

DOI 10.32820/2079-1747-2018-22-34-40

УДК 621.914

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ СКЛАДНИХ ФАСОННИХ ПОВЕРХОНЬ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНИХ ФОРМОТВОРНИХ РУХІВ©Скоркін А.О.¹, Кондратюк О.Л.¹, Старченко О.П.², Протопова А. С.¹*Українська інженерно-педагогічна академія¹**Харківський радіотехнічний технікум²***Інформація про авторів:**

Скоркін Антон Олегович: ORCID: 0000-0003-3032-83414; Andromeda862@ukr.net; кандидат технічних наук; доцент кафедри машинобудування та транспорту; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Кондратюк Олег Леонідович: ORCID:0000-0002-3263-0483; kondr20071@i.ua; кандидат технічних наук; доцент кафедри машинобудування та транспорту; Українська інженерно-педагогічна академія, вул. Університетська 16, м. Харків, 61003, Україна.

Старченко Олена Павлівна: ORCID:0000-0002-7444-6668; Estarchenko79@gmail.com; заступник директора з навчальної роботи, Харківський радіотехнічний технікум, вул. Сумська 18/20, м. Харків, 61057, Україна

Протопова Анастасія Сергіївна: ORCID: 000-0002-5803-8146; Andromeda862@ukr.net; студентка факультету Комп'ютерних і інтегрованих технологій у виробництві і освіті; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Для продукции современного машиностроения характерно усложнение конструкции деталей, включение в них поверхностей свободной формы. Прямое отражение это нашло и в производстве технологической оснастки, штампов, пресс-форм, литейных моделей и им подобных изделий. При обработке таких деталей снимаются большие объемы срезаемых слоев, связанные с получением сложных пространственных форм, в результате чего наблюдается снижение стойкости дорогостоящего инструмента, следовательно, снижение производительности процесса обработки. Повышение износостойкости режущих инструментов является одной из важных задач технологии машиностроения.

Для повышения эффективности обработки фрезерованием сложных фасонных поверхностей (СФП), применяются в основном методы, связанные с улучшением свойств инструментального материала, изменением состава и свойств поверхностного слоя инструмента, нанесением тонкопленочных покрытий, снижением шероховатости рабочих поверхностей и улучшением условий эксплуатации инструмента применением СОТС.

Одним из наиболее перспективных методов повышения стойкости инструмента является использование способов обработки, при которых движения инструмента нелинейно согласовывают таким образом, чтобы это приводило к постоянному смещению режущей кромки инструмента относительно поверхности резания.

Ключевые слова: ЧПУ, инструмент, фрезерования, проектирование, режущая кромка, механическая обработка.

Скоркін А.О., Кондратюк О.Л., Старченко О.П., Протопова А.С. «Дослідження процесу обробки складних фасонних поверхонь на основі нелінійних формотворних рухів».

Для продукції сучасного машинобудування характерне ускладнення конструкції деталей, включення в них поверхонь вільної форми. Пряме відбиття це знайшло й у виробництві технологічного оснащення, штамів, прес-форм, ливарних моделей і їм подібних виробів. При

обробці таких деталей знімаються більші обсяги шарів, що зрізуються, пов'язані з одержанням складних просторових форм, у результаті чого спостерігається зниження стійкості дорогого інструмента, отже, зниження продуктивності процесу обробки. Підвищення зносостійкості різальних інструмент є однією з важливих завдань технології машинобудування.

Для підвищення ефективності обробки фрезеруванням складних фасонних поверхонь (СФП), застосовуються в основному методи, пов'язані з поліпшенням властивостей інструментального матеріалу, зміною складу й властивостей поверхневого шару інструмента, нанесенням тонкоплівкових покриттів, зниженням шорсткості робочих поверхонь і поліпшенням умов експлуатації інструмента застосуванням СОТС.

Одним з найбільш перспективних методів підвищення стійкості інструмента є використання способів обробки, при яких руху інструмента нелінійно погоджують таким чином, щоб це приводило до постійного зсуву різучої крайки інструмента щодо поверхні різання.

