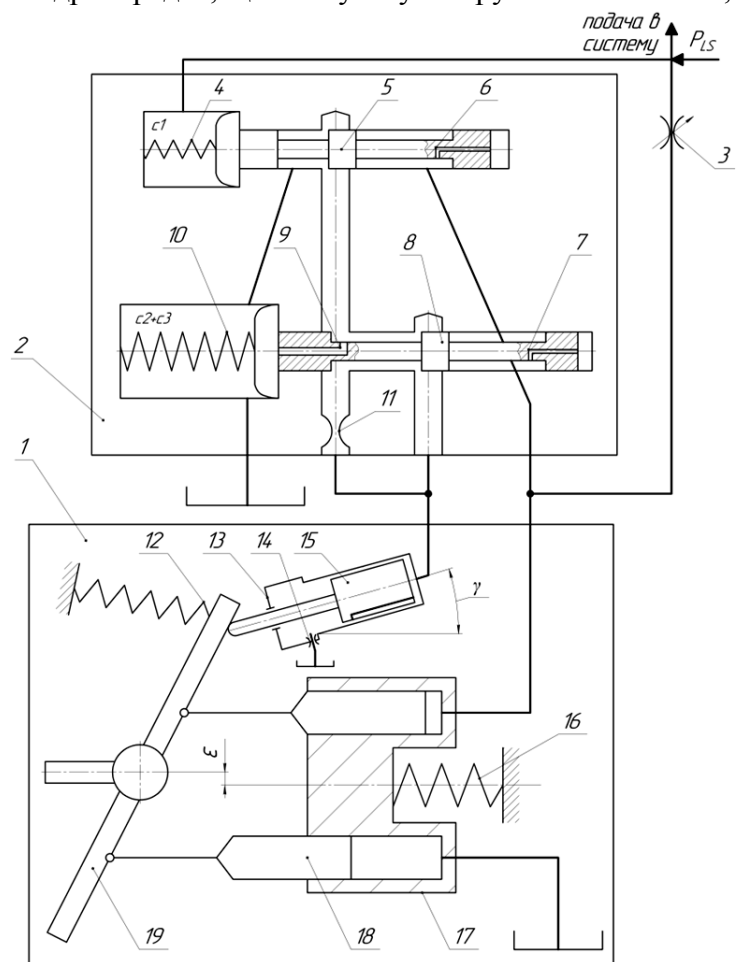


Рис. 1 – Принципова схема насоса типу PVC 1:
 1 – насос, 2 – LS-регулятор типу PVN, 3 – регульований дросель, 6, 7, 9, 11, 14 – дроселі, 5, 8 – золотники, 4, 10, 12, 16 – пружини, 13 – гідроциліндр, 15 – поршень керування, 17 – блок циліндрів, 18 – поршень, 19 – похилий диск

LS-регуляторами, що застосовуються як універсальний агрегат для гідравлічних систем, в яких одночасно тиск навантаження слугує сигналом зворотного зв'язку для керуючого пристрою, який у свою чергу встановлює необхідний тиск насоса [2]. Тиск насоса підтримується рівним тиску самого навантаженого споживача плюс постійний тиск керування.

Дослідження характеристик даних насосних агрегатів свідчить про значний вплив параметрів насоса на якість їх характеристик, основною з яких є витратна характеристика. Зміна подачі при цьому не повинна перевищувати $\pm 4\%$.

В процесі дослідження роботи насосного агрегата виявлений значний вплив конструктивних параметрів насоса на якість його роботи. Однією з таких особливостей є те, що блок циліндрів насоса та похилий диск розташовуються з деяким ексцентриситетом ε . Похилий диск згідно рисунку 1 розташований в корпусі таким чином, щоб вісь повороту похилого диска була розташована нижче за вісь обертання блока циліндрів. Циліндрами, які знаходяться в зоні тиску, формується зведена сила, момент якої спрямований на збільшення кута нахилу похилого диска.

З метою з'ясування раціональних значень ексцентриситета ε виконано дослідження залежності подачі насоса PVC 1.85 від величини тиску P_{LS} на вході до виконавчого гідродвигуна шляхом математичного моделювання. На рис. 2 показано, що значення цього параметра в межах 5-7 мм дозволяє помітно стабілізувати показники витратної характеристики насосів типу PVC 1.85. При цьому при ексцентриситеті $\varepsilon = 5$ мм зменшення подачі насоса не перевищує 2,75 %. При виконанні установки похилого диска з ексцентриситетом $\varepsilon = 7$ мм зменшення подачі насоса при $P_{LS} = 240$ бар не перевищує 1,5 %. Подальші дослідження мають за мету оцінку зазначених параметрів на енергоощадність насоса та якість динамічних характеристик.

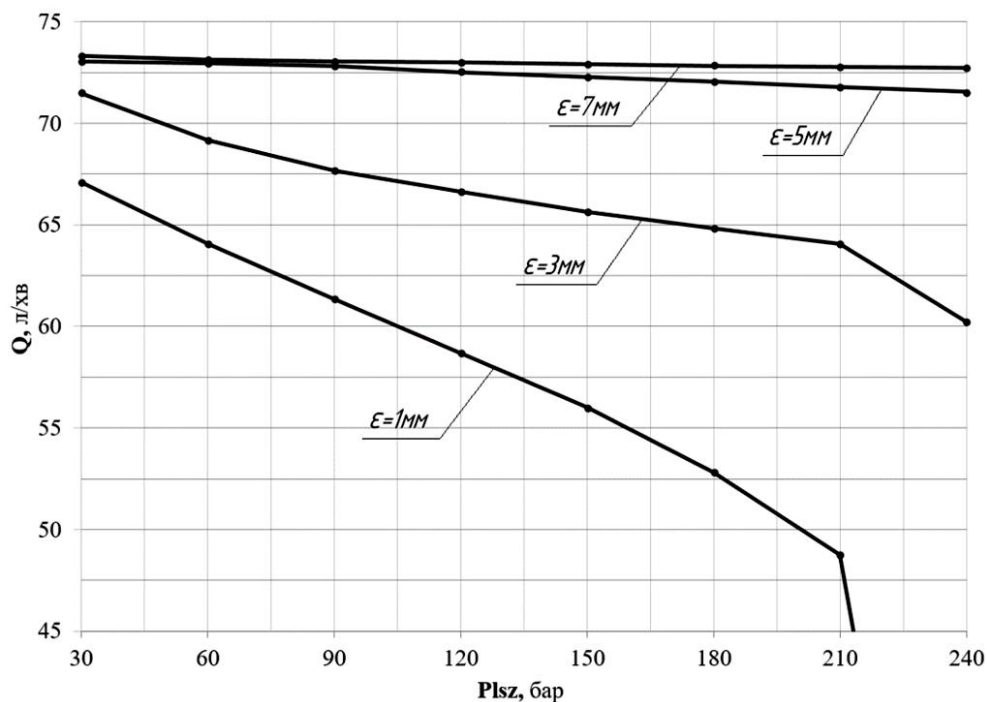


Рис. 2 – Витратні характеристики насоса типу PVC 1, при різних значеннях ексцентриситету

Список посилань

1. Андренко П.Н. Направления развития объемного гидропривода / П. Н. Андренко, З.Я. Лурье. // Промислова гідравліка і пневматика. – 2016. – №2(52). – С. 3–14.
2. Бондарь В.А. Принципы LS и LUDV в гидросистемах открытого контура / В.А. Бондарь // Вісник СумДУ. – 2004. – №12(58). – С. 41–45.

