

допомогою параметра часу. Головним недоліком даного способу є тривалий контакт інструмента з поверхнею деталі, що призводить до значного підвищення температури у зоні обробки.

За прототип обрано спосіб обробки, при якому шліфування криволінійних поверхонь лопаток газотурбінних двигунів здійснюється двома алмазними кругами [5]. При використанні запропонованої схеми обробки подача на стрічку вибирається в залежності від необхідної шорсткості поверхні лопатки. Недоліком використання даного способу є наявність двох алмазних кругів, що збільшує технологічний час на налаштування та заміну інструмента, крім того зменшується точність обробки.

З метою забезпечення зростання продуктивності та якості обробки пера та замка турбінної лопатки запропоновано схему обробки (рис. 1), де шліфувальний круг обертається навколо власної осі, з метою здійснення головного руху різання, та виконує рух подачі у горизонтальному та вертикальному напрямках. В процесі обробки турбінна лопатка закріплюється в центрах та здійснює контрольовані повороти навколо власної осі, які узгоджені з рухом інструмента. При цьому шліфувальний круг повертають на деякий кут ψ , який змінюється вздовж профілю деталі, за рахунок чого відбувається перерозподіл знімаемого припуску та зменшення теплонапруженості процесу обробки. Схема умовного руху центру шліфувального круга відносно лопатки показана на рис. 1, б.

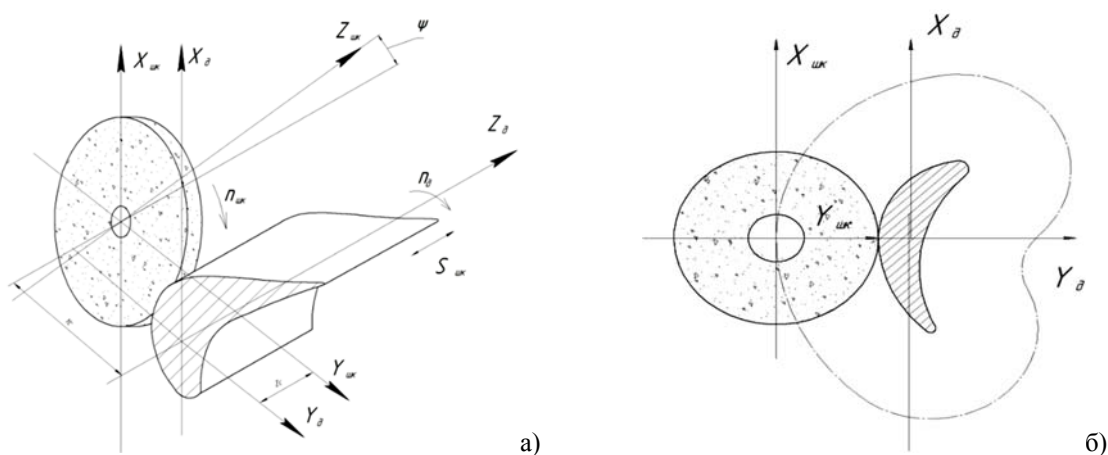


Рис. 1. Схема шліфування криволінійної поверхні пера турбінної лопатки

Список використаних джерел

1. Кальченко В.И. Шлифование криволинейных поверхностей крупногабаритных деталей / В.И. Кальченко. – М.: Машиностроение, 1979. – 161 с.
2. Кальченко В.И. Научные основы шлифования криволинейных поверхностей с управляемой ориентацией абразивного инструмента / Диссертация докт. техн. наук. Харьков: ХГПУ. – 1994. – 329 с.
3. Грабченко А.И., Кальченко В.И., Кальченко В.В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали (Монография). – Чернигов: ЧГТУ, 2009. – 356 с.
4. Патент RU Патент №2047467 Российская Федерация, МПК В24В. Способ шлифования пера и замка лопатки газовой турбины за один установ.
5. Патент UA №67147 України, МПК В24В 19/00. Спосіб шліфування криволінійних поверхонь лопаток газотурбінних двигунів двома алмазними кругами /Кальченко В.І., Кальченко В.В., Горовой П.С.; опубл. 10.02.2012, Бюл. №3.

