

УДК 621.914

Білявський М. Л., Шахбазов Я. О., Прилипко О. І.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ШОРСТКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СПОРЯДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИМИ ТОРЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

Технологічне спорядження технічних систем – один з найважливіших чинників успішного здійснення технічного прогресу в машинобудуванні. Тому, забезпечити якість оброблення відповідальних поверхонь деталей технологічного спорядження, – означає підвищити ефективність існуючих технологічних процесів. Серед відповідальних поверхонь деталей технологічного спорядження, що оброблюються, значну частку складають плоскі поверхні. Обробка площин деталей технологічного спорядження з точки зору експлуатації плоских поверхонь вимагає забезпечення не тільки високої точності розмірів та форм, але й необхідних фізико-механічних параметрів поверхневого шару.

Для фінішної обробки плоских поверхонь з загартованих сталей та чавунів широко використовують способи високопродуктивного плоского фрезерування торцевими фрезами, оснащеними надтвердими матеріалами (НТМ). Разом з тим, при обробці незагартованих сталей широке застосування таких способів неможливе, що пояснюється високою інтенсивністю зношування різальних елементів, оснащених НТМ.

Для вирішення питання технологічного забезпечення якості оброблення плоских поверхонь деталей технологічного спорядження авторами, в роботі [1], було запропоновано спосіб обробки, який полягає в тому, що початкове формування зміцненого поверхневого шару оброблюваної поверхні здійснюють шляхом поверхневого пластичного деформування, причому деформуючі елементи розташовані в радіальному напрямку на більшій відстані від осі фрези відносно різальних елементів, а кінцеве зрізання частини зміцненого шару здійснюють різальними елементами, розташованими в радіальному напрямку на меншій відстані від осі фрези відносно деформуючих елементів.

Значний внесок у розвиток технології торцевого фрезерування внесли Мельничук П. П., Виговський Г. М., Лоев В. Ю. [2–5], проте ними не були розглянуті проблеми, що пов'язані зі створенням математичної моделі прогнозування якості оброблення площин деталей технологічного спорядження комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

Відомі праці Ковшова А. М., Гуріна Н. В., Усова С. В., Назарова Ю. Ф., Ярославцева В. М., Крайнева Д. В. [6–8], що присвячені дослідженню нетрадиційних комбінованих методів оброблення деталей машин та устаткування в машинобудуванні, в тому числі з попереднім пластичним деформуванням, де не були розглянуті питання прогнозування якості оброблення площин деталей технологічного спорядження комбінованими торцевими фрезами, оснащеними НТМ.

Авакяном В. А. в роботі [9] була запропонована стохастична модель формоутворення мікрогеометрії при точінні, проте дана модель не може бути застосована при моделюванні профілю обробленої поверхні комбінованими торцевими фрезами.

Раніше Петраков Ю. В., в роботі [10] запропонував програмний комплекс оптимізації режимів оброблення при торцевому фрезеруванні. Проте даний алгоритм не може бути застосований для імітаційного моделювання та прогнозування якості оброблення площин комбінованими торцевими фрезами, оскільки не враховує впливу попереднього пластичного деформування.

Отже, створення імітаційної моделі прогнозування якості оброблення площин комбінованими торцевими фрезами є актуальною задачею при теоретичному обґрунтуванні ефективності нового технологічного процесу.

Метою роботи є розробка алгоритму імітаційної моделі прогнозування якості оброблення плоских поверхонь деталей технологічного спорядження комбінованими торцевими фрезами.

Для початку формування імітаційної моделі розглянемо конструкцію комбінованої торцевої фрези, яка реалізовує запропонований метод [1].

