

УДК 621.914.2

О.В. Мамлюк, д.т.н.
Київський авіаційний технікум

Л.І. Ковальова, к.т.н., доц.

Р.П. Родін, к.т.н., с.н.с.

Національний технічний університет України «КПІ»

ФОРМОУТВОРЕННЯ КРУГЛИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ТОРЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

У статті вирішується завдання визначення конструктивних параметрів таких торцевих фрез, що забезпечують оброблення заданої поверхні деталі з необхідною точністю.

Вступ. Важливе значення в ефективності роботи машинобудівного підприємства має забезпеченість високопродуктивним різальним інструментом, проектування якого ґрунтується на теорії формоутворення поверхонь різанням. Однією із проблем теорії формоутворення є визначення можливих поверхонь, які можуть бути оброблені відомим інструментом, що добре апробований у виробничих умовах і відповідає високим вимогам, що пропонуються до сучасного різального інструменту.

У працях відомих вчених: Семенченко І.І., Грановського С.Н., Уваса Н.В., Коновалова Е.Г., Перепелиці Б.О., Равської Н.С., Розенберга О.О., Родіна П.Р., Opitz, Spur та інших викладено основні теоретичні й практичні результати в галузі розробки теорії формоутворення поверхонь різанням і створення на цій основі прогресивних різальних інструментів. Однак незважаючи на те, що в теорії формоутворення є сильні наукові й практичні розробки, на основі яких створені різноманітні різальні інструменти, проблема визначення поверхонь деталі, які можуть бути оброблені надійно працюючим різальним інструментом на сьогоднішній день не вирішена в повному обсязі. Актуальним завданням є більш ефективне використання торцевих фрез при обробленні різних поверхонь, у тому числі круглих циліндричних. Розв'язання цієї задачі допоможе розширити область застосування надійно працюючих торцевих фрез і підвищити ефективність процесів формоутворення поверхонь деталі різанням з використанням цих фрез.

Торцеві фрези є широко розповсюдженими й надійними різальними інструментами, що використовуються головним чином при обробленні площин [2, 3]. Відома велика кількість робіт, в яких розглядається оброблення торцевими фрезами фасонних поверхонь [1, 4, 5], зокрема круглих циліндричних. Однак можливості підвищення продуктивності оброблення таких поверхонь повною мірою не розроблені.

Метою цієї статті є розв'язання задачі формоутворення круглих циліндричних поверхонь із заданою величиною похибки торцевими фрезами із групами зубів, розташованих на різних діаметрах.

Визначення параметрів процесу формоутворення круглих циліндричних поверхонь. Схема формоутворення круглих циліндричних поверхонь малої довжини охоплює головний рух, здійснюваний обертанням фрези, і рух кругової подачі, здійснюваний обертанням заготовки (рис. 1). Кутова швидкість обертання фрези $\bar{\omega}_1$ вибирається за припустимою швидкістю різання, а кутова швидкість обертання заготовки $\bar{\omega}_2$ вибирається відповідно до прийнятої величини кругової подачі.

Осі фрези і заготовки є взаємо-перпендикулярними прямими. Міжосьова відстань a вибирається менше радіуса R кола обертання вершинних точок фрези навколо її осі.

Кути в плані торцевої фрези обираються такої величини, при якій формування обробленої поверхні деталі відбувається колом обертання вершинних точок зубів фрези навколо її осі. Відстань b від осі заготовки до площини, в якій розташовано профілююче коло, дорівнює мінімальному радіусу обробленої деталі. При заданому мінімально припустимому значенні радіуса деталі, рівного b , і радіуса фрези R похибка оброблення δ залежатиме від величини a . При обраному значенні δ величина a визначається за формулою:

$$a = R - \sqrt{(b + \delta)^2 - b^2} = R - \sqrt{2b\delta + \delta^2}.$$

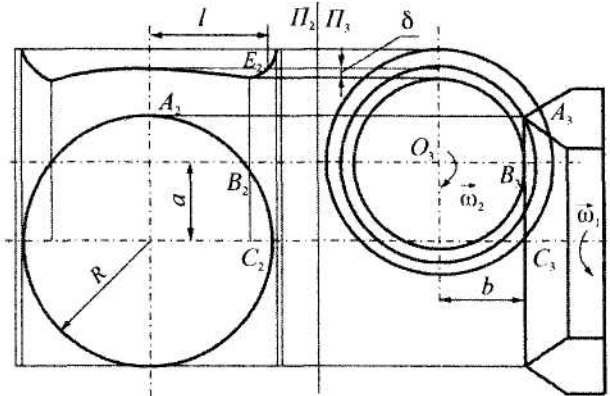


Рис. 1. Схема формотворення круглої циліндричної поверхні торцевою фрезою

Оскільки величина δ є незначною, то величину a можна визначати за формулою:

$$a = R - \sqrt{2b\delta}$$

При обраній величині a розмір l , рівний половині довжини оброблюваної деталі, дорівнюватиме:

$$l = \sqrt{R^2 - (2a - R)^2} = 2\sqrt{a(R - a)}$$

Для того, щоб підвищити продуктивність оброблення, розташуємо групу зубів торцевої фрези на радіусі R_2 , а другу групу зубів – на радіусі R_1 (рис. 2). Вершинні точки різальних кромek обох груп зубів розташуємо в одній площині, перпендикулярній осі фрези.