УДК 621.914.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРЕЗЕРУВАННЯ КУЛАЧКІВ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ ІНСТРУМЕНТА ТА ДЕТАЛІ

Следнікова О.С., к.т.н., Винник В.О., аспірант кафедри АТ та ГМ
Науковий керівник: Кальченко В.І., д.т.н., професор
Чернігівський національний технологічний університет

В машинобудуванні, тракторобудуванні, автомобілебудуванні, суднобудуванні, та інших галузях промисловості, при виробництві устаткування для легкої промисловості широко використовуються різноманітні циліндричні поверхні складного профілю, до яких постійно підвищуються вимоги до точності та продуктивності обробки. Для отримання високої продуктивності при забезпеченні необхідної точності необхідно розробити ефективні універсальні способи фрезерування деталей.

При обробці кулачка розподільчого вала під час обертання точка контакту фрези з кулачком виходить з площини, яка проходить через осі обертання інструмента та деталі, це приводить до зміни глибини врізання. При цьому глибини врізання буде завжди більше величини припуску, що знімається.

Провідна фірма Junker (Німеччина) [1, 2] виконує обробку опорних шийок та кулачків розподільчих валів вузьким шліфувальним кругом, висота якого менша довжини опорних шийок. При обробці кулачків

розподільчих валів інструмент здійснює зворотно-поступальний рух в площині, яка проходить через вісь обертання шліфувального круга та розподільчого вала. При цьому глибина різання та подача по контуру змінюються за координатою обробки, що зменшує точність обробленої поверхні та продуктивність обробки.

У статтях [3, 4] проведено дослідження процесу формоутворення при шліфуванні розподільчих та колінчастих валів.

У роботі [5] розроблено новий спосіб обробки циліндричних поверхонь орієнтованою фрезою. В даному способі чорнове фрезерування здійснюється торцевою поверхнею інструмента та периферією зуба, а чистова обробка – периферією.

На рис. 1, а представлена схема процесу обробки розподільчого вала 2 повернутою на кут β фрезою 1. Обробка всіх кулачків відбувається за один установ. Переріз А-А рис. 1, б, зображено на рис. 1, б, при чистовій обробці зрізання всього припуску t відбувається периферією фрези, вісь повороту інструмента знаходиться в точці А для забезпечення роботи всієї периферії фрези. Що дозволить при фрезеруванні криволінійних поверхонь деталей на верстатах з ЧПК враховувати тільки їх форму, виключаючи вплив радіуса інструмента і його знос на точність формоутворення. Завдяки чому підвищується точність оброблених поверхонь і продуктивність обробки.