Ключові слова: ЧПУ, інструмент, фрезерування, проектування, різуча кромка, механічна обробка

Skorkin A., Kondratyuk O, Starchenko O, Protopopova A. «Investigation of the processing complex shaped surfaces on the basis of non-linear motion of the forming».

For products of modern engineering is characterized by the complexity of the design of parts, the inclusion in them of free-form surfaces. This is directly reflected in the production of tooling, dies, molds, casting models and similar products. When processing such parts, large volumes of cutting layers are removed, associated with obtaining complex spatial forms, resulting in a decrease in the durability of an expensive tool, hence a decrease in the productivity of the process. Improving the wear resistance of cutting tools is one of the important tasks of mechanical engineering technology.

To increase the milling efficiency of complex shaped surfaces (CSS), mainly methods are used to improve the properties of the tool material, change the composition and properties of the surface layer of the tool, apply thin film coatings, reduce the roughness of the working surfaces and improve the operating conditions of the tool using the coolant cutting system.

One of the most promising methods for increasing tool life is the use of processing methods in which tool movements are nonlinearly coordinated so that this leads to a constant displacement of the tool cutting edge relative to the cutting surface.

Key words: CNC, tool, milling, design, cutting edge, machining.

Вступ

У техніці знаходять широке застосування деталі з фасонними поверхнями.

Усе різноманіття фасонних поверхонь можна розділити на наступні типи:

- Фасонні поверхні обертання (рис. 1. а, б, в)
- Фасонні поверхні замкнутого криволінійного контуру із прямолінійної утворюючої (рис. 1., г). Вони є циліндричними поверхнями, обмеженими двома площинами (підставами). Від циліндричних поверхонь тіл обертання вони відрізняються тим, що їх прямої є замкнена крива, а не окружність.

- Фасонні поверхні незамкнутого контуру із криволінійної утворюючої й прямолінійної напрямної або, навпаки, із прямолінійної утворюючої й криволінійної напрямної (рис. 1., д) (наприклад, зуб фасонної фрези, фасонні пази й ін.).
- Просторово-складні фасонні поверхні. До цієї групи ставляться всі інші фасонні поверхні, що не ввійшли в попередні групи, наприклад поверхні лопаток турбін, кузовів автомобілів, пресформ і т.п. (рис. 1., е) [1-3].

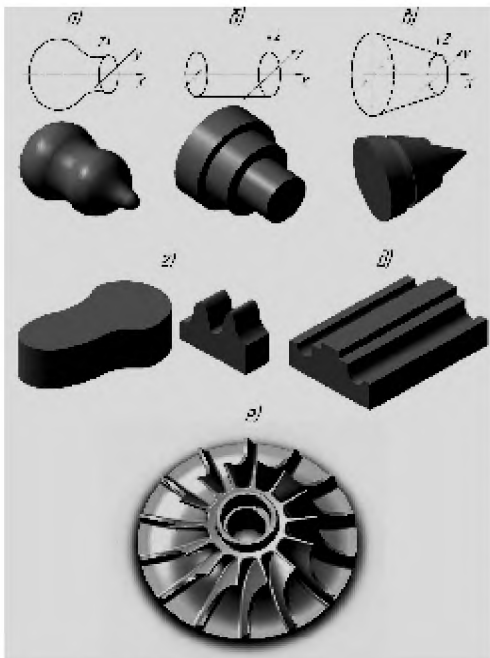


Рис. 1. - Класифікація фасонних поверхонь

Значне поширення деталей машин з фасонними поверхнями пояснюється тем обставиною, що така форма дозволяє одержувати деталі потрібної міцності при мінімальній вазі. До таких деталей відносяться частини: авіаційних двигунів, літаків, автомобілів, тракторів, мотоциклів, різних приладів, що пишуть машин, рушниць, верстатів-автоматів і т.д. Ковальські штампи, прес-форми, кокілі й інше оснащення, що мають складні фасонні поверхні. Немає майже жодної галузі машинобудування, де б не зустрічалися деталі з фасонними поверхнями. Фасонні поверхні можна виготовляти різними способами, наприклад, фрезеруванням дисковими, кінцевими (пальцевими), торцевими, циліндричними, фасонними фрезами [4], протяганням, гострінням, струганням, довбанням і т.п.