Приймемо, що при обраних кутах у плані формування обробленої поверхні деталі виконуються колами радіусів R_1 і R_2 .

При обраному значенні R_2 , мінімальному радіусі деталі, рівному величині b , і похибці оброблення δ розмір a визначається за формулою:

$$a = R_2 - \sqrt{2b\delta}$$

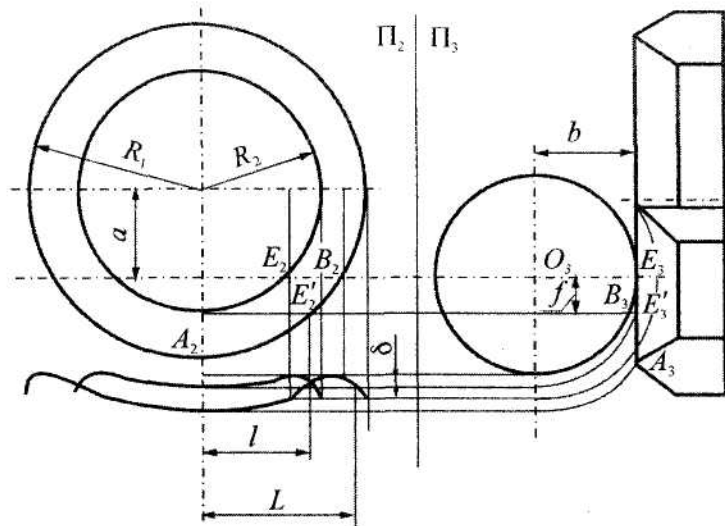


Рис. 2. Схема формотворення круглої циліндричної поверхні торцевою фрезою, зуби якої розташовані на різних діаметрах

При цих значеннях величини a і R_2 розмір l дорівнюватиме:

$$l = 2\sqrt{a(R_2 - a)}$$

За побудовою розмір f , який характеризує положення точки E , відповідній прийнятій величині похибки δ , дорівнює:

$$f = \sqrt{2b\delta}$$

Радіус R_1 , на якому розташовуються вершини зубів першої групи, дорівнює:

$$R_1 = \sqrt{(a + f)^2 + l^2}.$$

Розмір L , рівний половині довжини оброблюваної деталі при прийнятій величині δ , визначатиметься за формулою:

$$L = 2\sqrt{a(R_1 - a)}.$$

Розглянемо приклад оброблення круглої циліндричної поверхні при таких вихідних даних:

- радіус вершини другої групи зубів: $R_2 = 100$ мм;
- мінімально припустимий радіус деталі: $b = 100$ мм;
- припустима величина похибки оброблення: $\delta = 0,1$ мм.

Величина a дорівнюватиме:

$$a = R_2 - \sqrt{2b\delta} = 100 - \sqrt{2 \cdot 100 \cdot 0,1} = 95,5 \text{ мм}.$$

Розмір l визначається за формулою:

$$l = 2 - \sqrt{a(R_2 - a)} = 2 - \sqrt{95,5(100 - 95,5)} = 41,3 \text{ мм}.$$

Величина f дорівнює:

$$f = \sqrt{2b\delta} = \sqrt{2 \cdot 100 \cdot 0,1} = 4,47 \text{ мм}.$$

Радіус вершин зубів першої групи:

$$R_1 = \sqrt{(a + f)^2 + l^2} = \sqrt{(95,5 + 4,47)^2 + 41,3^2} = 107,7 \text{ мм}.$$

Розмір L , що дорівнює половині довжини оброблюваної деталі з похибкою $\delta = 0,1$ мм, дорівнюватиме:

$$L = 2\sqrt{a(R_1 - a)} = 2\sqrt{95,5(107,7 - 95,5)} = 68,2 \text{ мм}.$$

Таким чином, торцева фреза з двома групами зубів, вершини яких розташовані на радіусах $R_1 = 107,7$ мм і $R_2 = 100$ мм при прийнятій величині похибки $\delta = 0,1$ мм дає змогу збільшити довжину обробленої круглої циліндричної поверхні на 65 %, порівняно з обробкою торцевою фрезою, у якій вершини всіх зубів розміщені на колі радіусом $R_2 = 100$ мм.