УДК 62-82:681.587.34

Медведєв С.В., заступник начальника відділу
Державне підприємство «АНТОНОВ», м. Київ, s.medvedev.v@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ В ТРУБОПРОВОДІ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ЛІТАКА

При розробці сучасного пасажирського літака до бортового обладнання пред'являються вимоги щодо забезпечення перебування пасажирів на борту літака з максимальною безпекою та комфортом.

Однією з таких систем є система видалення відходів, що забезпечує життєдіяльність людини на борту літака.

В даний час на регіональних пасажирських літаках більше перспективним типом системи видалення відходів є система видалення вакуумного типу.

Сучасні вакуумні системи є складними комплексами, як з технологічної, так і з економічної точки зору і проведення натурних експериментальних досліджень на етапі проектування утруднено, а в деяких випадках неможливо.

У зв'язку з цим особливого значення набуває проведення попереднього аналізу системи на етапі проектування. Цілями такого аналізу можуть бути: отримання попередніх даних, моделювання робочих режимів; оптимізація по заданих параметрах; порівняння декількох альтернативних конструкцій та ін.

Вищезазначені чинники обумовлюють необхідність розвитку таких методів проектувальних розрахунків вакуумних систем, які мають максимально можливий ступінь універсальності, та не потребують доопрацювання для аналізу кожної конкретної системи, а з іншого боку, дають можливість враховувати ключові фактори, що роблять істотний вплив на умови функціонування реальної вакуумної системи.

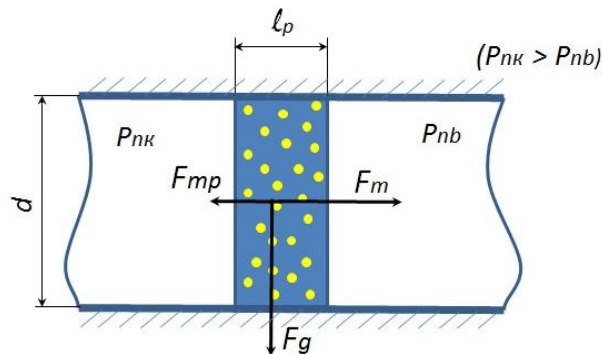


Рис. 1 – Схема дії сил на порцію відходів в трубопроводі видалення

Одним із завдань при розрахунку і побудові системи видалення відходів є отримання газодинамічних характеристик течії відходів в трубопроводі від джерела видалення в бак відходів. На рис. 1 представлена схема руху в трубопроводі порції відходів під дію різниці тисків.

Список посилань

1. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст]/ И. Е. Идельчик – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
2. Абрамович, Г. П. Прикладная газовая динамика [Текст]/ Г. П. Абрамович В 2 ч. Ч. 1: Учебное руководство: Для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1991. – 600 с.
3. Хаблянян, М.Х. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация. Ч. 1. Инженерно-физические основы: учебное пособие [Текст]/ М.Х. Хаблянян, Г.Л. Саксаганский, А.В. Бурмистров; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2013. – 232 с. – ISBN: 978-5-7882-1447-4.

УДК 621.22

Аврунин Г.А., канд. техн. наук, доцент

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, griavtunin@ukr.net

О МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОМУ ОБЪЕМНОМУ ГИДРОПРИВОДУ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

Широкое распространение объемного гидропривода в различных отраслях народного хозяйства с учетом появления на рынке гидравлических компонентов целого ряда фирм, в том числе ведущих мировых брендов, требует соответствующего методического обеспечения студентов при обучении и специалистов при решении задачи повышения их квалификации. В этой связи, специалистами харьковских национальных автомобильно-дорожного и политехнического (НТУ «ХПИ») университетов за последние годы изданы учебные пособия и учебник, в основе которых сделана попытка осовременить знания студентов в области объемного гидропривода [1 – 3]. Изложенные материалы позволяют проводить обучение по дисциплинам проектирования и эксплуатации объемных гидроприводов для мобильных машин, в том числе строительно-дорожных, подъемно-транспортных и коммунального назначения, а также сельскохозяйственных и промышленных тракторов.

Содержание пособий в значительной мере соответствует направлению «Машиностроение» по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные и мелиоративные машины и оборудование» и дисциплинам «Проектирование и испытания гидроприводов строительно-дорожных машин», «Гидравлика, гидропневмопривод», «Гидравлические и пневматические машины», «Гидропневмоавтоматика», «Эксплуатация строительных и дорожных машин», «Конструирование и расчет систем самоходных машин» и «Проектирование трактора». Содержание пособий включает теоретический материал по изучению конструкций, принципиальных типовых гидравлических схем объемных гидроприводов мобильных машин совместно с устройствами гидропневмоавтоматики и требования к их техническому обслуживанию, испытаниям и ремонту, а также контрольные вопросы для самопроверки по каждому разделу. В соответствии с учебными программами приведены типовые алгоритмы расчета объемных гидроприводов и стендового оборудования для использования студентами при выполнении курсовой работы и дипломного проекта.

В основе учебных пособий лежат учебно-методическая литература и исследования в области объемного гидропривода ведущих ученых стран СНГ, информационные материалы и учебные курсы передовых зарубежных фирм, специализирующихся в области объемного гидропривода, каталоги производителей гидрооборудования, а также многолетний опыт работы авторов в области проектирования, изготовления, исследований, эксплуатационных наблюдений и преподавания дисциплин, связанных с объемным гидроприводом и гидропневмоавтоматикой, в высших учебных заведениях Украины и курсах повышения квалификации специалистов народного хозяйства при научно-исследовательском институте «ВНИИГидропривод» (в настоящее время в ХНАДУ).

