

УДК 621.914.1

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-4(18)-74-84

Володимир Винник

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ КУЛАЧКІВ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ ОРІЄНТОВАНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Актуальність теми дослідження. В умовах високої конкуренції в машинобудуванні виробництво стає більш наукоємним. Актуальним науково-практичним завданням у машинобудуванні, автомобілебудуванні та текстильній промисловості є забезпечення високої точності та продуктивності обробки кулачків розподільних валів та кулачків текстильних машин.

Постановка проблеми. Для забезпечення високої точності та продуктивності обробки криволінійних поверхонь кулачків необхідно застосовувати нові високоефективні способи обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розглянуто способи обробки деталей орієнтованими інструментами. Наведено тривимірне моделювання інструментальної поверхні, процесів зняття припуску та формоутворення при обробці криволінійних поверхонь кулачків.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність аналізу досліджень процесу обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів та кулачків текстильних машин.

Постановка завдання. Проаналізувати способи обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів і кулачків текстильних машин зі схрещеними осями інструмента та деталі.

Виклад основного матеріалу. Розглянуто способи обробки криволінійних поверхонь деталей. Обробка криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів здійснюється за один або декілька проходів фрезою або шліфувальним кругом. Найбільш ефективними способами обробки кулачків розподільних валів є шліфування та фрезерування орієнтованими інструментами за один установ.

Висновки відповідно до статті. У роботі проаналізовано способи шліфування та фрезерування деталей. Для забезпечення високої точності та продуктивності обробки запропоновано використовувати спосіб фрезерування криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів і текстильних машин на верстатах з ЧПК зі схрещеними осями фрези та деталі, де за один прохід відбувається чорнове й чистове фрезерування всіх кулачків.

Ключові слова: обробка; орієнтований інструмент; кулачок розподільного вала; кулачок текстильної машини; моделювання; формоутворення.

Рис.: 10. Бібл.: 16.

Актуальність теми дослідження. Різноманітні деталі, що виготовляють на машинобудівних, автомобілебудівних, текстильних та інших підприємствах, мають криволінійні робочі поверхні. До таких деталей відносяться, наприклад, кулачки розподільних валів. Забезпечення високої точності та якості криволінійних поверхонь складного профілю, а також їх продуктивності обробки є актуальним завданням.

Постановка проблеми. При забезпеченні високих вимог до точності розмірів та якості поверхневого шару відповідальних криволінійних поверхонь деталей необхідно звертати особливу увагу на їх фінішну обробку. Аналіз відомих методів обробки криволінійних поверхонь розподільних валів сприятиме розробці нових високоефективних способів обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес обробки криволінійних поверхонь деталей досліджували В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, А. І. Грабченко, Ервін Юнкер, Георг Химмельсбах та інші.

У роботах [1; 2] розглянуто спосіб шліфування зі схрещеними осями інструмента та деталі, а також тривимірне моделювання обробки та формоутворення поверхонь деталей із профілем у вигляді дуги кола.

У роботі [3] наведено спеціалізоване шліфувальне обладнання для обробки кулачків розподільних валів.

Модульне тривимірне моделювання процесу обробки криволінійних поверхонь деталей наведено в роботі [4].

У патенті [5] наведено спосіб шліфування кулачків розподільного вала, що мають увігнуті бічні сторони. У цьому способі шліфування профілю кулачка обробка здійснюється трьома шліфувальними кругами.

Ервін Юнкер та Георг Химмельсбах розробили спосіб шліфування кулачків розподільного вала [6], в якому шліфування профілю кулачка здійснюється двома шліфувальними кругами.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

У патенті [7] М. В. Сурди, Е. В. Подольського, А. О. Тареліна, О. Ф. Горбачова розглядається спосіб одночасного шліфування кулачків розподільних валів.

У роботах [8-11] описані шліфувальні верстати для обробки ступінчастих, колінчастих, розподільних валів та сам процес обробки цих деталей. Шліфування всіх поверхонь деталей здійснюється орієнтованим інструментом за один установ.

У статті [12] та патенті [13] описано спосіб шліфування розподільних валів за один установ орієнтованим інструментом. Наведено тривимірне геометричне моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення кулачків розподільних валів.

У роботі [14] досліджено процес фрезерування ступінчастого вала орієнтованою фрезою, розроблено новий спосіб фрезерування циліндричної поверхні вала, де чорнова обробка здійснюється торцевою поверхнею фрези та периферією зуба, а чистове фрезерування – периферією.

У статтях [15; 16] описано способи фрезерування кулачків розподільних валів за один установ орієнтованим інструментом, наведено тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску та формоутворення поверхонь кулачків.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутній аналіз методів обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є аналіз методів обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів, що дозволить визначити найбільш оптимальний.

Виклад основного матеріалу. У роботах [1; 2] розглянуто спосіб шліфування зі схрещеними осями інструмента та деталі. Обробка поверхонь деталей, що мають криволінійний профіль, здійснюється орієнтованим шліфувальним кругом. Також розроблено тривимірне моделювання обробки та формоутворення поверхонь деталей із профілем у вигляді дуги кола.

На заводі ПАТ «Харверст» [3] виготовляють спеціальні круглошліфувальні верстати (рис. 1, а) для обробки кулачків розподільних валів. Ці верстати призначені для послідовного врізного шліфування за напівавтоматичним циклом (рис. 1, б) в умовах одиничного, серійного та масового виробництва.

