

Перед початком процесу різання абразивними зернами відбувається доволі довготривале ковзання різальної 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 процес зняття стружки, існує критерій, який представляє собою відношення глибини врізання до радіусу заокруглення вершини різальної кромки ( $a_z / \rho$ ). Тому на якість і точність поверхні деталі впливає не лише безпосередньо процес різання, а й пластичне деформування металу.

Відповідно до [2] різання металу відбувається в процесі поступового проникнення різальної кромки зерна в поверхню деталі. Спочатку пружне ковзання вершини зерна змінюється пластичним зсувом металу з утворенням напливів та зрізання шару металу при досягненні критичної глибини різання.

Згідно із [3], лише 1/3 від загальної кількості зерен, що знаходиться у шліфувальному крузі, буде витратитися на різання деталі. Робота іншої частини зерен буде витратитися на пружну та пластичну деформації деталі, тертя та перетворення в теплову енергію.

На рисунку 1 зображено 3D модель процесу різання одиничним абразивним зерном. Для побудови даної моделі було застосовано комп'ютерне моделювання та результати досліджень, що наведені у роботах [4,5].

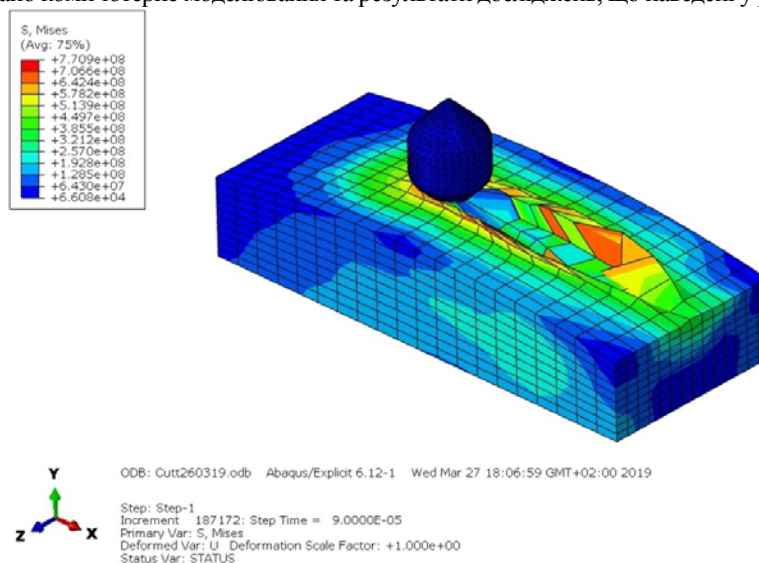


Рис. 1. 3D модель процесу різання одиничним абразивним зерном.

#### Список використаних джерел

1. Филимонов Л.Н. Высокоскоростное шлифование [Текст] / Л.Н. Филимонов- Л.: Машиностроение, 1979, 248 с.
2. Кальченко В.И. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом [Текст] / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко// Сверхтвердые материалы. – К. : Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2012. – № 2 (196). – С. 58–73.
3. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования материалов [Текст] / А. К. Байкалов.– К.: Наукова думка, 1978. – 207 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.И. Дослідження сил різання одиничного абразивного зерна при шліфуванні зі схрещеними осями круга та деталі [Текст] / В.И. Кальченко, В.В. Кальченко, Н.М. Сіра, Я.В. Кужельний // Технічні науки та технології. – 2018. – №2 (12). – С. 59–68.

УДК 621.923.42

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЧИСТОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ ІНСТРУМЕНТА ТА ДЕТАЛІ

**Аксьонова О.О.**, асистент кафедри АТ та ГМ

Наукові керівники: **Кальченко В.І.**, д.т.н., проф., зав. каф. АТ та ГМ,

**Сіра Н.М.**, к.т.н., доцент каф. АТ та ГМ

Велику кількість продукції, яку виготовляють машинобудівні підприємства можна віднести до групи тіл обертання, зокрема циліндричних поверхонь. Забезпечення високих показників якості та точності оброблених поверхонь є однією з головних тенденцій сучасного машинобудування.