Большое внимание в пособии уделено вопросам стандартизации гидроустройств объемных гидроприводов, включая термины и определения параметров, условные обозначения, методам испытаний, безопасности труда и охраны окружающей среды. Даны ссылки на стандарты, действующие в Украине, нормативные документы международной организации по стандартизации ISO (ИСО) и национальные стандарты ряда стран.

Настоящие пособия базируются на ранее изданных под редакцией Г.А. Аврунина учебных пособиях с грифом Министерства образования и науки Украины «Объемный

гидропривод и гидропневмоавтоматика» (2008 г.) и «Основы об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики» (2009 г.).

Следует отметить о широком использовании информационных материалов с разрешением представительств зарубежных фирм в Украине «Parker Hydraulics» (США), «Rexroth Bosch Group» и «Sauer-Danfoss» (ФРГ), «Festo» (Австрия), «Мотор-Импекс» (Украина), «Bondioli & Pavesi» (Италия) и «Poclairn Hydraulics» (Франция).

Библиография учебных пособий включает более 150 источников информации.

Впервые рассмотрены самые современные бесступенчатые трансмиссии колесных тракторов, в которых используются двухпоточные гидромеханические передачи (ГОМТ), сочетающие объемный гидропривод с регулируемым аксиально-поршневым насосом и гидромотором, которые в сочетании с планетарным редуктором обеспечивают бесступенчатое регулирование скорости без разрыва потока мощности. Такое направление развития трансмиссий является самым современным, о чем свидетельствуют информационные материалы ведущих фирм в тракторостроении John Deere и Fendt. Первый опытный образец колесного трактора модели ХТЗ-17221 с гидромеханической трансмиссией был разработан специалистами Харьковского национально университета НТУ «ХПИ» в 2014г. под руководством д.т.н. В. Б. Самородова и находится в опытной эксплуатации. Особо следует подчеркнуть использование в ГОМТ аксиально-поршневых гидромашин производства ОАО «Гидросила» (г. Кропивницкий). При этом развитие систем управления регулированием рабочего объема насоса шло по пути от гидромеханической (следающей с механической обратной связью) к электрогидравлической пропорциональной на основе использования редукционных клапанов нового поколения. Создание ГОМТ проводилось с использованием широкой номенклатуры стендового оборудования и контроля параметров с помощью преобразователей крутящего момента, частоты вращения, давления и температуры. Именно эта часть работы, связанная с испытаниями, доводкой ГОМТ и анализом полученных результатов стали одной из составляющих процесса обучения студентов, специализирующихся в области автомобилестроения и тракторостроения.

Обучение студентов с использованием разработанных учебных материалов позволило обеспечить их достаточно качественную подготовку, о чем свидетельствуют практические результаты профессиональной ориентации, достигнутые за последние несколько лет. В частности, ведущая в Украине фирма по поставкам гидрооборудования, в том числе ведущих мировых производителей, Моторимпекс (г. Харьков) регулярно принимает на работу молодых специалистов Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, обучающихся на механическом факультете. Тестовые приемные экзамены вполне посильны студентам, что позволяет им быстрее адаптироваться в условиях сложного перехода для работы на предприятии с высокими требованиями к знаниям импортной и отечественной номенклатуры гидрооборудования и высокой мерой ответственности в условиях работы в конкурентной среде при поиске оптимальных технических и ценовых решений.

Список ссылок

1. Аврунин, Г.А. Гидравлическое оборудование строительных и дорожных машин: учебное пособие [Текст]/ А. Г. Аврунин, И. Г. Кириченко, В. Б. Самородов; под ред. Г. А. Аврунина. – Харьков: ХНАДУ, 2012. – 464 с.
2. Аврунин, Г. А. Эксплуатация гидравлического оборудования строительных и дорожных машин: учебное пособие [Текст]/ Г. А. Аврунин, И. Г. Кириченко, В. Б. Самородов; под ред. Г.А. Аврунина. – Харьков.: ХНАДУ, 2013. – 438 с.
3. Аврунин, Г. А. Гідравлічне обладнання будівельних та дорожніх машин: підручник [Текст] / Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, В. Б. Самородов; під ред. Г. А. Авруніна. – Харків.: ХНАДУ, 2016. – 438 с.

УДК 66.03

Семінський О. О., канд. техн. наук, доцент
Семінська Н.В., канд. техн. наук, доцент
Косенко В.В.

Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», seminska@ukr.net

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЕМУЛЬГУВАННЯ В ОДНОСТУПІНЧАСТОМУ РОТОРНО- ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ ПРОТОЧНОГО ТИПУ

Роторно-пульсаційні апарати (РПА) відрізняються високою ефективністю при виготовленні комплексних рідин, у тому числі емульсій, завдяки чому вони набули широкого застосування у харчовій, хімічній, фармацевтичній та інших галузях промисловості. При обробці рідин в РПА вони піддаються дії сукупності механічних і гідромеханічних впливів, що спричиняє розділення та злиття потоків рідин у робочих органах апаратів і супроводжується частою зміною векторів їх швидкості. Складність гідродинаміки і різноманітність конструкцій зумовлюють недостатню вивченість процесів у РПА. Знання кінетики процесів у ньому дозволить підбирати раціональні режими їх роботи із забезпеченням високої якості вироблених рідин.

Метою дослідження є визначення та аналіз кінетичних залежностей емульгування у роторно-пульсаційному апараті.

Дослідження проведено з використанням одноступінчастого РПА проточного типу з компонованням робочих органів за схемою «ротор-статор». Апарат з'єднаний у замкненому циркуляційному контурі з приймальною ємкістю. У якості модельної системи прийнято силіконову рідину в'язкістю 100 сСт (1 % мас.) і дистильовану воду. Система стабілізувалась додецилсульфатом натрію.

Програма дослідження передбачала розміщення складових у приймальній ємкості та їх пульсаційну обробку із циркуляцією через робочі органи РПА, причому потік рідини у контурі створювався завдяки обертанню ротора апарата. При обробці фіксувалась частота обертання ротора (а відтак і частота пульсацій), вимірювались температура емульсії, об'ємна витрата і потужність приводу апарата. Відбір проб утвореної емульсії проводився через визначені проміжки часу за встановленою програмою. Здійснено три серії досліджень, кожна з яких відрізнялась частотою обертання ротора РПА. Дисперсний склад відібраних проб визначено методом мікроскопічного аналізу. Для кожної з проб обчислено визначальний розмір крапель в емульсії, за який прийнято середній об'ємно-поверхневий діаметр, і одержано залежності визначального розміру крапель від часу обробки.