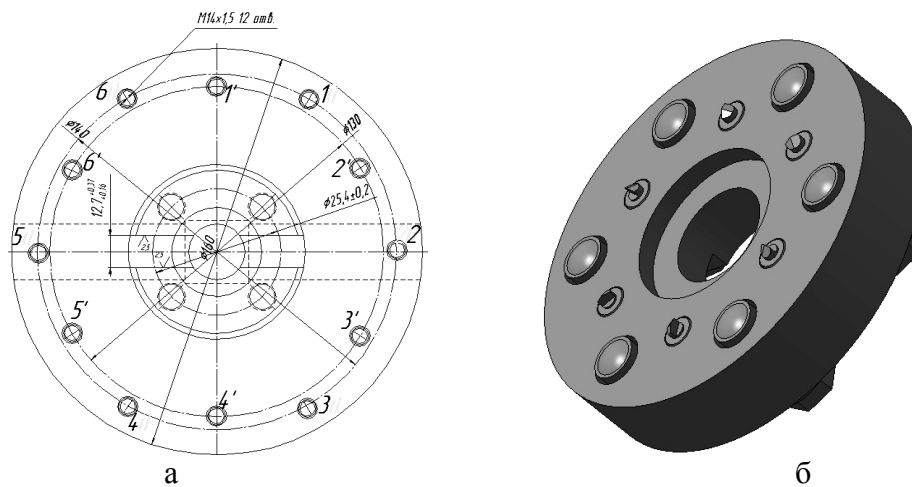


Рис. 1. Схема розташування деформувальних та різальних елементів в розробленій торцевій фрезі :
 а – твердотільна модель; б – створена засобами САПР «Компас-3D»

В новій конструкції усунені недоліки фрези – прототипу [11], а саме: велика металомісткість конструкції; труднощі в експлуатації та встановленні інструмента на верстат.

Були враховані також основні принципи і вимоги до прогресивних конструкцій ріжучо-деформуючих інструментів, наведені в роботах [2, 4], як основи при проектуванні більшості сучасних інструментів максимальної продуктивності і технологічності виготовлення.

Крім того особливу увагу було приділено забезпеченню безпечних умов експлуатації нового інструменту.

В процесі роботи комбінованої торцевої фрези (рис. 1) відбувається зміна положення її у просторі, що призводить до зміни положення деформувальних та різальних елементів. Зміна положення деформувальних елементів буде визначати вхідний профіль оброблюваної поверхні. Зміна положення різальних елементів буде визначати кінцевий варіант рельєфу обробленої поверхні. З роботи [2] відома залежність, що визначає зміну осьового положення i -го ножа при наявності кутового відхилення фрези Θ_y (поворот навколо осі OY).

$$\Delta Z_{iy} = \Theta_y \cdot R \cdot \cos j_i, \tag{1}$$

де Θ_y – кутове відхилення торцевої фрези, викликане поворотом навколо осі OY; R – радіус розташування різальних елементів; j_i – кутове розташування ножа в системі координат, зв'язаній із фрезою.

Аналогічно до (1) визначається зміна осьового положення i -ого ножа при наявності кутового відхилення фрези Θ_x (поворот навколо осі OX) [2].

$$\Delta Z_{ix} = \Theta_x \cdot R \cdot \sin j_i, \tag{2}$$

де Θ_x – кутове відхилення торцевої фрези, викликане поворотом навколо осі OX.

Враховуючи малі значення кутів відхилень фрези, загальне зміщення ножа знайдемо, як суперпозицію зміщень, обумовлених поворотом навколо осей OX та OY. Об'єднуючи формули (1) та (2), отримаємо:

$$\Delta Z_i = R \cdot (\Theta_x \cdot \sin j_i + \Theta_y \cdot \cos j_i). \tag{3}$$

Розробимо алгоритм математичного моделювання якості оброблення плоских поверхонь деталей технологічного спорядження комбінованою торцевою фрезою.