Одним із способів обробки зовнішніх циліндричних поверхонь є фрезерування, що використовується при обробці гальмівних колодок, розподільчих валів, поршневого пальця тощо. Впровадження нових способів, дослідження та вдосконалення вже існуючих способів обробки циліндричних деталей сприятиме підвищенню продуктивності фрезерування та забезпеченню точності та якості поверхонь, які обробляються.

Схема процесу фрезерування зі схрещеними на кут  $\gamma$  осями вала 1 та фрези 2, представлена на рис. 1.

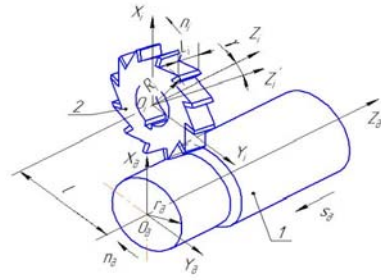


Рис. 1. Схема фрезерування циліндричного вала зі схрещеними осями інструмента та деталі

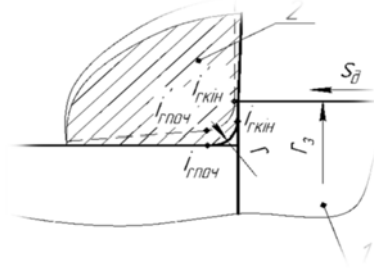


Рис. 2. Схема для визначення кута схрещення осей інструмента та деталі

Задамо 3-D модель інструментальної поверхні циліндричним модулем формоутворення із врахуванням зміни положення координати  $Z_i$  вздовж профілю різальної кромки фрези та кутом її повороту  $\alpha_i$  навколо осі  $OZ_i$  (рис. 1):

$$\bar{R}_i = M^{C i}_{Z_i \cdot \alpha_i \cdot R_i} \cdot \bar{e}_4, \quad (1)$$

де  $\bar{R}_i$  – радіус-вектор точок інструменту;  $M^{C i}_{Z_i \cdot \alpha_i \cdot R_i}$  – циліндричний модуль формоутворення інструменту;  $\bar{e}_4$  – радіус-вектор початкової координати.

Циліндричний модуль формоутворення поверхні фрези описується як добуток матриць переміщень  $M_2, M_3$  вздовж осей  $Y_i$  та  $Z_i$  відповідно та матриці повороту  $M_6$  навколо осі  $O_i Z_i$ :

$$M^{C i}_{Z_i \cdot \alpha_i \cdot R_i} = M_3(Z_i) \cdot M_6(\alpha) \cdot M_2(R_i), \quad (2)$$

де  $Z_i = 0 \cdot L_i$  – лінійна координата вздовж периферії різальної кромки фрези, яка змінюється від 0 до значення ширини інструмента  $L_i$ ;  $R_i$  – зовнішній радіус фрези;  $\alpha_i = 0 \dots 2\pi$  – кутова координата вздовж профілю фрези.

Поверхня обробленої деталі представлена добутком радіус-вектора фрези, модуля її орієнтації в системі координат вала та модуля формоутворення деталі:

$$\bar{R}_\delta = M^C_{Z_\delta \cdot \delta \cdot l} \cdot M^S_{\gamma \cdot \chi} \cdot \bar{R}_i = M_3(Z_\delta) \cdot M_6(\beta_\delta) \cdot M_2(l) \cdot M_4(\gamma) \cdot M_5(\chi), \quad (3)$$

де  $M^C_{Z_\delta \cdot \delta \cdot l} = M_3(Z_\delta) \cdot M_6(\beta_\delta) \cdot M_2(l)$  – циліндричний модуль, який описує рух інструмента відносно деталі;  $Z_\delta$  – подача деталі вздовж вісі  $O_\delta Z_\delta$ ;  $\beta_\delta$  – кут повороту деталі;  $l$  – міжосьова відстань вала та інструмента;  $M^S_{\gamma \cdot \chi} = M_4(\alpha) \cdot M_5(\chi)$  – сферичний модуль орієнтації фрези в системі координат деталі;  $\chi$  – кут повороту фрези в системі координат вала;  $\gamma$  – кут схрещення осей інструмента та деталі.