Найбільш універсальним способом одержання подібних поверхонь є їх лезвійна обробка дисковим інструментом, внаслідок використання більш простого оснащення й більш компактної установки на верстаті.

1. Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний момент існує безліч різних схем формоутворення фасонних поверхонь. Більшість цих схем поєднує те, що формоутворення забезпечується трьома погодженими рухами: обертальне (обробка дисковими інструментами) або возвратно- поступальне (стругання, протягання) рух різального інструменту; обертовий рух оброблюваної заготовки; погоджене з обертовим рухом поступальне переміщення заготовки або інструмента уздовж осі фасонної поверхні. Виключення становить процес гостріння фасонних поверхонь, при якому різуче лезо урізається на всю глибину профілю.

Найбільш універсальним методом обробки складних фасонних поверхонь є фрезерування. Сьогодні відома безліч різних схем формоутворення фасонних, у т.ч. гвинтових поверхонь [5], [7], [9].

Одним із сучасних методів обробки фасонних, є плунжерне фрезерування, яке суттєво відрізняється від традиційного. Робота фрезерного інструмента з осьовою подачею, подібно свердлінню, забезпечує ефект, коли напрямок сил різання міняється з переважно радіального на осьове. Плунжерне фрезерування схоже на операцію переривчастої токарської об-

робки. При плунжерній обробці товщина стружки на виході й вході зуба в різанні постійна. Цей ефект необхідно враховувати, і він є причиною, чому для плунжерного фрезерування необхідно застосовувати більш низьку подачу на зуб, чому для традиційного. Необхідно стежити, щоб у контакті завжди перебували два зуби

2. Постановка проблеми

Процес різання супроводжується великою швидкістю деформації, при цьому різко міняються фізико-механічні властивості матеріалу – зростає число площин ковзання, змінюється співвідношення між границею текучості й тимчасовим опором матеріалу, зростає хімічна активність матеріалу і т.п. Явища, що супроводжують процес різання, приводять до зміни фізико-механічних і хімічних властивостей поверхневого шару як оброблюваного, так і інструментального матеріалу, знижується ефективність різання, і довговічність деталі.

Природа явищ, що викликають зношування різальних інструмент складна. На перший погляд, можна було б очікувати, що більш м'який оброблюваний матеріал не повинен зношувати значно більш твердий інструментальний матеріал. Однак зношування в дійсності має місце і являє собою більшу проблему обробки. У різних умовах різання зношування інструмента може бути викликане різними причинами й мати різні механізми: пластичні деформації інструментального матеріалу при високій температурі, адгезійне зношування, дифузійне розчинення інструментального матеріалу в матеріалі заготовки, абразивне й окисне зношування, утворення сталостних тріщин і руйнування.

Адгезійна взаємодія між інструментальним і оброблюваним матеріалом проявляється у виникненні міжмолекулярних зв'язків на поверхні дотичних матеріалів. Рух стружки й заготовки щодо інструмента приводить до руйнування цих зв'язків і утвору нових, тобто зерна карбідів у твердих сплавах (або інші частки інструментальних матеріалів) перебувають під дією багаторазово повторюваних навантажень.

4. Метою роботи є дослідження процесу обробки складних фасонних поверхонь на основі нелінійних формотворних рухів для подальшого підвищення ефективності обробки фасонних поверхонь.

5. Виклад основного матеріалу

Оброблена поверхня деталі, кінематична схема формоутворення й виробляюча поверхня інструмента, однозначно функціонально взаємозалежні один з одним. Тому нові методи обробки поверхонь передбачають або наявність принципова нової виробляючої поверхні (ВП) і, відповідно, нової кінематичної схеми формоутворення (КСФ), або відомої ВП і нової КСФ. Нова КСФ, в останньому випадку, припускає відмінну від відомих КСФ орієнтацію, щодо номінальної поверхні деталі. Елементами поверхні деталі, щодо яких відбувається орієнтація формотворних рухів інструмента, можуть бути: лінії, розташовані на даній поверхні; лінії, утворені перетинанням поверхні й січними площинами і т.д. Існують різні підходи при розробці нових методів обробки, наприклад, для складних фасонних поверхонь основне завдання моделювання зводиться до встановлення траєкторії руху інструмента, а для поверхонь тіл обертання й інших, що допускають рух твірної лінії по траєкторії заданої напрямної, зводиться до встановлення виробляючої інструментальної поверхні[8].