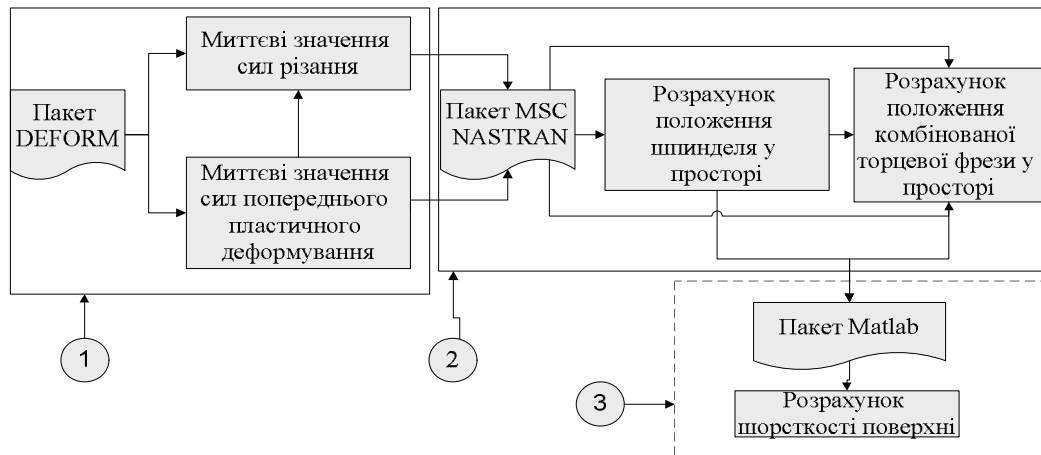


Рис. 2. Алгоритм проведення імітаційного моделювання точності оброблення площин деталей технологічного спорядження комбінованою торцевою фрезою

Імітаційна модель (рис. 2) складається з трьох блоків. Блок 1 в пакеті Deform визначає миттєві значення складових вектора сил попереднього пластичного деформування та різання. Сформований масив миттєвих значень з блоку 1 передається в блок 2, який розроблений на основі пакету MSC Nastran, де відбувається розрахунок положення шпинделя та торцевої фрези у просторі. Розраховані миттєві значення кутів нахилу торцевої фрези та шпинделя від осей X,Y,Z передаються в пакет Matlab, де по залежностям (1–3) відбувається розрахунок значень відхилення ножа від оброблюваної поверхні, що визначає миттєві значення висоти мікронерівності обробленої поверхні.

Пакет Deform, по закладеним внутрішнім алгоритмам, дозволяє провести детальне імітаційне моделювання утворення сил різання за рахунок врахування властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів, процесу зношування інструмента та ін. Врахування таких процесів важливе, оскільки формування сили різання є визначальним для аналізу нового або вдосконаленого технологічного процесу.

Проведемо аналіз розподілення сил різання при традиційній обробці та комбінованому торцевому фрезеруванні [1] плоских поверхонь деталей технологічного спорядження в системі Deform.

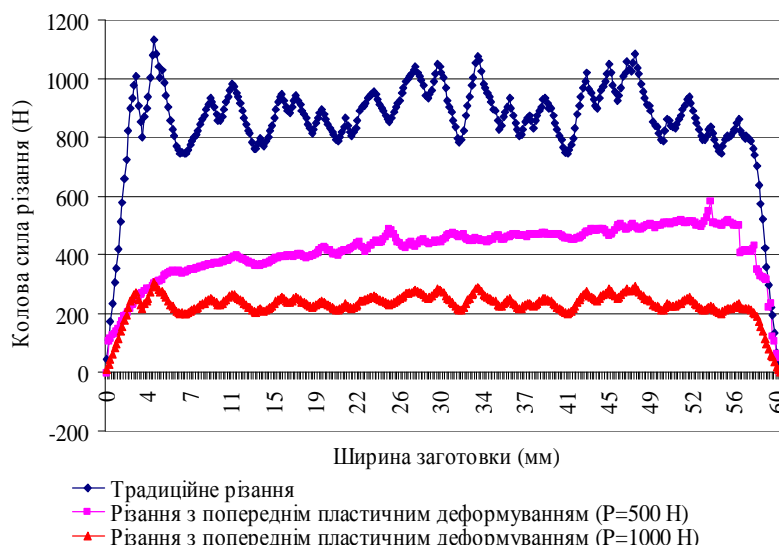


Рис. 3. Імітаційне моделювання миттєвого розподілення сили різання по результатам, отриманим в системі Deform $V = 190$ м/хв; $S = 0,15$ мм/об; $t = 0,1$ мм

Результати імітаційного моделювання (рис. 3) показують, що реалізація процесу попереднього пластичного деформування дає можливість знизити силу різання до 52 %. Зниження сили різання буде позначатись на продуктивності запропонованого технологічного процесу обробки, тобто відбуватиметься підвищення стійкості різального інструмента та якості оброблення площини.

Розрахунок положення комбінованої торцевої фрези у просторі, по раніше визначеним значенням сили різання (рис. 4) проводиться у системі MSC Nastran.