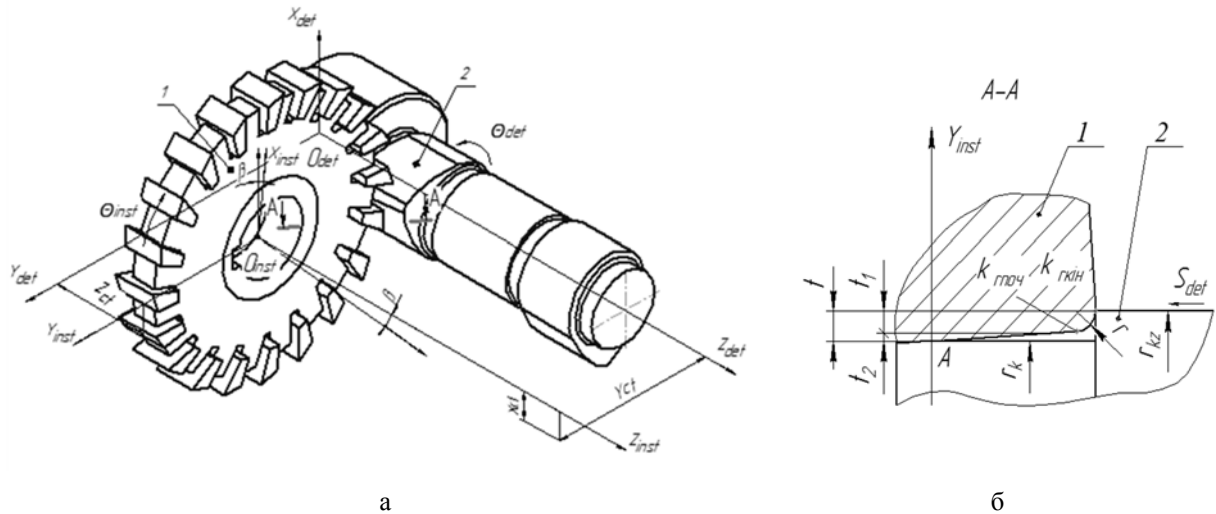


Рис. 1. Схема фрезерування кулачка розподільчого вала зі схрещеними осями фрези та деталі

За допомогою циліндричного інструментального модуля описуємо модульну 3D-модель поверхні фрези:

$$\bar{r}_{If} = MC^I_{Z_{If}(k)\Theta_{If}} R_{If}(k) \cdot \bar{e}4 \quad (1)$$

де \bar{r}_{If} – радіус-вектор інструментальної поверхні фрези; $MC^I_{Z_{If}(k)\Theta_{If}} R_{If}(k)$ – циліндричний інструментальний модуль фрези; $\bar{e}4$ – радіус-вектор початкової точки координат [6]; $R_{if}(k)$ – k-тий радіус інструментальної поверхні фрези, Θ_{If} – кут повороту інструмента навколо осі $O_{inst}X_{inst}$, $Z_{If}(k)$ – k-та осьова координата інструментальної поверхні фрези.

Опишемо інструментальний циліндричний модуль формоутворення фрези добутком однокоординатних матриць:

$$MC^I_{Z_{If}(k)\Theta_{If}} R_{If}(k) = M^3(Z_{If}(k)) \cdot M^6(\Theta_{If}) \cdot M^2(R_{If}(k)), \quad (2)$$

де $M^1, M^2, M^3, M^4, M^5, M^6$ – однокоординатні матриці, що описують переміщення вздовж осей $X_{inst}, Y_{inst}, Z_{inst}$ та повороти навколо них $O_{inst}X_{inst}, O_{inst}Y_{inst}, O_{inst}Z_{inst}$, відповідно [6].

Номинальна поверхня оброблюваного кулачка описується добутком радіус-вектора інструментальної поверхні фрези, модуля орієнтації та модуля формоутворення:

$$\bar{r}_{Df} = MC^F_{Z_{ct}(\Theta_{Df})\Theta_{Df}} Y_{ct}(\Theta_{Df}) \cdot MS^O_{\beta \cdot X_{ct}(\Theta_{Df})} \cdot \bar{r}_{If}, \quad (3)$$

де X_{ct}, Y_{ct} – міжосьова відстань фрези і деталі в вертикальній та горизонтальній площині відповідно; Θ_{Df} – кут повороту деталі; β – кут нахилу фрези відносно вісі $O_{inst}Y_{inst}$; Z_{ct} – подача, яка описує рух деталі вздовж осі $O_{det}Z_{det}$ відносно фрези.