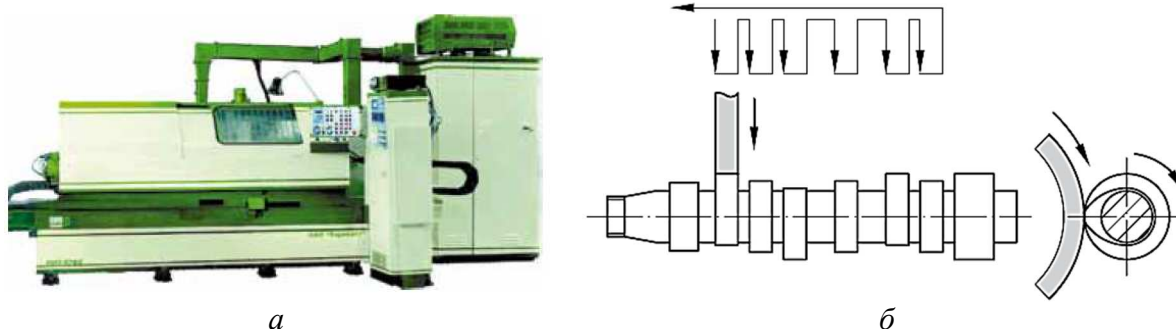


Рис. 1. Спеціальний круглошліфувальний верстат (а) та напівавтоматичний цикл обробки (б) кулачків розподільного вала

У роботі [4] запропоновано модульне тривимірне моделювання інструментів, деталей та процесу обробки криволінійних поверхонь деталей. Підвищення ефективності забезпечується за рахунок схрещування осей інструмента й деталі.

У патенті [5] Ервіна Юнкера розглядається спосіб шліфування кулачків розподільного вала, які мають увігнуті бічні сторони. Обробка профілю кулачка здійснюється трьома шліфувальними кругами.

На рис. 2, а зображена перша операція, де перший шліфувальний круг 7 обробляє вихідний 3 та проміжний 4 контури кулачка 1. Перший шліфувальний круг має порівняно великий діаметр, наприклад 400 мм, внаслідок чого не можна обробити

увігнуті бічні сторони кулачка. Для чистового шліфування (рис. 2, б) застосовується другий шліфувальний круг 9 меншого діаметра.

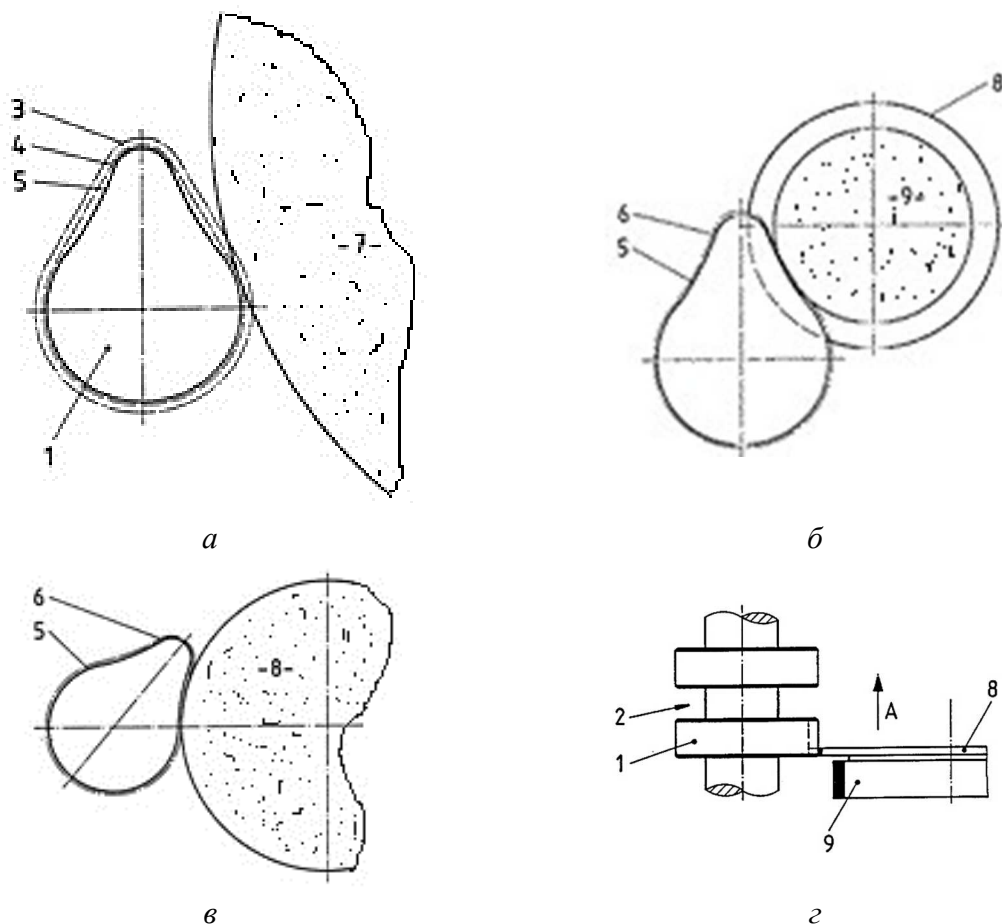


Рис. 2. Схема обробки кулачка розподільного вала з увігнутими боковими поверхнями: а – вихідного 3 та проміжного 4 контуру кулачка; б – чистового шліфування кулачка; в, г – увігнутих бічних поверхонь на проміжному контурі кулачка; 1 – кулачок; 2 – розподільний вал; 3, 4, 6 – вихідний та проміжні контури кулачка; 5 – кінцевий контур кулачка; 7, 8, 9 – шліфувальні круги для чорнового та чистового шліфування

Шліфування увігнутих бічних поверхонь на проміжному контурі кулачка зображено на рис. 2, в, г. Увігнуті бічні поверхні обробляються третім шліфувальним кругом 8 (рис. 2, в), діаметр якого відповідає увігнутості профілю проміжного контуру 6. Висота шліфувального круга 8 (рис. 2, г) менша за довжину кулачка, тому шліфування проміжного контуру 6 здійснюється таким чином, що при радіально нерухомому кулачку 1 контур шліфується з поздовжньою подачею в напрямку, показаному стрілкою А.