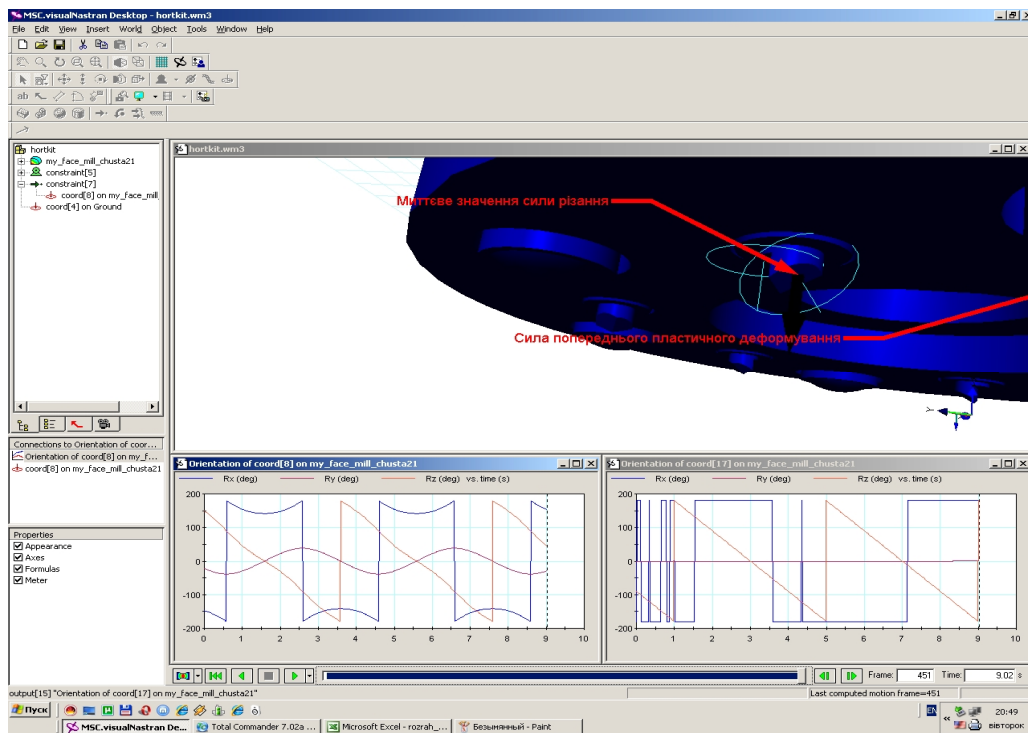


Рис. 4. Розрахунок положення комбінованої торцевої фрези у просторі

Розроблена імітаційна модель (рис. 2) дає можливість будувати графіки залежності висоти мікронерівності від ширини заготовки для різних способів обробки (рис. 5–6).