Із урахуванням рівнянь (1) та (3) оброблена циліндрична поверхня при фрезеруванні зі схрещеними осями інструмента та деталі матиме вигляд:

$$\bar{R}_\delta = M^C_{Z_\delta \cdot \delta \cdot l} \cdot M^S_{\gamma \cdot \chi} \cdot M^{C i}_{Z_i \cdot \alpha_i \cdot R_i} \cdot \bar{e}_4. \quad (4)$$

Чистове фрезерування здійснюється при куті схрещення  $\gamma$  осей фрези та деталі, який забезпечує повне завантаження периферії різальної кромки інструмента. Отже, інструмент 2 (рис. 2) необхідно перемістити так, щоб кінцева точка  $i_{ркін}$  заокруглення периферії різальної кромки фрези знаходилася на радіусі  $r_z$  заготовки 1.

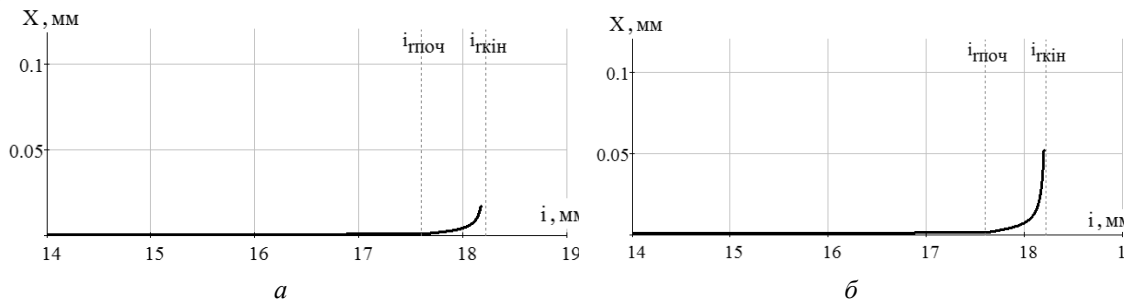


Рис. 3. Лінія контакту інструмента та деталі при різних кутах схрещування їх осей

Аналіз отриманих ліній контакту різальної кромки фрези та циліндричного вала при кутах схрещування їх осей  $\gamma = 0,3^\circ$  (рис. 3, а),  $\gamma = 0,5^\circ$  (рис. 3, б) показав, що переміщення точки  $i_{ркін}$  в положення  $i'_{ркін}$  досягається збільшенням кута повороту інструмента.

При збільшенні кута повороту інструмента необхідно зменшувати подачу на оберт деталі, що в свою чергу зменшує продуктивність обробки. Тому з метою отримання високої продуктивності обробки при чистовому фрезеруванні циліндричного вала збільшуються числа його обертів. Висока стійкість різального інструменту при чистовій обробці забезпечується використанням фрез, оснащених пластинками з надтвердого матеріалу на основі кубічного нітриду бору, запропонованого в роботах [4,5].

В результаті проведених досліджень отримані графіки залежності величини відхилення від круглості  $\delta$  при фрезеруванні циліндричної поверхні від діаметру фрези  $D_{\phi}$  (рис. 4, а), кількості зубців  $z$  (рис. 4, б) та від частоти обертання інструменту  $\omega_{\phi}$  (рис. 4, в).