Однак і в тому, і в іншому випадку, існують певні принципи, при яких забезпечується обробка заданої поверхні. Головний принцип заснований на теорії існування, що обгинає

сімейства кривих і поверхонь, які створюються при переміщенні профілю або номінальної поверхні деталі при її русі по заданій кінематичній схемі, і називається умовою існування ВП. Другий принцип називається умовою торкання без взаємного впровадження підрізання ВП і номінальної поверхні деталі. Третій принцип - умова відсутності перехідних поверхонь на деталях, формуються як недорізання. Причина цього - відсутність торкання інструментальної поверхні й номінальної поверхні деталі на ділянках розривів характеристик.

Аналіз відомих способів формоутворення [4] дозволив зробити пропозицію, що найбільш сильні методи обробки, що володіють ознаками істотної відмінності, утворюються за рахунок орієнтації окремих елементарних рухів щодо осей і площин симетрії номінальної поверхні, тобто рухів, що лежать у напрямках перпендикулярних площинам і осям симетрії або лежачих у площинах, що проходять через осі симетрії.

Основними ознаками, що визначають кінематичну схему, є: кількість формотворних рухів; види рухів (обертальні, поступальні); якісний состав рухів (головний рух, рух подачі); орієнтація окремих рухів щодо системи координат деталі; кількість і вид погоджених між собою рухів. Вид узгодження між окремими формотворними рухами (лінійним, нелінійним).

При створенні класифікації кінематичних схем формоутворення СФП важливою метою дослідження є не тільки пошук закономірностей зміни кінематичних схем формоутворення, але й створення нових високоефективних кінематичних схем.

Необхідно відзначити, що кінематична схема обробки методом нелінійного обкату фрезою з тороїдальної ВП (рис. 2) більш універсальна, оскільки дозволяє обробляти складні профілі, що перетинаються під будь-яким кутом [12]. Зв'язок між рівнем узгодження руху й видом ковзання визначається: формою виробляючої поверхні інструмента; формою обробленої й номінальної поверхні деталі. Цей зв'язок вивчений недостатньо, особливо при складній формі виробляючої поверхні інструмента й нелінійному узгодженні.

При цьому найменш вивченими в цей час є методи із трьома нелінійно-погодженими рухами з різним коефіцієнтом ковзання, які можуть застосовуватися для обробки складних фасонних поверхонь. Найбільш загальні випадки обробки фасонних поверхонь без елементів симетрії представлено на (рис. 3).

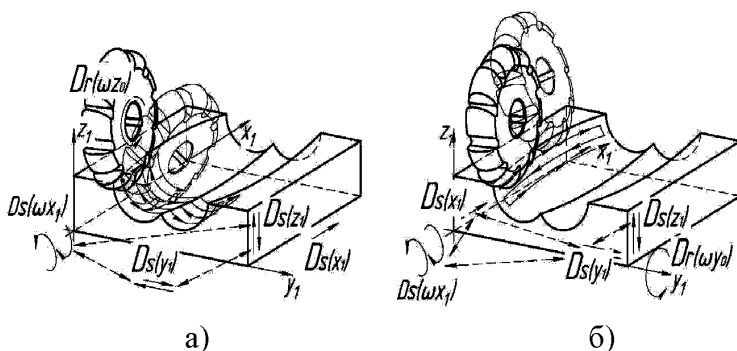


Рис. 2.- Утворення профілю СФП методом нелінійного обкату дисковою фрезою з тороїдальною виробляючою поверхнею з постійним зсувом ріжучої крайки щодо поверхні різання: а) зсув у площині руху інструмента по профілю; б) зсув у площині паралельній напрямку руху інструмента по профілю