У патенті [6] Ервіна Юнкера та Георга Хіммельсбаха також розглядається спосіб шліфування кулачків розподільного вала. Обробка профілю кулачка здійснюється двома шліфувальними кругами для чорнового та чистового шліфування.

Висота чорнового шліфувального круга 1 (рис. 3, а) більша, ніж довжина кулачка 2. Інструмент має дві кільцеві канавки 3, які розширюються всередину, тому між бортами канавки 3 і ребрами 4, що залишаються при шліфуванні, є вільний простір, в який подається охолоджувальна рідина. Абразивний шар 5 переривається канавками 3. З рис. 3, г видно, що за рахунок канавок шліфувального круга обробляється лише частина профілю кулачка. Це зменшує температуру в зоні обробки та дає можливість подачі МОТС. Після чого відбувається чистова обробка шліфувальним кругом 9.

Під час обробки кулачка 2 шліфуються також його ліва (рис 3, б) та права (рис. 3, в) фаски б. Для цього чорновий шліфувальний круг 1 має кромки 7 та 8, які виступають та в перерізі мають трикутну форму, а їх нахил відповідає необхідному профілю фасок б.

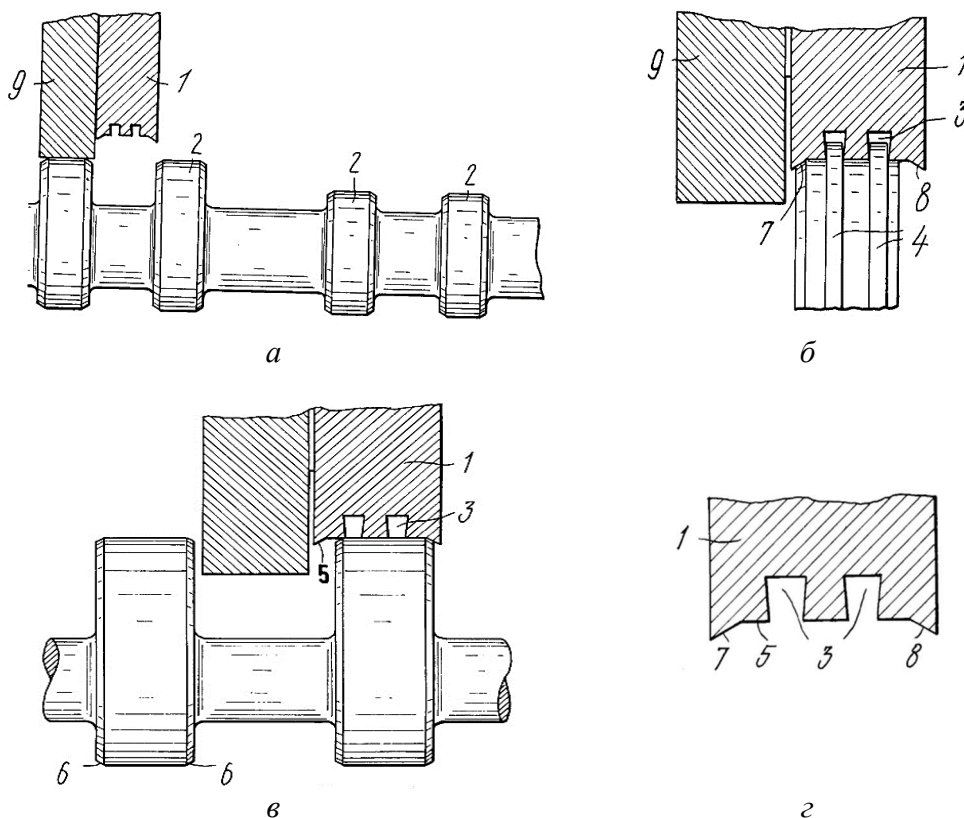


Рис. 3. Схема обробки кулачків розподільного вала двома шліфувальними кругами:
 а – схема обробки кулачка, б, в – обробка кулачка чорновим шліфувальним кругом,
 г – переріз робочої поверхні чорнового шліфувального круга, д – перехід від чорнового шліфування до чистового; 1 – чорновий шліфувальний круг; 2 – кулачок; 3 – кільцеві канавки; 4 – ребра;
 5 – абразивний шар; 6 – фаски; 7, 8 – кромки; 9 – чистовий шліфувальний круг

У патенті [7] М. В. Сурди, Е. В. Подольського, А. О. Тареліна, О. Ф. Горбачова розглядається спосіб шліфування одразу декількох кулачків розподільних валів.

Пристрій для реалізації запропонованого способу обробки криволінійних поверхонь виробів складається з абразивного інструмента 1 (рис. 4, а), встановленого на станині з можливістю подачі його на врізання у виріб 2, який закріплений на шпинделі планетарного пристрою, змонтованого на рухомій каретці 4. Каретка 4 встановлена на поворотному барабані 5 з можливістю переміщення в площині, перпендикулярній до осі переміщення виробу 2 за круговою траєкторії притисненого пружиною б кулачка 7, зв'язаного за допомогою ролика 8 з кареткою 4 завдяки пружині 9. Кулачок 7 встановлено на поворотному барабані 5 з можливістю зворотно-поступального переміщення в напрямку осі О-О, наприклад, за допомогою силового гідроциліндра через штовхач 10. Поворотний барабан 5 встановлений на шпинделі 11 передньої бабки круглошліфувального верстата, і кінематично пов'язаний із приводом обертання (на схемі не показаний) за допомогою повідка 12. Обертання виробу 2 навколо планетарної осі забезпечується приводом 13, робота якого синхронізується з роботою привода обертання поворотного барабана 5.

