

Пасеніцький В.В., наук. кер. Петраков Ю.В., д.т.н., проф.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: pasenbak@gmail.com, yp-86@yandex.ua

МОДЕЛЮВАННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРЕЗЕРУВАННЯ СФЕРИЧНОЮ ФРЕЗОЮ

Процес різання завжди відбувається в пружній технологічній системі, яка є замкненою. Пояснюється це впливом деформацій, які викликані силою різання, на параметри шару припуску, який зрізується, що провокує зміну сили різання і так далі. Технологічна підготовка виробництва на верстаті з ЧПК відбувається в CAD/CAM-системах, в яких автоматизовано проектування формоутворюючої траєкторії та управляючої програми [1]. Вихідними даними, як правило, є твердотільна модель заготовки, деталі і геометрія інструменту.

Найбільш розповсюдженими чисельними методами геометричного моделювання просторового фрезерування є алгоритм конструктивної твердотільної геометрії (CSG — constructive solid geometry) [2-6, 15], алгоритм октарного дерева (octree) [7, 8, 15] і алгоритм буфера глибини (Z-буфер) [9, 10, 15]. Проте, відомі CAM системи не вирішують задачу визначення силових характеристик процесу 3D фрезерування, які є необхідними для проектування процесу різання та його оптимізації.

Мета даної роботи є розроблення методу визначення силових характеристик процесу різання при 3D фрезеруванні сферичною фрезою.

На рис. 1 представлена схема фрезерування 3D поверхні, де інструмент 1 переміщується за формоутворюючою траєкторією 2 з подачею S_ϕ та подачею на рядок S_c . Згідно функціональної схеми процесу різання [13], силові характеристики визначаються геометричними параметрами шару припуску, що зрізується. Тому на кожному кроці моделювання необхідно визначити геометричні параметри шару припуску, що зрізується.

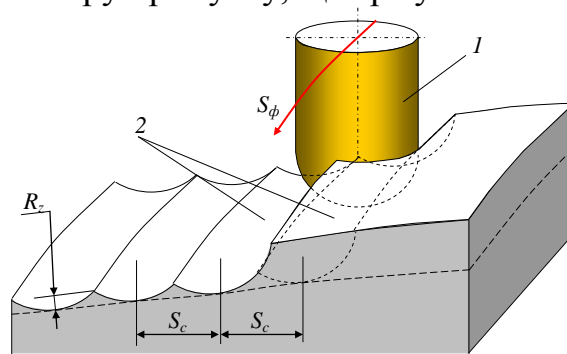


Рис. 1. Схема обробки 3-D поверхонь

Для використання алгоритмів вирішення плоскої задачі визначення дуги різання було використано прийом, який заснований на аналогії з LOM-

технологіями. Сутність таких технологій, призначених для створення 3-D моделей фасонних деталей методом Rapid Prototyping, полягає в послідовному нарощуванні плоских шарів, кожний з яких має свій контур. В результаті створюється об'єм складної 3D форми. Сферична форма фрези (рис. 2) може бути представлена як сукупність введених циліндричних фрез різного діаметру $(D_\phi)_i$ і малої товщини $(h_\phi)_i$, для кожної такої фрези існують залежності розрахунку сили різання та її складових в теорії різання [11].

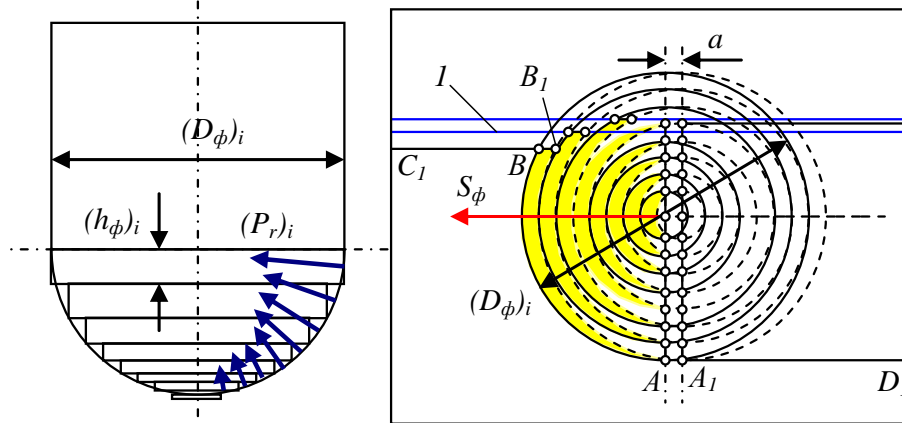


Рис. 2. Розбиття форми фрези для 3-D задачі геометричної взаємодії

Для визначення дуги різання використовується алгоритм [12, 13], блок-схема якого представлена на рис. 3. Оскільки моделювання виконується чисельними методами, контур заготовки і траєкторія еквідистанти має бути представлена цифровими масивами відповідно для чого застосовується спеціальна процедура перетворення з заданим кроком.