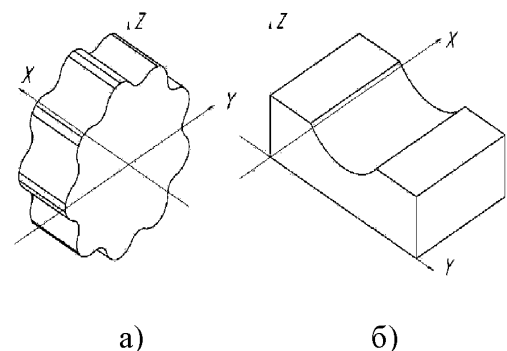


Рис. 3 - Поверхні симетрії, що не мають елементів, і подоби: а – з опуклими криволінійними поверхнями; б – з увігнутими поверхнями

Для представлених вище деталей зі СФП представлена морфологічна матриця, осями якої є форма номінальної поверхні Φ , кількість рухів формоутворення D , кінематична схема обробки K (рис. 4).

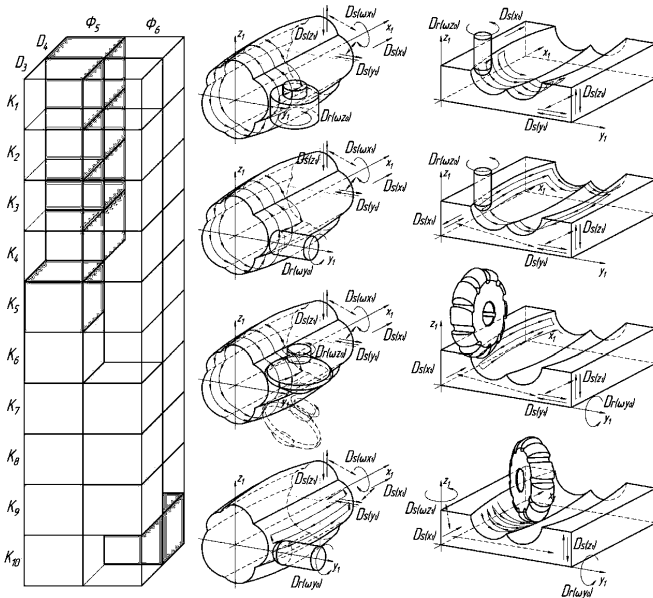


Рис. 4 - Моделювання кінематичних схем із трьома й чотирма одночасними рухами узгодження оброблюваного профілю, при цьому інструменту задають швидкісні зворотно-гойдаючи рухи навколо центру профільного перетину тороїдальної поверхні інструмента. Кут, що визначає нормальні умови різання $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$, де φ_2 – кут нахилу інструмента з боку подачі обмежується максимальною глибиною різання й визначається із прямокутного ΔAOB (рис. 6.):

$$\varphi_2 = \arccos \frac{r-t}{r}$$

де r – радіус тороїдальної виробляючої поверхні, мм; t – глибина різання, мм. Кут протилежний напрямку руху подачі $\varphi_1 = 90^\circ$.

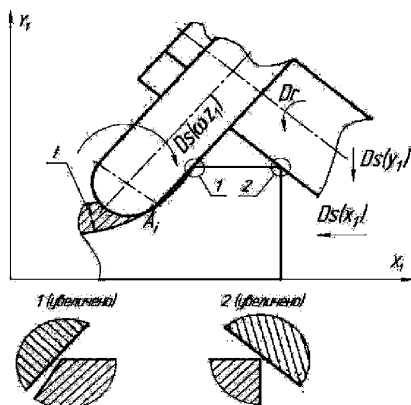


Рис. 5 - Схема до визначення умови неврізання ланок інструментального блоку в необроблювані ділянки заготовки

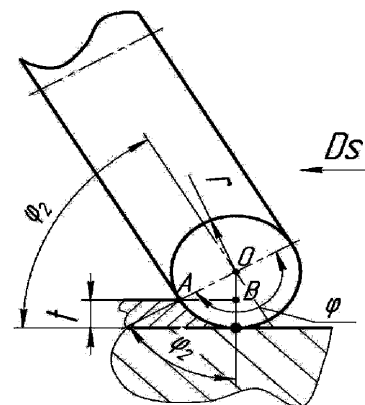


Рис. 6 - Схема до визначення використання максимально можливої довжини ріжучої крайки

Нові кінематичні схеми, синтезовані на основі системної класифікації кінематичних схем з їхньою прив'язкою до елементів симетрії й подоби оброблених поверхонь дотепер маловивчені, внаслідок складної кінематики, і для розробки керуючих програм вимагають детального вивчення.