Узагальнюючи результати аналізу одержаних залежностей варто відмітити, що вони мають виражений вигляд гладких низхідних кривих, асимптотичних до вісі, по якій відкладено значення часу. Різниця визначальних розмірів за рівні проміжки часу зменшується по мірі зменшення визначального розміру крапель, що може бути пояснено більш рівномірним навантаженням на краплю по мірі зменшення її розмірів, а отже меншою кількістю розділень крапель. За однакової тривалості обробки визначальний розмір крапель зменшується зі збільшенням частоти обертання ротора. За однакової кратності обробки, зі зменшенням частоти обертання ротора визначальний розмір крапель збільшується, що зумовлено як зменшенням величин градієнтного зсуву і перепаду тисків у рідині, так і зменшенням частоти пульсації і збільшенням можливості транзитного протікання частини потоку через робочі органи РПА.

Результати дослідження дозволяють підібрати раціональні режими одержання емульсій з рідин, що близькі за властивостями до обраних. Разом з цим, перспективним є продовження досліджень з напрацюванням бази даних щодо емульсування рідин, а також визначення впливу конструкції і компоновання робочих органів РПА на кінетику емульсування.

УДК 621.221

Гречка І. П., канд. техн. наук

Національний технічний університет "ХПІ", girinap7@gmail.com

Хованський С. О., канд. техн. наук

Сумський державний університет, serg_83@ukr.net

Свинаренко М. С., канд. техн. наук

Харківський національний університет будівництва та архітектури, maksim@ua.fm

НАДІЙНІСТЬ ГІДРОАГРЕГАТУ ОБЕРТАННЯ

Одним із основних показників технічного рівня машин є їх надійність. Дослідження надійності гідроагрегату (ГА) обертання [1] виконували методом структурних схем [2]. Приймали, що всі складові елементи ГА є одиницями та відмови елементів незалежні. Відомі, також, зв'язки між окремими елементами та час їх функціонування. Вважали, що термін роботи окремих елементів ГА визначається за експоненціальним законом розподілення, а імовірність їх безвідмовної роботи відомими формулами.

Розглядали ГА для намотування обмоток електродвигунів (рис. 1) [1].

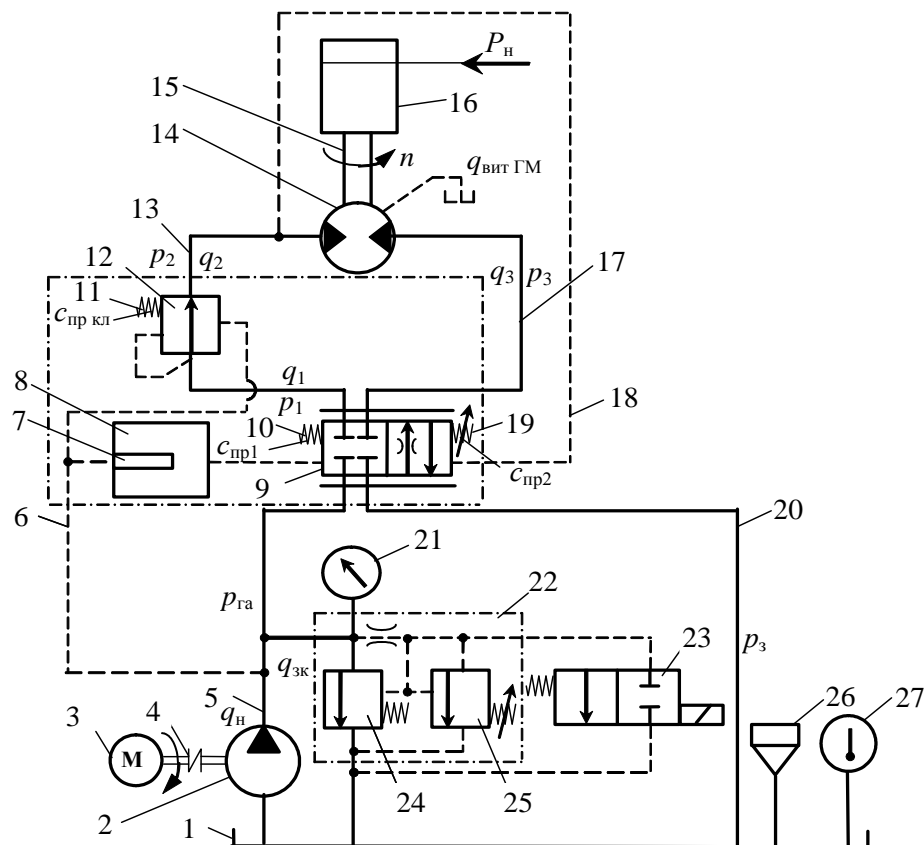


Рис. 1 – Гідралічна схема ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів: 1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – муфта; 5, 6, 13, 17, 20 – трубопроводи; гідравлічний вібраційний контур : 7 – внутрішній патрубок; 8 – камера; 9 – слідкуючий гідророзподільник (ГР); 10 і 19 – пружини ГР 9; 11 – пружина клапана тиску; 12 – клапан тиску; 14 – гідромотора (ГМ); 15 – вал ГМ; 16 – котушка для намотування дроту; 18 – трубопровід (гідравлічний зворотний зв'язок по тиску); 21 – манометр; 22 – запобіжний клапан; 24 – основний; 25 – допоміжний; 23 – ГР; 26 – заливна горловина; 27 – термометр

Використання для керування слідкуючим ГР 9 тиску живлення ГМ 14, тобто запровадження гідравлічного зворотного зв'язку по тиску та гідравлічної осциляції, дозволяє забезпечити постійну силу натягу дроту, підвищити гідравлічну жорсткість ГА

та надійність за рахунок використання одного виду енергії та компенсувати витоки, які виникають при роботі ГМ і змінюються в процесі експлуатації ГА. Таким чином, підвищується щільність заповнення обмотки електродвигуна та його ККД, розширюється сфера застосування та покращуються показники технічного рівня ГА.

Для розрахунку надійності ГА оберталися складала структурну схему, за якою, враховуючи формули (2) і (3), отримали залежність імовірності безвідмовної роботи:

$$P_{\Sigma} = P_1 P_2 (P_1 P_2 P_8 + P_3 P_8 - P_1 P_2 P_3 P_8^2) (P_6 + P_8 - P_6 P_8) (P_7 + P_8 - P_7 P_8) \times P_8 + (P_7 + P_8 - P_7 P_8) P_8 (P_7 + P_8 - P_7 P_8) \times P_4 + (P_7 + P_8 - P_7 P_8) P_4 (P_7 + P_8 - P_7 P_8) P_5, \quad (1)$$

де $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$ – імовірності безвідмовної роботи окремих елементів: 1 – бак; 2 – насос; 3 – запобіжний клапан; 4 – ГР; 5 – ГМ; 6 – гідравлічний вібраційний контур; 7 – клапан тиску; 8 – трубопровід.