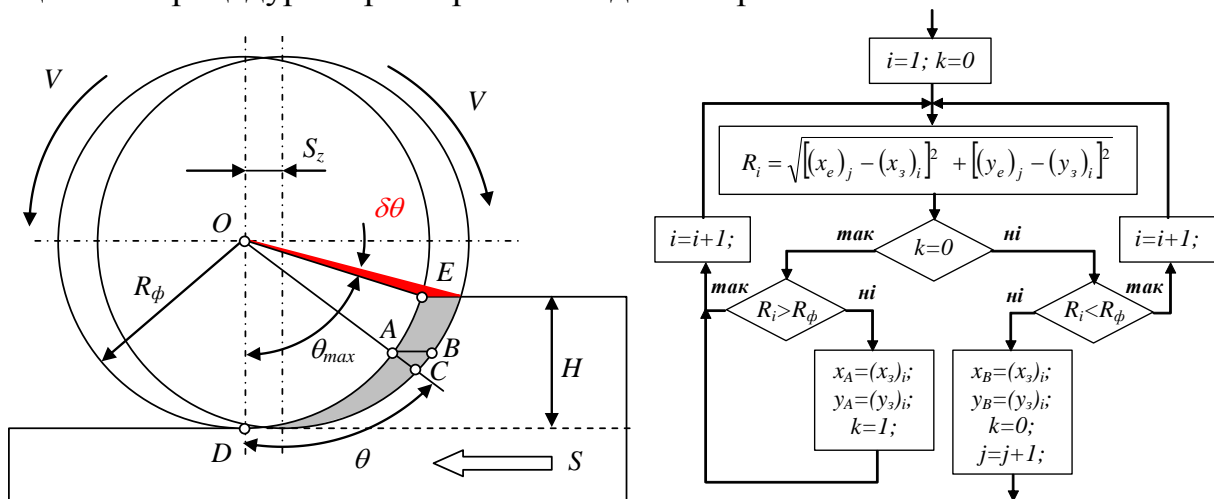


Рис. 3. Алгоритм визначення дуги різання

Таким чином, максимальна величина окружної складової сили різання для кожної фрези може бути визначена за наступною залежністю:

$$P_o = \sum_{i=1}^n C_p \cdot B_i \cdot S_z^{1-k} \sin^{1-k} \theta_{i \max},$$

де C_p , k – емпіричні коефіцієнт і показник ступеня, величини яких визначаються за таблицями [13, 14]; B_i – ширина фрезерування i -го перерізу, мм; S_z – подача

на зуб, мм/зуб; $\theta_{i\max}$ - центральний кут різання. Результируюча складова визначається як векторна сума складових сил різання на кожній елементарній фрезі.

Для проведення експериментів з реалізації запропонованого методу моделювання була розроблена прикладна програма «Моделювання обробки сферичною фрезою», інтерфейс якої в стані моделювання показано на рис. 4.