Заготовки кулачкових валів 2 закріплюються в кожному шпинделі 3 та рівномірно розподілені по периметру поворотного барабана 5 планетарного пристрою. Заготовки закріплюються в певному вихідному кутовому положенні так, що при контакті з абразивним інструментом 1 відбувається обробка ідентичних ділянок кожного виробу.

Після закріплення виробів поворотний барабан 5 обертається, а вироби 2 нерухомі або обертаються з кутовою швидкістю, кратною кутовій швидкості кругового обертання поворотного барабана 5. У цей момент відбувається подача інструмента 1 на врізання і здійснюється врізання на всю величину припуску, що знімається.

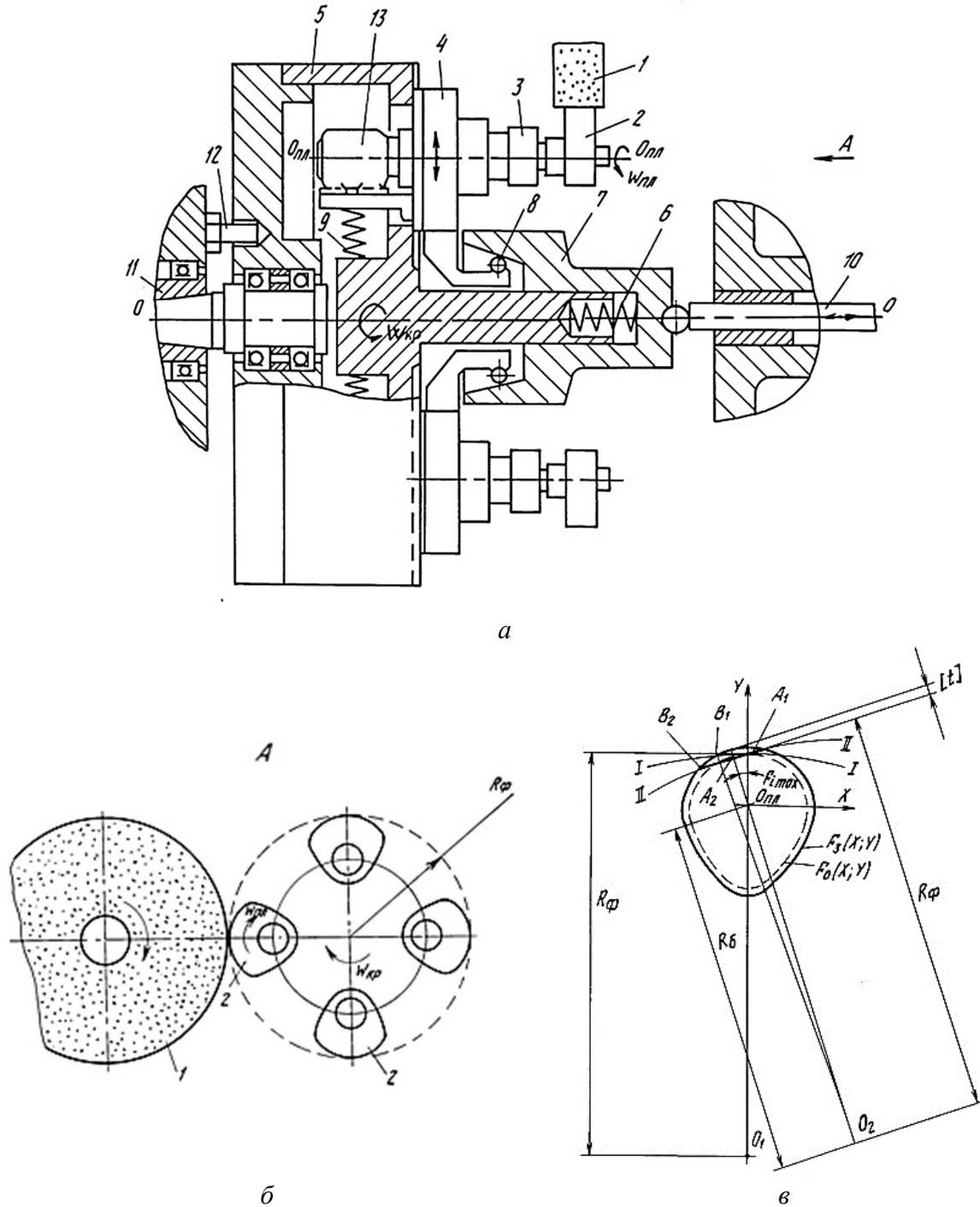


Рис. 4. Схема обробки кулачків розподільних валів:

а – схема пристрою для реалізації даного способу, б – вид А, в – умовна схема для розрахунку значення кута повороту виробу навколо планетарної осі за час одного повороту навколо осі переміщення виробу по круговій траєкторії; 1 – абразивний інструмент; 2 – оброблювані деталі; 3 – шпиндель; 4 – каретка; 5 – поворотний барабан; 6 – пружина; 7 – кулачок; 8 – ролик; 9 – пружина; 10 – штовхач; 11 – шпиндель; 12 – повідок; 13 – привод

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

У роботах [8-11] описані розроблені фірмою Junker верстати для обробки ступінчастих, колінчастих, розподільних валів та сам процес шліфування цих деталей. Обробка всіх поверхонь деталей здійснюється орієнтованим інструментом за один установ. При обробці кулачків (рис. 5) шліфувальний круг здійснює зворотно-поступальний рух в площині, яка проходить через вісь обертання розподільного вала та інструмента.