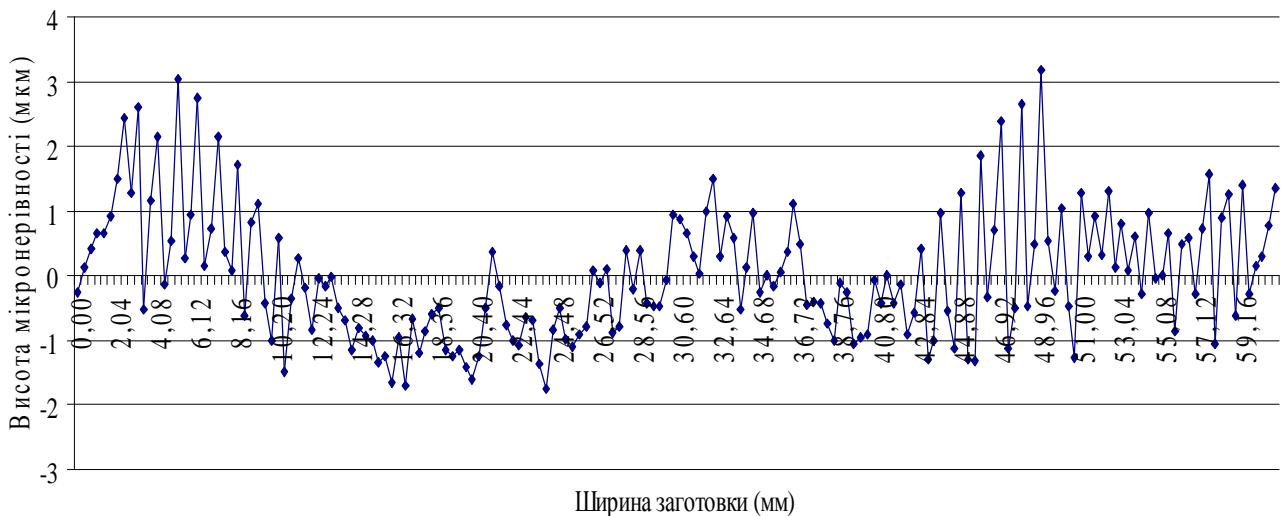


Рис. 5. Результати імітаційного моделювання утворення шорсткості оброблення плоскої поверхні зі сталі 40 (ділянка 0 – 60 мм) традиційною торцевою фрезою ($V = 190$ м/хв; $S = 0,15$ мм/об; $t = 0,1$ мм; $P = 1000$ Н)



Рис. 6. Результати імітаційного моделювання утворення шорсткості оброблення плоскої поверхні зі сталі 40 (ділянка 0 – 60 мм) комбінованою торцевою фрезою ($V = 190$ м/хв; $S = 0,15$ мм/об; $t = 0,1$ мм; $P = 1000$ Н)

Таким чином, реалізація процесу попереднього пластичного деформування дає можливість підвищити якість обробленої поверхні максимально на 97,5 %.

ВИСНОВКИ

Розроблений метод технологічного забезпечення якості оброблення площин деталей технологічного спорядження та комбінована торцева фреза, для його реалізації, дозволяє зменшити висоту мікронерівності до 97 %, що підтверджується розробленими математичними та імітаційними моделями.

З метою технологічного забезпечення якості оброблення плоских поверхонь деталей технологічного спорядження та для визначення раціональних режимів комбінованої обробки запропонованим інструментом, в подальших дослідженнях слід розробити методику експериментальних досліджень та провести перевірку адекватності отриманих теоретичних результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Виговський Г. М. Розширення області використання торцевих фрез, оснащених НТМ / Г. М. Виговський, О. А. Громовий, М. Л. Білявський // *Процеси механічної обробки в машинобудуванні*. – Ж. : ЖДТУ, 2007. – Вип. 2.
2. Білявський М. Л. Вдосконалення методу обробки незагартованих сталей комбінованими торцевими фрезами, оснащеними ПНТМ / М. Л. Білявський // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем*. – Вип. 23. – 2008.
3. Мельничук П. П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь : дис. д-ра техн. наук : 05.03.01. / П. П. Мельничук. – К., 2002. – 456 с.
4. Виговський Г. М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь : автореф. дис. канд. техн. наук / Г. М. Виговський. – Київ : НТУУ «КПІ», 2000. – 16 с.
5. Лоев В. Ю. Удосконалення фінішної обробки плоских поверхонь деталей комбінуванням різання з поверхневим пластичним деформуванням : дис... канд. техн. наук : 05.03.01 / В. Ю. Лоев. – Житомирський держ. технологічний ун-т : Житомир, 2005. – 250 с.
6. Усов С. В. Комбинированные методы обработки в машиностроении / С. В. Усов, Ю. Ф. Назаров, И. А. Коротков. – М. : ЮНИТ, 2002.
7. Ярославцев В. М. Точение с опережающим пластическим деформированием : мультимедийное учебное пособие. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – CD-R.
8. Крайнев Д. В. Повышение эффективности процесса резания сталей перлитного и аустенитного класса путем использования предварительного пластического деформирования : дис. канд. техн. наук : 05.03.01 / Д. В. Крайнев. – Волгоград, 2006. – 167 с.
9. Авакян В. А. Стохастическая модель формообразования микрогеометрии обработанных поверхностей при точении / В. А. Авакян, К. С. Бабаян, В. С. Мкртчян // *Изв. НАН РА. Сер. ТН.-Ереван*, 1995. – Т. 48. – № 1.
10. Петраков Ю. В. Оптимізація режиму різання при торцевому фрезеруванні. *Процеси механічної обробки в машинобудуванні* / Ю. В. Петраков, Н. В. Гуріна. – Ж. : ЖДТУ, 2005. – Вип. 2.
11. Деклараційний патент на винахід № 63517А. Україна. 7В23С3/00 Спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами / Виговський Г. М., Лоев В. Ю., Мельничук П. П. – № 2003043853 ; заявл. 25.04.2003 ; опубл. 15.01.2004, Бюл. № 1. – 3 с.