З роботи [2] знаходили найменшу, середню та найбільшу інтенсивності відмов окремих елементів ГА. За залежністю (1), попередньо задавшись часом роботи ГА, знаходили імовірності та час безвідмовної роботи (табл. 1) за залежністю

$$T = \frac{1}{\Lambda}, \quad (2)$$

де Λ – сумарна інтенсивність відмов ГА.

Таблиця 1 – Імовірності та середній час безвідмовної роботи ГА

ГА	P_{Σ}			T, годин		
	найменша	середня	найбільша	найменша	середня	найбільша
t = 1000 годин	0,99332	0,98057	0,90955	97648,05	97797,67	98180,72
t = 10000 годин	0,90284	0,88712	0,74218	95562,37	96798,77	97824,36

Точність розрахункових значень імовірності безвідмовної роботи ГА характеризують дисперсією, яку визначали за формулою [3]

$$G_p^2 = t^2 \left(\sum_{i=1}^{N^*} k_i^2 n_i^2 \lambda_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{N^*} k_i n_i \lambda_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{N^*} k_j n_j \lambda_j \right) e^{-2t \sum_{i=1}^{N^*} n_i \lambda_i}, \quad (3)$$

де G_p – дисперсія;

N^* – кількість груп елементів у ГА;

n_i – кількість елементів в i -тій групі;

$$k_i = \frac{\lambda_{i \max} - \lambda_{i \min}}{6 \lambda_i}.$$

Встановлено, що запропоноване схемне рішення ГА має високу надійність. Дисперсія становить $0,093 \cdot 10^{-2}$.

Список посилань

1. Пат. 45554 Україна, МПК F15B 9/00. Гідроагрегат верстата для намотки обмоток електродвигунів / Андренко П. Н., Гречка І. П., Білокінь І. І., Стеценко Ю. М.; заявник і патентовласник Андренко П. Н., Гречка І. П., Білокінь І. І., Стеценко Ю. М. – № у 2009 07102; заявл. 07.07.09; опубл. 10.11.09, Бюл. № 21.

2. Фінкельштейн З. Л. Эксплуатация, обслуживание та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навч. посіб. / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко; під ред. проф. П. М. Андřenка. – Харків : НТУ “ХПР”, 2014. – 308 с.

3. Бычков А. А. Основы теории и организации технической эксплуатации средств связи : сборник задач / А. А. Бычков, В. А. Кальченко. – К. : КВВИУС, 1975. – 105 с.

УДК 66.067.3.022.63

Бадах В. М., канд. техн. наук
Браженко В. М., асистент

Національний авіаційний університет, м. Київ, v_brazhenko@ukr.net

ГІДРОДИНАМІКА РІДИНИ У ПОВЕРХНІ ТА В ОТВОРАХ ПРОНИКНОГО ФІЛЬТРОЕЛЕМЕНТА РОТАЦІЙНОГО ФІЛЬТРА

Аналіз гідродинаміки течії у повнопотокових гідродинамічних фільтрах з обертовим перфорованим циліндром є найважливішою частиною дослідження даних приладів [1, 2]. Чисельне моделювання забезпечує досить загальний підхід до розрахунку течії рідини в околиці обертового проникного циліндра.

У роботі проаналізовано картини розподілу швидкостей і векторне поле на поверхні обертового перфорованого фільтроелемента ротаційного фільтра та в його отворах (рис.1).

Можна з упевненістю говорити про наявність в отворах фільтроелементу циркуляційної течії по типу в каверні. При цьому рідина в отворі циркулює завдяки прилипанню до шару рідини, що рухається над нею із заданою кутовою швидкістю уздовж обертової проникної поверхні. Саме даний процес вихроутворення, та рух рідини у поверхні циліндра відіграє суттєву роль у сепарації частинок домішки.

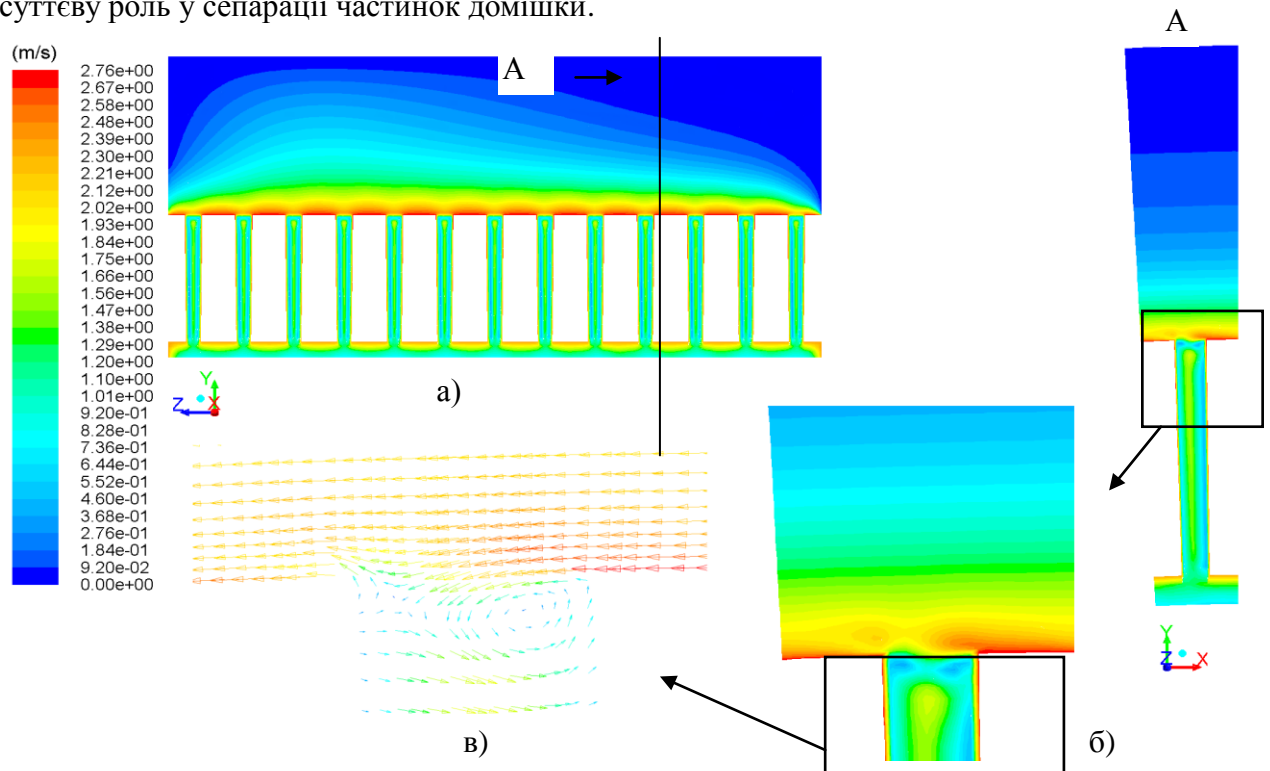


Рис. 1 – Картина розподілу швидкостей в осьовому (а), окружному напрямку (б) та векторне поле швидкостей в отворі в окружному напрямку (в) для режиму течії $Re_r = 102$, $Re_\phi = 5700$.