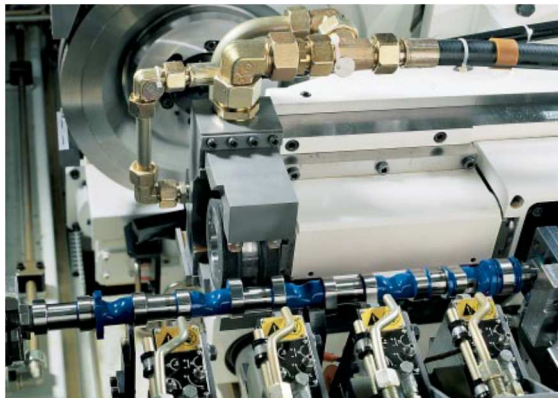


Рис. 5. Шліфування кулачків розподільного вала на верстаті фірми Junker

У статті [12] та патенті [13] описано спосіб шліфування розподільних валів за один установ орієнтованим інструментом, наведено тривимірне геометричне моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення кулачків розподільних валів.

На рис. 6 наведена схема способу глибинного шліфування розподільного вала 1 орієнтованим інструментом 2. Чорновий припуск знімається торцем круга за рахунок позовдільного переміщення, а чистове шліфування кулачків виконується його периферією.

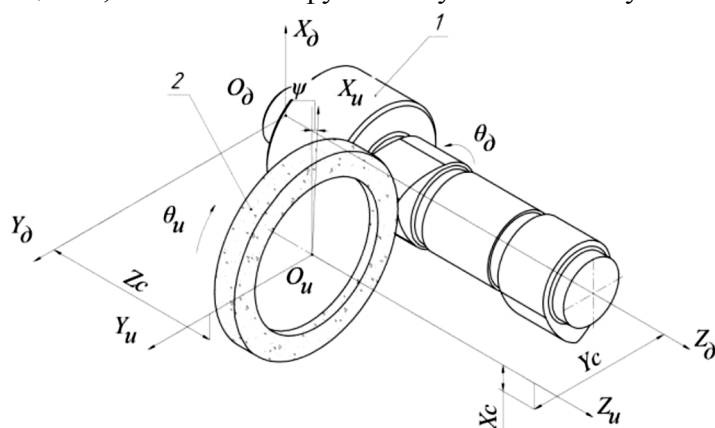


Рис. 6. Розрахункова схема шліфування розподільного вала:
1 – розподільний вал, 2 – шліфувальний круг

При обертанні розподільного вала на кут ψ точка контакту круга з деталлю переміщується, за рахунок синхронних вертикального і поперечного рухів інструмента вона завжди знаходиться в горизонтальній площині, яка проходить через вісь обертання круга та центр кривизни деталі. Це забезпечує постійну глибину різання вздовж контуру. Нерівномірне обертання стабілізує подачу вздовж контуру в порівнянні з методом обробки з рівномірним обертанням розподільного вала.

Дослідження процесу фрезерування ступінчастого вала орієнтованою фрезою наведено в роботі [14]. Розроблено новий спосіб фрезерування циліндричної поверхні вала, де чорнова обробка здійснюється торцевою поверхнею фрези та периферією зуба, а чистове фрезерування – периферією. Проведено тривимірне моделювання інструмента, процесів зняття припуску та формоутворення. На основі аналізу розроблених моделей досліджено основні характеристики процесу обробки орієнтованою фрезою.

У статті [15] описано спосіб чистового фрезерування кулачків розподільних валів за один установ орієнтованим інструментом, наведено тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску та формоутворення кулачків розподільних валів.

На рис. 7, а наведена схема обробки розподільного вала 2 повернутою на кут β фрезою 1, переріз А-А зображено на рис. 7, б. При чистовій обробці зрізання всього припуску t відбувається периферією фрези. Для забезпечення роботи всієї периферії фрези вісь її повороту знаходиться в точці А.

Постійна глибина різання та подача вздовж контуру забезпечуються за рахунок синхронних вертикального і поперечного рухів інструмента та нерівномірного обертання кулачка.

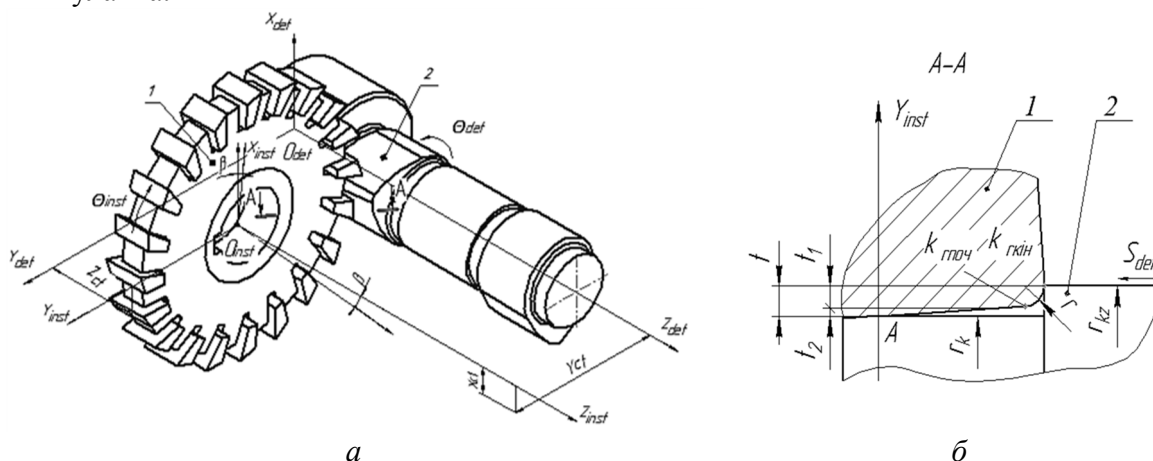


Рис. 7. Схема фрезерування кулачка розподільного вала зі схрещеними осями інструмента та деталі: 1 – фреза; 2 – розподільний вал