Модуль орієнтації:

$$MS^O_{\beta \cdot X_{ct}} = M(\beta) \cdot M^1(X_{ct}(\Theta_{Df})). \quad (4)$$

Модуль формоутворення:

$$MC^F_{Z_{ct}(\Theta_{Df})\Theta_{Df}} Y_{ct}(\Theta_{Df}) = M^3(Z_{ct}(\Theta_{Df})) \cdot M^6(\Theta_{Df}) \cdot M^2(Y_{ct}(\Theta_{Df})). \quad (5)$$

При обробці кулачка координати центра фрези x_{ct} , y_{ct} змінюються і залежать від кутової координати повороту кулачка розподільчого вала, при обробці ділянки кулачка, центр якої співпадає з віссю деталі y_{ct} не змінюється, а x_{ct} дорівнює нулю.

На рис. 2 зображена 3D-модель поверхні кулачка розподільчого вала утворена рухом лінії контакту по еквідистанті до поверхні кулачка.

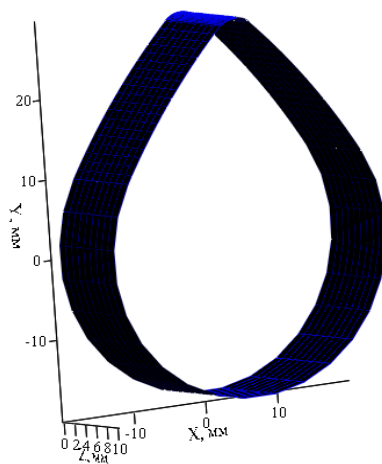


Рис. 2. 3D-модель поверхні кулачка розподільчого вала

Створено новий спосіб фрезерування розподільчого вала за один установ орієнтованим інструментом на базі аналізу модульного 3D-моделювання, він забезпечить стабілізацію зняття припуску та подачі по контуру.

Запропонована в статті методика фрезерування кулачків розподільчих валів на верстатах з ЧПК виключає вплив радіуса фрези і її знос на точність формоутворення оброблюваної криволінійної поверхні, враховує тільки форму деталі. Дана методика може бути застосована також при обробці колінчастих валів і інших циліндричних поверхонь складного профілю при обробці орієнтованим інструментом.

Список використаних джерел

1. 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.
2. 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.
3. Кальченко В.І. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями розподільчого вала і круга / В.І. Кальченко, Д.В. Кальченко, О.С. Следнікова // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2015 – Вып. 85. – С. 98-106.
4. Кальченко В.И. Модульне 3D-моделювання інструментів, процесу зняття припуску та формоутворення при шліфуванні зі схрещеними осями колінчастого вала і круга / В.И. Кальченко, Д.В. Кальченко // резание и инструмент в технологических системах. Межд. научн.- техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2014. Вып. 84 с. 107-114.
5. Кальченко В.В. Дослідження процесу фрезерування циліндричних поверхонь зі схрещеними осями інструмента та вала / В.В. Кальченко, Н.М. Сіра, Д.В. Кальченко, О.О. Аксьонова // Технічні науки та технології: науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів: Чернігів. нац. технол. ун-т. – 2018. – № 4 (14). – С. 18-27.
6. Грабченко А.И., Кальченко В.И., Кальченко В.В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали (Монография). – Чернигов: ЧДТУ, 2009. – 256 с.

УДК 621.923.42

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ОДИНИЧНИМ АБРАЗИВНИМ ЗЕРНОМ

Кужельний Я.В., викладач

Науковий керівник: Кальченко В.І., д.т.н., професор
Чернігівський національний технологічний університет

У великій кількості галузей промисловості використовують деталі з високоточними циліндричними поверхнями.

Різноманітні фінішні операції забезпечують необхідну якість, точність та геометричні розміри деталей. До таких операцій відноситься шліфування. Саме процес шліфування впливає на остаточний стан формоутворюючої поверхні деталі.

Згідно з [1] під час шліфування процес різання здійснюється не всіма різальними кромками робочої поверхні абразивного круга, а тільки тими, що знаходяться над зв'язкою. Проте із числа різальних кромок, що контактують з поверхнею деталі, стружку знімають тільки ті, які мають найбільш придатну форму вершин та необхідну глибину різання в матеріал деталі.