Резюмуючи результати чисельного моделювання слід відмітити, що осереднена течія поблизу отворів обертової перегородки носить сталий регулярний характер у

розглянутому діапазоні. Крізь кожен отвір в фільтроелементі однаковим чином проходить практично однакова кількість робочої рідини.

Список посилань

1. Браженко В.М. Осідання частинок домішки різного відносного діаметру в бункері ротаційного фільтра / В.М. Браженко // Промислова гідраліка і пневматика. – 2017. – № 4 – С. 62-65.
2. Браженко В.М. Теоретическое исследование эффективности механической очистки жидкости ротационным фильтром / В.М. Браженко // Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – 2017. – Том 12(28). Випуск № 2 – С. 17 – 22.

УДК 62-94:004.942

Слабий О. О., асистент

Никифорчин Ю. М., канд. техн. наук, доцент

Ільків Н. В., студент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, burewisnyk@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОБОТИ ДВОСТУПЕНЕВОГО КОМПРЕСОРА ШЛЯХОМ ПОБУДОВИ ЙОГО ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ В МОВІ MODELICA

Дослідження динаміки роботи машин і механізмів є важливим етапом процесу їхнього проектного розрахунку, який дає змогу визначити величину і зміну в часі силових факторів, що виникають в кінематичних парах в процесі усталених і перехідних режимів їх роботи. Визначення цих величин є важливим для прийняття конструкторських рішень які дають змогу забезпечувати довговічну і безаварійну роботу проектованої машини.

Метою даної роботи було дослідити динаміку роботи промислового двоступеневого компресора, принципова схема механізму якого наведена на рис.1, в процесі наповнення ним газового резервуару шляхом побудови імітаційної моделі його роботи. Зважаючи на те, що при побудові моделі роботи досліджуваного об'єкту слід враховувати особливості роботи його механічної і пневматичної системи для отримання його імітаційної моделі використано вільну, патенто-незалежну, об'єктно-орієнтовану, декларативну мультидисциплінарну мову моделювання верхнього рівня Modelica [1,2].

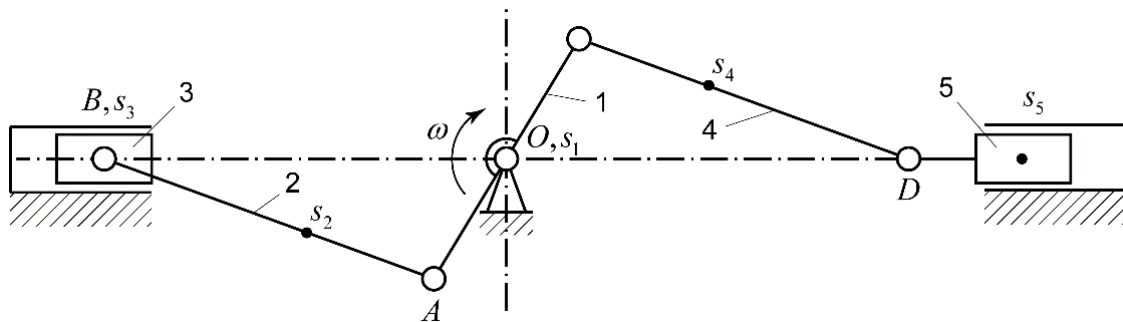


Рис. 1 – Принципова механічна схема роботи двоступінчастого компресора

Для цього здійснено декомпозицію досліджуваного об'єкту на його окремі структурні елементи, обрано їхні імітаційні моделі і проведено агрегацію імітаційної моделі роботи компресора. Графічне представлення створеної імітаційної моделі роботи компресора. Графічне представлення створеної імітаційної моделі роботи компресора. Механічну частину двоступеневого компресора, що включає привід, планетарний редуктор, маховик і кривошипно-шатунний механізм представляли за допомогою імітаційних моделей тривимірної і ротаційної механіки стандартної бібліотеки Modelica. Модель робочої камери стику газу розроблена в мові Modelica на основі математичної моделі її роботи, яка враховує тертя поршня об стінки циліндра та політропне стискування ідеального газу, що описується наступними рівняннями:

$$P_{h1}A_{h1} - F_H - k_p (P_{h1} - P_{h2}) \operatorname{sgn}\left(\frac{dx_h}{dt}\right) - \left(F_{col} + F_{st} e^{-f_{st} \left|\frac{dx_h}{dt}\right|}\right) \operatorname{sgn}\left(\frac{dx_h}{dt}\right) + d_f \frac{dx_h}{dt} = 0;$$

$$m_{h2} \frac{dT_{h2}}{dt} + T_{h2} \frac{dm_{h2}}{dt} = \gamma_g T_{gas} \frac{dm_{h2}}{dt} - \frac{d(L_h - x_h)}{dt} \frac{A_h}{c_{vg}} - \frac{\alpha_g A_{Th2} (T_{h2} - T_{out})}{c_{vg}}; A_h = \frac{\pi D_h^2}{4},$$

де P_{h1} – тиск газу в пневматичні камері;
 A_{h1} – площа робочої поверхні поршня компресора;
 F_H – сила, що діє на поршень;
 m_{h1} – маса робочого газу в камері;
 R_g – газова стала;
 T_{h2} – температура робочого газу в камері;
 T_{gas} – температура вхідного/вихідного потоку газу;
 c_v – питома теплоємність робочого газу при сталому об’ємі;
 a_g – коефіцієнт теплопровідності;
 A_{Th} – площа передачі тепла;
 T_{out} – температура навколишнього середовища;
 k_p – коефіцієнт тертя;
 F_{col} – сила тертя Кулона;
 F_{st} – сила тертя Стрібека;
 f_{st} – коефіцієнт згасання ефекту Стрібека;
 d_f – коефіцієнт в’язкого тертя.