У статті [16] описано спосіб фрезерування кулачків розподільних валів, де чорнова та чистова обробка відбуваються за один установ орієнтованим інструментом. Наведено тривимірне геометричне моделювання процесів зняття припуску та формоутворення кулачків розподільних валів.

Розрахункова схема обробки аналогічна описана в статті [15]. Осьовий переріз при обробці кулачків розподільних валів, де чорнове та чистове фрезерування здійснюється за один установ, зображений на рис. 8. Чорновий припуск зрізується торцевою поверхнею фрези та периферією зуба, а чистова обробка здійснюється периферією. При цьому вісь повороту інструмента знаходиться в точці А для забезпечення роботи всієї периферії.

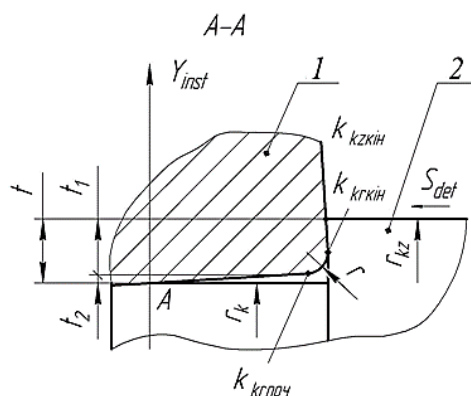


Рис. 8. Розріз А-А зуба фрези при обробці кулачка розподільного вала зі схрещеними осями інструмента та деталі: 1 – фреза; 2 – розподільний вал

При повороті розподільного вала 2 на кут Θ_{det} (рис. 9, а, б) точка контакту 3 інструмента 1 з кулачком розподільного вала 2 переміщується за рахунок синхронних поперечного і вертикального рухів фрези S_{inst} . Точка контакту завжди знаходиться в горизонтальній площині, яка проходить через вісь обертання фрези та центр кривизни дуги кулачка. Кулачок обертається зі змінною швидкістю, що забезпечує постійну глибину різання та подачу вздовж контуру.

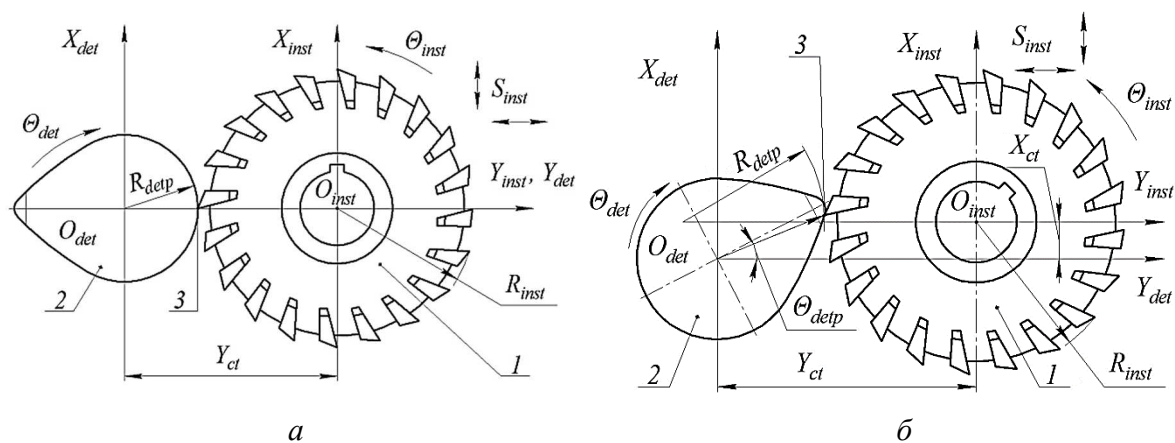


Рис. 9. Схема обробки кулачка:

1 – фреза; 2 – розподільний вал; 3 – точка контакту інструмента з кулачком розподільного вала
Тривимірна модель кулачка розподільного вала зображена на рис. 10.

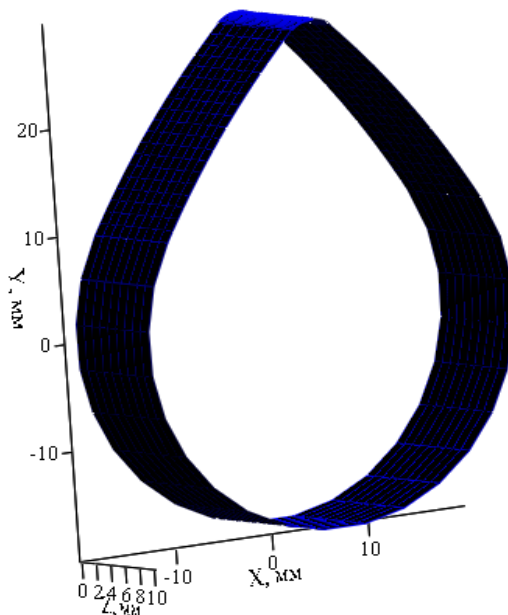


Рис. 10. 3D-модель поверхні кулачка розподільного вала

Висновки відповідно до статті. Розподільні вали двигунів, машин і механізмів є досить поширеними деталями, які мають високі вимоги до точності та якості поверхонь. У роботі розглянуто різноманітні способи обробки таких деталей.