Висновки

В роботі викладені науково обґрунтовані технічні та технологічні рішення, які полягають в розробці нового високоефективного способу обробки складних фасонних поверхонь дисковими радіусними фрезами зі зворотно-гойдальним рухом подачі навколо центру профільного перетину тороїдальної поверхні інструменту в площині руху по оброблюваному профілю.

Список использованных источников

1. GARANT: Справочник по обработке резанием [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.garant-tools.com.
2. Кувшинский В. В. Фрезерование / В. В. Кувшинский. – М. : Машиностроение, 1977. – 240 с.
3. Ящерицын П. И. Основы резания материалов: учебное пособие / П. И. Ящерицын, В. Д. Ефремов. – Минск : БГАТУ, 2008. – 644 с.
4. Скоркін А. О. Підвищення ефективності протягування за рахунок косокутного різання в зоні деформування / А. О. Скоркін [та ін.] // *Машинобудування* : зб. наук. пр. – Харків : УПА. – 2017. – № 20. – С. 41-47.
5. Шпур Г. Справочник по технологии резания металлов. В 2-х кн. Книга 1 : [перевод с нем.] / Г. Шпур, Т. Штеферле. – М. : Машиностроение, 1985. – 616 с.
6. Шаламов В. Г. Кинематика ротационного и традиционного резания / В. Г. Шаламов, С. Д. Сметанин, М. Н. Гатитулин // *Известия Челябинского научного центра*. – 2009. – Вып. 3 (45). – С. 13-17.
7. Артамонов Е. В. Расчет и проектирование сменных режущих пластин и сборных инструментов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, М. Х. Утешев; под общей ред. М. Х. Утешева. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. – 152 с.
8. Андреев В. Н. Совершенствование режущего инструмента / В. Н. Андреев. – М. : Машиностроение, 1993. – 240 с.
9. Баранчиков В. И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания материалов: справочник / В. И. Баранчиков. – М. : Машиностроение, 1990. – 400 с.: ил.

References

1. GARANT : Spravochnik po obrabotke rezaniem n.d., viewed , www.garant-tools.com.
2. Kuvshinskij, VV 1977, *Frezerovanie*, Mashinostroenie, Moskva.
3. Jashhericyн, PI & Efremov, VD 2008, *Osnovy rezanija materialov*, Belorusskij gosudarstvennyj agrarnyj tehničeskij universitet, Minsk.
4. Skorkin, AO, Shelkovij, OM, Permjakov, OA & Kondratjuk, OL 2017, 'Pidvyshchennia efektyvnosti protiahuvannia za rakhunok kosokutnoho rizannia v zoni deformuvannia', *Mashynobuduvannia*, Ukrainska inzhenerno-pedahohichna akademiia, Kharkiv, no. 20, pp. 41-47.
5. Shpur, G & Shteferle, T 1985, *Spravochnik po tehnologii rezanija metallov*, Book 1, Mashinostroenie, Moskva.
6. Shalamov, VG, Smetanin, SD & Gatitulyn, MN 2009, 'Kinematika rotacionnogo i tradicionnogo rezanija', *Izvestija Cheljabinskogo nauchnogo centra*, iss. 3 (45), pp. 13-17.
7. Artamonov, EV, Pomigalova, TE & Uteshev, MH 2011, *Raschet i proektirovanie smennyh rezhushhih plastin i sbornyh instrumentov*, Tjumenskij gosudarstvennyj neftegazovyj universitet, Tjumen.
8. Andreev, VN 1993, *Sovershenstvovanie rezhushhego instrumenta*, Mashinostroenie, Moskva.
9. Baranchikov, VI 1990, *Progressivnye rezhushhie instrumenty i rezhimy rezanija materialov*, Mashinostroenie, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 12 листопада 2018 р.