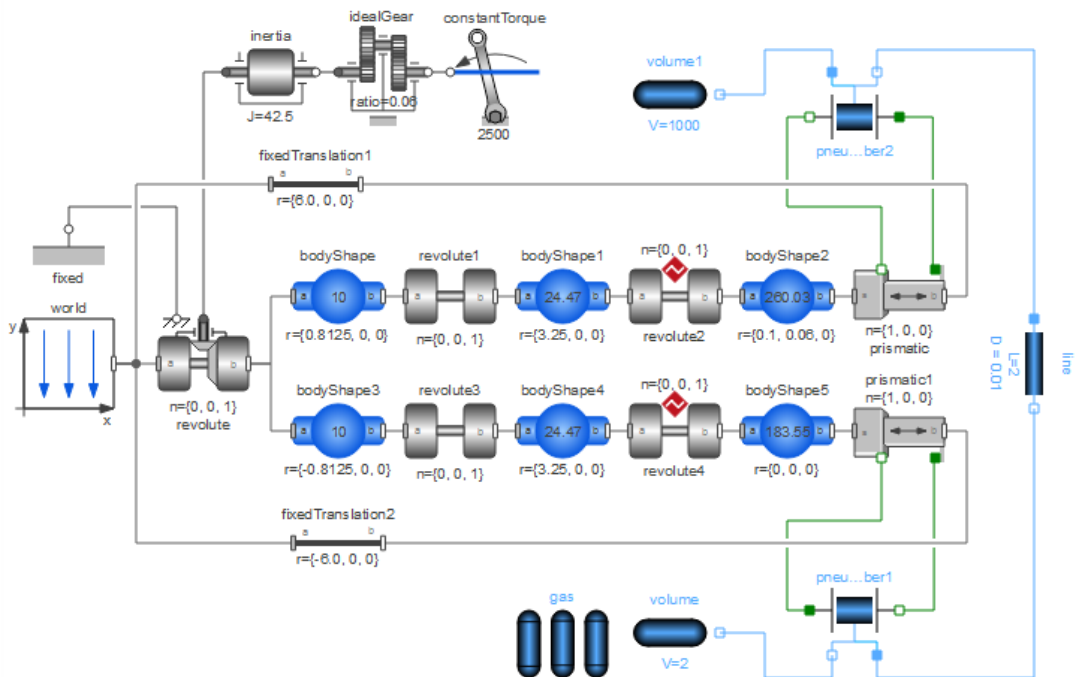


Рис. 2 – Графічне представлення створеної імітаційної моделі компресора в середовищі мови Modelica.

На основі створеної моделі проведено серію чисельних експериментів, по дослідженню заповнення газового резервуару азотом. В результаті отримані значення кутової швидкості і пришвидшень всіх ланок механізму, а також силові фактори, що діють на ланки в процесі роботи. Окрім цього отримано тривимірне анімаційне графічне представлення роботи механізму двоступеневого компресора стоп-кадр із якого з траєкторіями руху центрів мас ланок наведений на рис 3.

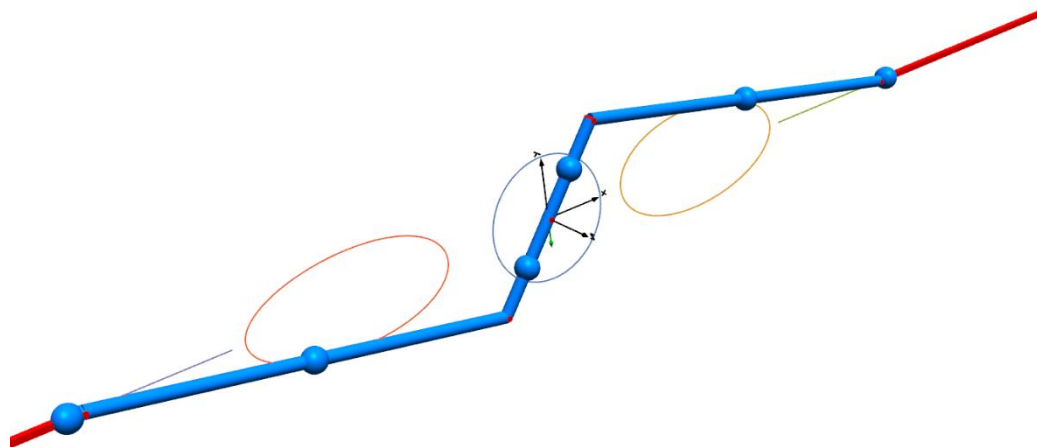


Рис. 3 – Тривимірна анімація результатів імітаційного моделювання важільного механізму компресора

Список посилань

1. Fritzson, P. Principles of Object Oriented Modeling and Simulation with Modelica 3.3 / P. Fritzson. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2014.
2. Tiller, M. Introduction to physical modeling with Modelica / M. Tiller. – Boston, Mass., London: Kluwer Academic, 2001. – 345 p.

СВІТЛОЇ ПАМ'ЯТІ ОЛЕКСАНДРА КИРИЛОВИЧА КАРАУЛОВА

В 70-80 роки в Радянському Союзі відбувався неймовірний, гігантський сплеск у розвитку трибології - науки про тертя та зношування матеріалів. Мало місце, без перебільшення, запекле ідейне протистояння щодо розуміння природи процесів у тертьових контактних зонах з боку різних наукових шкіл, серед яких однією з найвагоміших та багаточисельних була київська наукова школа трибології, очолювана професором Б.І. Костецьким. Теорія тертьових вторинних структур цієї школи стала найпершим передвісником сучасної ери наноматеріалознавства.

Одним з провідних найрезультативніших дослідників тонкоплівкового фізико-хімічного стану поверхневих шарів металу, талановитим організатором експериментальних досліджень, одним із авторів класифікації типів вторинних структур (I та II типи і твердий шар адгезії продуктів деструкції) був Олександр Кирилович Караулов.

Караулов Олександр Кирилович

19.09.1944 р. - 19.09.2017 р.

Член-кореспондент Інженерної академії України, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, засновник та перший керівник лабораторії трибологічних досліджень Науково-дослідного інституту «МАСМА», засновник та керівник першого в Україні Органу сертифікації мастильних матеріалів та нафтопродуктів ОС «МАСМА-СЕПРО», автор всесвітньовідомої та багаторазово цитованої монографії з трибології [1], багатьох дослідницьких наукових публікацій [2-7] та довідників(посібників) з мастильних матеріалів [8-10], автор розвідки про пов'язані з його життям періоди історії православної церкви.