Аналіз літературних джерел показав, що продуктивними способами обробки криволінійних поверхонь деталей є шліфування та фрезерування. Для забезпечення високої точності та продуктивності обробки криволінійних поверхонь кулачків розподільних валів доцільно використовувати фрезерування на верстатах з ЧПК зі схрещеними осями фрези та деталі, де за один прохід здійснюється чорнова та чистова обробка всіх кулачків.

Список використаних джерел

1. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boyko S. V., Sira N. M. Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica*. 2017. Vol. 11, No. 1 (39) P. 58–63. DOI: 10.1515/ama-2017-0009.
2. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boyko S. V. Crossing axes of workpiece and tool at grinding of the circular trough with variable profile. *Acta Mechanica et Automatica*. 2018. Vol. 12, No. 4, P. 281–285. DOI 10.2478/ama-2018-0043.
3. Шлифовальные станки завод «Харверст». Харьковский станкостроительный завод «Харверст». Харьков, 20 с. URL: www.harverst.com.ua.
4. Грабченко А. И., Кальченко В. И., Кальченко В. В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография. Чернигов: ЧДТУ, 2009. 256 с.
5. Патент № 2138384 РФ, МПК В24В19/12. Способ шлифования кулачков с вогнутым профилем и устройство для его осуществления / Эрвин Юнкер (DE); заявл. 26.06.1995; опубл. 27.09.1999.
6. Патент № 2043906 РФ, МПК В24В19/12. Способ шлифования наружной поверхности цилиндрических заготовок и устройство для его осуществления / Эрвин Юнкер (DE), Георг Химмельсбах (DE); заявл. 31.01.1992; опубл. 20.09.1995.
7. Патент № 2080238 РФ, МПК В24В19/12. Способ обработки криволинейных поверхностей изделий / Сурду Н.В. (UA), Подольский Э.В. (UA), Тарелин А.А. (UA), Горбачев А.Ф. (UA); заявл. 05.10.1992, опубл. 27.05.1997.
8. Шлифование распределительных валов кругами из кубического нитрида бора. *Проспект фирмы «Junker maschinen» на станки «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany, 2006. 8 с. URL: www.junker-group.com.
9. High-performance CBN Grinding. *Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCENTER 6L CRANK», «JUCENTER 6L CAM», «JUCENTER 6L SHAFT»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany, 2008. 8 p. URL: www.junker-group.com.
10. CBN crankshaft grinding. *Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCRANK 1000», «JUCRANK 3000», «JUCRANK 5000», «JUCRANK 6S/L/XL»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany, 2012. 12 p. URL: www.junker-group.com.
11. CAM GRINDING. *Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCAM 1S», «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6XS», «JUCAM 6S», «JUCAM 6L», «JUCAM 6XL»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany, 2017. 12 p. URL: www.junker-group.com.
12. Кальченко В. І., Кальченко Д. В., Следнікова О. С. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями розподільного вала і круг. *Резание и инструмент в технологических системах*. Харьков, 2015 Вып. 85. С. 98–106.
13. Пат. №105101 Україна, МПК В24В5/16. Спосіб шліфування опорних шийок та кулачків розподільного вала за один установ / Кальченко В. І., Кальченко Д. В., Следнікова О. С. заявник та патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. № 201506791; заявл. 09.07.2015; опубл. 10.03.2016. Бюл. № 5.
14. Кальченко В. В., Сіра Н. М., Кальченко Д. В., Аксьонова О. О. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями інструмента та вала. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2018. № 4 (14). С. 18–27.
15. Следнікова О. С., Винник В. О., Скляр В. М., Аксьонова О. О. Модульне 3D моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при фрезеруванні кулачків зі схрещеними осями інструмента та деталі. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2019. № 1 (15). С. 53–62.
16. Следнікова О. С., Винник В. О., Скляр В. М., Аксьонова О. О. Модульне тривимірне моделювання процесів зняття припуску та формоутворення при фрезеруванні кулачків орієнтованим інструментом. *Технічні науки та технології: науковий журнал*. 2019. № 2 (16). С. 34-43.