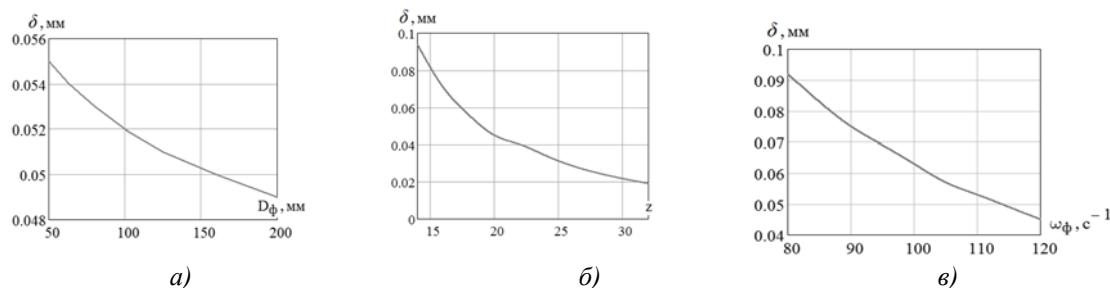


Рис. 4. Залежність відхилення від круглості  $\delta$  вала від діаметру фрези  $D_{\phi}$ , кількості зубців  $z$  та від частоти обертання  $\omega_{\phi}$

Запропонований новий спосіб фрезерування циліндричних поверхонь орієнтованим інструментом, де чистова обробка здійснюється тільки периферією. Розроблені модульні 3D моделі процесів формоутворення та зняття припуску при фрезеруванні орієнтованим інструментом. На основі отриманих моделей отримані рекомендації вибору кута орієнтації фрези. При чистовій обробці величина кута повороту інструмента вибирається із умов забезпечення повного завантаження периферії різальної кромки та необхідної шорсткості. Збільшення продуктивності обробки при чистовому фрезеруванні забезпечується збільшенням числа обертів деталі. Отримана залежність визначення площі шару металу, який зрізується різальними кромками, від кількості зубців фрези.

#### Список використаних джерел

1. Грабченко А.И., Кальченко В. И., Кальченко В.В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали (Монография). – Чернигов: ЧДТУ, 2009. – 256 с.
2. Кальченко В.І. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями циліндричного та ступінчастого вала і ельборового круга / В.І. Кальченко, В.В. Кальченко, Н.М. Сіра // Резание и инструмент в технологических системах : Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2016. – Вып. 86. – С. 36-48.
3. Кальченко В.И., Погиба Н.Н., Кальченко Д.В. Повышение производительности и точности шлифования со скрещивающимися осями эльборового круга и ступенчатого валика. // Резание и инструмент в технологических системах. Межд. научн.- техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – Вып. 80 – с. 131-140.
4. Разработка ПСТМ на основе КНБ для оснащения высокоэффективных режущих инструментов / С. А. Клименко [и др.] // Резание и инструмент в технологических системах – Cutting & tool in technological system : междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ "ХПИ", 2011. – Вып. 79. – С. 93-101.
5. Клименко С.А., Копейкина М.Ю., Клименко С.Ан., Манохин А.С. Концепция повышения работоспособности режущих инструментов из поликристаллических композитов на основе кубического нитрида бора. // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві, 2016. – Вип. 2(13). – С. 108-114.

УДК 629.3

## ІННОВАЦІЇ В ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЕБУДУВАННЯ

Шерештан С.О., студ. гр. МАТн-171, Любенко О.С., студ. гр. МАТн-171,

Нікітенко М.С., студ. гр. МАТн-171

Науковий керівник: Скляр В.М., асистент

Чернігівський національний технологічний університет

Технології розвиваються настільки швидко, що ми тільки і встигаємо захоплюватися ними, спостерігаючи реалізацію фантастичних ідей. Нові можливості автомобілів, сучасні розробки та передові технології сприяють покращенню умов управління автомобілем, підвищують безпеку, гарантують комфорт та всебічну інформативність про процеси та явища, що відбуваються довкола вашого транспортного засобу та безпосередньо в ньому. Розглянемо деякі з інноваційних технологій, які зараз і в найближчому майбутньому забезпечать вищенаведені характеристики.

Водіння в дощ або в сніг в темний час доби буває важко не тільки через мокру і слизьку дорогу, а й тому що фари автомобіля висвітлюють краплі або сніжинки замість дороги. Дослідники з університету Карнегі-Меллон розробили систему фар, що поєднує камеру, проектор, розділову призму і процесор, яка зменшує кількість крапель в полі зору водія. Камера виявляє краплі, процесор визначає їхнє майбутнє розташування, проектор в свою чергу «обходить» частинки, висвітлюючи тільки те, що знаходиться за