Після закінчення з відзнакою Кіровоградського філіалу Харківського політехнічного інституту в 1967 р., навчання в аспірантурі у м. Києві та успішного захисту в 1973 р. кандидатської дисертації, зробленої під керівництвом професора Б.І. Костецького, Олександр Кирилович у 1976 р. вже як відомий фахівець у галузі трибології матеріалів [1] був запрошений на роботу до ВНДІПКнафтохім (з 1991 р. це УкрНДІНП «МАСМА»), де обійняв посаду завідувача відділу хімотології мастильно-холодильних рідин (МХР) та технологічних середовищ (ТС). У 80-х рр. він керує низкою науково-дослідних програм з питань розроблення МХР та ТС у рамках міжнародних програм ДКНТ СРСР та Академії наук СРСР, Ради економічної взаємодопомоги (РЕВ) та МХТ «Інтернафтопродукт». У співавторстві з колегами публікує низку вагомих праць (зокрема, [8]).

У той же період часу Караулов О.К. ініціює створення лабораторії трибологічних досліджень, наукові праці якої набувають міжнародного визнання [2-7], та керує нею в період 1984-1993 рр. У стислі терміни було встановлено трибологічні стенди провідних фірм Falex, Optinol та інших, з різними кінематичними схемами пар, що перекрили не тільки значний навантажувальний, але й широкі швидкісний та температурний діапазони випробування металевих та мастильних матеріалів. Освоєно надсучасне обладнання для дослідження тертьових поверхонь методами Оже-спектроскопії, вторинної йонної мас-спектрометрії, рентгенівського мікроаналізу, електроннографії та рентгеноструктурного аналізу, електронної мікроскопії. Захищено кандидатські дисертації. Досліджено низку

фундаментальних трибологічних проблем, серед яких широковідомий ефект вибірного перенесення або беззношуваності (див., наприклад, [4]).

З 1993 р. Караулов О.К. - засновник та перший керівник Органу сертифікації мастильних матеріалів та нафтопродуктів ОС «МАСМА-СЕПРО», в 1994-97 рр. - також заступник директора інституту «МАСМА» з сертифікації.

Олександр Кирилович запам'ятовується творчою, організованою людиною, мав критичне мислення. Багато зробив для популяризації знань про нафтопродукти, був організатором та активним доповідачем науково-технічних конференцій та семінарів з навчання персоналу компаній, співавтором ґрунтовних довідникових видань (зокрема, [8-10]). Але він був не тільки вченим та фахівцем, але й різнобічно розвинутою, високо інтелегентною, висококультурною людиною, яка захоплювалась історією, літературою, релігією.

Олександр Кирилович народився 19 вересня 1944 р. в місті Харбін (Китай) в сім'ї лікарів. У 1951 р. він поступив до харбінської гімназії. Тільки в 1954 р. його родина переїхала до Радянського Союзу в Україну, де він у 1962 р. закінчив зі срібною медаллю середню школу в м. Кіровограді (нині м. Кропивницький).

В силу історичних та життєвих обставин батьківська сім'я Караулових була поєднана з митрополитом Нестором (Анісімовим), який організував в Харбїні, в еміґрації, «Будинок Милосердя» для дітей-сиріт. Ще з 90-х років Олександр Кирилович плідно досліджує історію православної церкви своєї малої Батьківщини. Його доробок з історії церкви у співавторстві з В.В. Коростельовим: статті «Митрополит Нестор - просвітитель народів Камчатки»; «Екзарх Східної Азії»; «Харбін: квітень сорок шостого», книга «Православ'я в Манчжурії», - відзначені церковними нагородами (медалями Петропавлівської та Камчатської єпархії з приводу пам'яті митрополита Нестора та 100-річчя єпархії).

Помер Олександр Кирилович Караулов внаслідок хвороби в день свого народження 19 вересня 2017 р. у м. Києві у віці 73 років, похований на Лісному кладовищі.

Пам'ять про нього збережеться в наших серцях.

*Колектив Науково-дослідного інституту «МАСМА», Міненерговугілля, м. Київ,
родина, друзі, учні*

Вибірка окремих наукових праць О.К. Караулова

1. Костецкий, Б. И., Носовский, И. Г., Караулов, А. К. и др. Поверхностная прочность материалов при трении (Киев: Техніка: 1976).
2. Караулов, А.К., Романов, В.С. Сравнительные исследования структуры поверхности трения // Трение и износ. - 1980. - Т. 1, № 4. - С. 610-614.
3. Мищук, О.А., Караулов, А.К. А.с. СССР № 1442872: Способ определения устойчивости режима трения. - Бюллетень изобретений. - 1988. - № 45.
4. Караулов, А.К., Лукинчук, М.Ю., Мищук, О.А. и др. Границы устойчивости эффекта избирательного переноса при реверсивном трении. - Деп. ЦНИИТЭнефтехим 16.05. 89, № 151-нх 89. Киев, 1989. - 32 с.
5. Karaulov, A., Kozhemyachenko, V., Mischuk, O., et al. The concentration dependencies of tribological properties of the lubricants. Incorporating sulphur-containing additives. - In: Proc. Japan Int. Tribology Conference, Nagoya, January 1990. - Nagoya, 1990. - P. 1055-1060.
6. Matveevsky, R.M., Buyanovsky, I.A., Karaulov, A.K., et al. Transition temperatures and tribochemistry of the surfaces under boundary lubrication //Wear. - 1990. - V. 136, No. 1. - P. 135-139.
7. Vipper, A.B., Karaulov, A.K., Mishchuk, O.A. New data on the mechanism of antiwear action of zink dithiophosphates in lubrication oils // *Lubrication Science*. 7 (1), pp. 93-100 (1994).
8. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник - 1-е и 2-е издания» - М, Машиностроение, 1986, 352 с., 1995 г., 496 с.
9. Караулов, А.К., Худолій, Н.Н. Автомобильные топлива. Бензины и дизельные. Ассортимент и применение: Справочник. - Киев: Радуга, 1999. - 214 с.
10. Караулов, А.К., Худолій, Н.Н. Автомобильные масла. Моторные и трансмиссионные. Ассортимент и применение: Справочник. - Киев: Радуга, 2000. - 436 с.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

VIII Міжнародна науково–практична конференція
«Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»

10 – 12 травня 2018 року

Том 1

Чернігів, ЧНТУ

Відповідальний за видання	А.М. Єрошенко
Коректор	С.П. Сапон
Комп'ютерна верстка і макетування	Н.О. Холявко
Друк	Н.А. Тестова

Прийнято 24.04.2018. Здано до друку 25.04.2018 р.
Формат 60x84/16 Папір офіс. Гарнітура Times New Roman.
Друк - цифровий.

Ум.-друк. арк. 15,25. Обл.-вид. арк. 16,37
Наклад 100 прим. Зам. № 1839.050.018

Чернігівський національний технологічний університет
14027 м. Чернігів, вул. Шевченка, 95

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців,
виробників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.