References

1. Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M., & Boyko, S. V. (2017). Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta Mechanica et Automatica*, 11 (1 (39)), 58-63 [in English].
2. Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M., Boyko, S.V. (2018). Crossing axes of workpiece and tool at grinding of the circular trough with variable profile. *Acta Mechanica et Automatica*, 12 (4), 281–285 [in English].
3. *Shlifovalnye stanki zavod «Kharverst» [Grinding machines Plant Harverst]*. Kharkiv. Retrieved from www.harverst.com.ua.
4. Grabchenko, A. I., Kalchenko, V. I. & Kalchenko, V. V. (2009). *Shlifovanie so skreshhivayushhimisya osyami instrumenta i detail [Grinding with crossed axes of tool and workpiece]*. Chernigov: ChDTU [in Russian].
5. Erwin Junker (DE) (1999). Sposob shlifovaniia kulachkov s vognutym profilem i ustroistvo dlia ego osushchestvleniia [A method of grinding cams with a concave profile and a device for its implementation]. Patent № 2138384 RF, MPK B24B19/12 [in Russian].
6. Erwin Junker (DE), Georg Himmelsbach (DE) (1995). Sposob shlifovaniia naruzhnoi poverkhnosti teilyndricheskikh zagotovok i ustroistvo dlia ego osushchestvleniia [A method of grinding the outer surface of cylindrical workpieces and a device for its implementation]. Patent № 2043906 RF, MPK B24B19/12 [in Russian].
7. Surdu N.V. (UA), Podolsky E.V. (UA), Tarelin A.A. (UA), Gorbachev A.F. (UA) (1997). Sposob obrabotki krivolineinykh poverkhnostei izdelii [The method of processing curved surfaces of products]. Patent № 2080238 RF, MPK B24B19/12 [in Russian].
8. Shlifovanie raspredelitelnykh valov krugami iz kubicheskogo nitrida bora [Grinding camshafts with cubic boron nitride circles] (2006). *Prospekt firmy «Junker maschinen» na stanki «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000» – Prospectus of the company «Junker maschinen» on machine tools «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6000»*. Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany [in Russian]. URL: www.junker-group.com.
9. High-performance CBN Grinding (2008). Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCENTER 6L CRANK», «JUCENTER 6L CAM», «JUCENTER 6L SHAFT». Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany [in English]. Retrieved from www.junker-group.com.
10. CBN crankshaft grinding (2012). Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCRANK 1000», «JUCRANK 3000», «JUCRANK 5000», «JUCRANK 6S/L/XL». Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany [in Germany]. URL: www.junker-group.com.
11. CAM GRINDING (2017). Prospect firm «Junker maschinen» on machines «JUCAM 1S», «JUCAM 1000», «JUCAM 3000», «JUCAM 5000», «JUCAM 6XS», «JUCAM 6S», «JUCAM 6L», «JUCAM 6XL». Erwin Junker. Maschinen fabric GmbH, Junkerstraße 2. 77787 Nordrash. Germany. [in Germany]. Retrieved from www.junker-group.com.
12. Kalchenko, V. I., Kalchenko, D. V., Sliednikova, O. S (2015). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry shlifuvanni zi skhreshchenymy osiamy rozpodilchoho vala i kruha [Modular 3D-modeling tools, process and removal allowance forming in grinding with crossed axes and circular distribution shaft]. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh – Cutting & tool in technological system*, 85, 98-106 [in Ukrainian].
13. Kalchenko, V.I., Kalchenko, D.V., Sliednikova, O.S. (2016). Sposib shlifuvannia opornykh shyiok ta kulachkiv rozpodilchoho vala za odyin ustanov [The method of grinding the camshafts and camshafts for one establishment]. Patent № 105101. UA, MPK B24B5/16 [in Ukrainian].
14. Kalchenko, V. V., Sira N. M. & Kalchenko, D. V. (2018). Doslidzhennia protsesu frezeruvannia tsylindrychnykh poverkhon zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta vala [Investigation of the milling cylindrical surfaces process with tool and shaft crossed axes]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 4 (14), 18–17 [in Ukrainian].
15. Sliednikova, O. S, Vynnyk, V. O. & Sklyar V. M. (2019). Modulne 3D-modeliuvannia instrumentiv, protsesu zniattia pryusku ta formoutvorennia pry frezeruvanni kulachkiv zi skhreshchenymy

osiamy instrumenta ta detali [Modular 3D modeling of tools, process of adaptation removal and forming at milling the cams with crossing tools and details]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1 (15), 53-62 [in Ukrainian].

16. Sliednikova, O.S, Vynnyk, V.O. & Sklyar V.M. (2019). Modulne tryvymirne modeliuvannya protsesiv zniattia pryvysku ta formoutvorennia pry frezeruvanni kulachkiv oriientovanyim instrumentom [Modular three-dimensional modeling of the process of removal of the allowance and formation during the milling of cams oriented tool] *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 2 (16), 34-43 [in Ukrainian].

UDC 621.914.1

Volodymyr Vynnyk

ANALYSIS OF METHODS OF PROCESSING CURVINAL SURFACES OF CAMSHAFTS WITH DISTRIBUTED SHAFT ORIENTED TOOLS

Urgency of the research. In conditions of high competition in mechanical engineering, production becomes more knowledge-intensive. An urgent scientific and practical task in the engineering, automotive and textile industries is to ensure the high precision and productivity of machining camshaft cam and cam machine cam.

Target setting. New high-efficiency machining techniques must be used to ensure the high accuracy and performance of curved cam surfaces.

Actual scientific researches and issues analysis. Methods of machining parts by tool oriented are discussed. The three-dimensional modeling of the tool surface, the processes of removal of the allowance and the formation during the processing of curved surfaces of the cams are presented.

Uninvestigated parts of general matters defining. Lack of analysis of studies of the process of processing curvilinear surfaces of camshaft cam and cam textile machines.

The research objective. Analyze ways of machining curved surfaces of camshaft cam and textile machine cam with crossed tool axes and parts.

The statement of basic materials. Methods of processing curved surfaces of parts are considered. The curvature of the camshaft cam surfaces are machined in one or more passes with a milling cutter or grinding wheel. The most effective ways of machining camshafts are grinding and milling oriented tools in one go.

Conclusions. The methods of grinding and milling of parts are analyzed in the work. To ensure high accuracy and processing efficiency, it is suggested to use a method of milling curvilinear surfaces of camshafts and textile machines on CNC machines with crossed axes of milling cutters and parts where rough and milling of all cams occurs in one pass.

Keywords: processing; oriented tool; camshaft cam; cam textile machine; modeling; shaping.

Fig.: 10. References: 16.

Винник Володимир Олександрович – аспірант Чернігівського національного технологічного університету (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Vynnyk Volodymyr – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vowavynnyk7@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4179-5765>

ResearcherID: F-8938-2016