Перевагою розглянутих торцевих фрез з розташуванням різних груп зубів на різних радіусах є доцільніша схема зрізання припуску, при якій глибина різання поділяється на дві частини. Одна частина глибини різання зрізується зубами, розташованими на радіусі R_2 , а друга частина глибини різання — на радіусі R_1 .

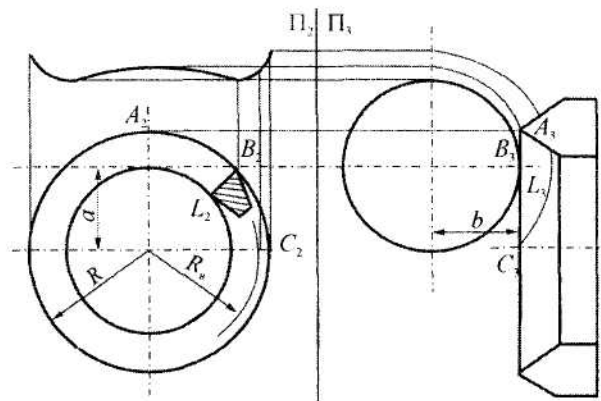


Рис. 3. Схема формоутворення круглої циліндричної поверхні торцевою фрезою із зубом, що зачищає

Для підвищення точності оброблення можна проектувати торцеві фрези із зубом, що зачищає (рис. 3). Зуб фрези, що зачищає, має прямолінійну різальну кромку BL , розташовану в площині, перпендикулярній осі фрези, у якій розміщено профілююче коло й яка торкається обробленої поверхні деталі. Різальна кромка, що зачищає і зрізує невеликий шар матеріалу заготовки, може розміщуватися по-різному з різними величинами кута нахилу λ . Радіус R_b , точки B різальної кромки, що зачищає, доцільно вибирати трохи менше розміру R .

Розглянутими торцевими фрезами можна вести оброблення довгих валів. У цьому випадку схема формоутворення доповнюється рухом поздовжньої подачі S , величина якої дорівнює:

$$S \leq 2l.$$

Аналіз показує, що ефективність торцевого фрезерування круглих циліндричних поверхонь зростає при збільшенні діаметра вала. Перевагою торцевого фрезерування крупногабаритних деталей є можливість оброблення незбалансованих деталей. При торцевому фрезеруванні розв'язується також проблема стружкодроблення.

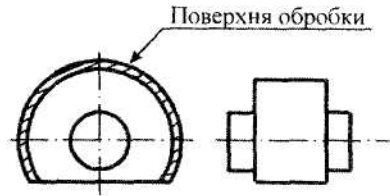


Рис. 4. Ескіз незбалансованої й обмеженої частиною циліндричної поверхні деталі

Доцільно застосовувати торцеве фрезерування також при обробленні деталей, поверхня яких обмежена тільки частиною круглої циліндричної поверхні (рис. 4). На верстатах зі ЧПК торцевими фрезами можна з необхідною точністю обробляти різні фасонні циліндричні поверхні. У цьому випадку замість обертання заготовки в схему формоутворення включають два керованих взаємо-перпендикулярних прямолінійно-поступальних переміщення.

Висновки. У статті надано аналітичне розв'язання задачі формоутворення круглих циліндричних поверхонь торцевими фрезами із групами зубів, розміщених на різних діаметрах.

Визначено параметри обробки круглих циліндричних поверхонь торцевими фрезами із заданою величиною похибки.

Доведено, що застосування торцевих фрез із групами зубів, розташованих на різних діаметрах, допомагає підвищити продуктивність оброблення на 50–60 % порівняно зі стандартними торцевими фрезами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Мардадян М.Е., Мещеряков Г.Н., Родин П.Р. Скоростное фрезерование цилиндрических и винтовых поверхностей торцевыми фрезами // Вестник технической информации. – Минстанкопром СССР. – 1952. – № 14.
2. Семенченко И.И., Матюшин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. – М.: Машгиз, 1962. – 952 с.
3. Сахаров Г.Н., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л. и др. Металлорежущие инструменты. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
4. Родин П.Р., Захаров А.Д. Обработка торцевыми фрезами вогнутых поверхностей на трехкоординатных станках // Реферативная информация о научно-исследовательских работах в вузах УССР. – Вып. 21. – К.: Выща школа, 1978.
5. Мирзахмедов Н.Т. Повышение производительности обработки деталей типа «Монорельс» путем разработки процесса торцевого фрезерования криволинейных поверхностей: Автореф. дис. ... к.т.н. – К.: КПИ, 1985.

МАМЛЮК Олег Володимирович – доктор технічних наук, директор Київського авіаційного технікуму.

Наукові інтереси:

– обробка поверхонь.

КОВАЛЬОВА Любов Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

РОДІН Родіон Петрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.