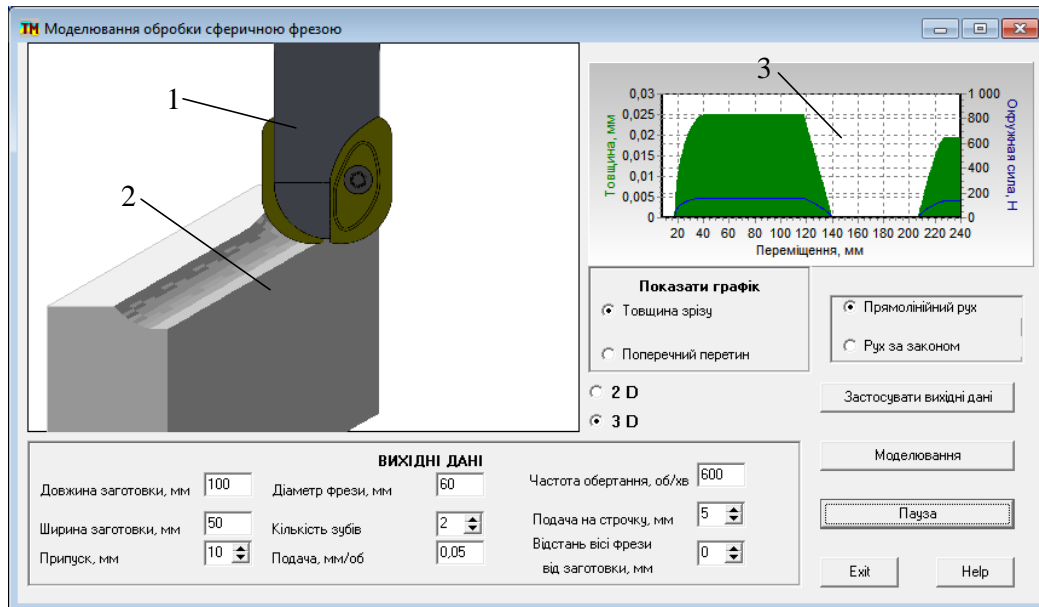


Рис. 4. Інтерфейс прикладної програми при моделюванні процесу фрезерування сферичною фрезою

Інтерфейс зображено в процесі моделювання фрезерування заготовки прямокутної форми (вихідні дані: довжина 100 мм, ширина 50 мм), а висота в подальших розрахунках визначена, виходячи з встановленої глибини різання. Для активації програми необхідно спершу натиснути кнопку «Застосувати вихідні дані», а потім кнопку «Моделювання». При натисканні кнопки «Застосувати вихідні дані» формуються дискретні числові масиви заготовки з кроком 0,1 мм і, у відповідності з прийнятою концепцією LOM-технологій, такі масиви створюються за об'ємом на глибину фрезерування (в даному випадку 10 мм) з кроком 1 мм.

Під час моделювання спеціальна процедура дозволяє визначити товщину шару припуску, який зрізується одним зубом фрези та окружну складову сили різання під час фрезерування, а результат виводиться на спеціальний екран 3.

Результати функціонування процедур моделювання геометричної взаємодії достатні для конструювання 3-D зображення процесу зрізування припуску. Для цього необхідно активізувати функцію «3-D» на інтерфейсі. Зміст графічного вікна змінюється. В графічному вікні (рис. 4) з'являються зображення інструментальної поверхні фрези 1 і виконується рух заготовки 2 з одночасною зміною форми, яка відповідає видаленій частині припуску, що визначається при функціонуванні обчислюваних процедур програми.

Висновки:

1. Розроблений алгоритм геометричної взаємодії сферичної фрези з заготовкою за аналогією з *ЛОМ –технологіями*.
2. Визначено параметри зрізуваного шару для кожної елементарної сферичної фрези.
3. Визначено окружну та радіальну складову сили різання.
4. Розроблено програмний продукт, який дозволяє реалізувати геометричну взаємодію сферичної фрези та визначити силові характеристики при фрезеруванні.

Список використаних джерел:

1. Воронов С.А., Киселев И.А., Аршинов С.В. Методика применения численного моделирования динамики многокоординатного фрезерования сложнопрофильных деталей при проектировании технологического процесса // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2012. Спец. вып. №6. – С. 50-69
2. Воронов С.А., Киселев И.А. Геометрический алгоритм 3MZBL для моделирования процессов обработки резанием: Алгоритм изменения поверхности и определения толщины срезаемого слоя // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2012. Спец. вып. № 6. – С. 70-83.
3. Voelcker H.B., Hunt W.A. The role of solid modelling in machining process modelling and NC verification // SAE. Technical Report. – 1981. – 810195.
4. Wang K.K. Solid modelling for metal removal optimization of three-dimensional NC end milling // J. Manufacturing Systems. – 1988. – No. 7(1). – P. 57–65.
5. Wang K.K. Application of solid modelling to automate machining parameters for complex parts // Proc. of CIRP Manufacturing Seminar, Penn State. –1987. – P. 33–37.
6. General geometric modelling approach for machining process simulation / H. El-Mounayri, M.A. Elbestawi, A.D. Spence, S. Bedi // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 1997. – No. 13. – P. 237–247
7. Methods for detecting errors in numerically controlled machining of sculptured surfaces / R. Jerard, R. Drysdale, K. Hauck, B. Schaudt, J. Magewick // IEEE Comput. Graph. Appl. – 1989. – No. 9 (1). – P. 26–39.
8. Pham T., Kim Y., Ko S. Development of a software for effective cutting simulation using advanced octree algorithm // Proc. of the 2007 International Conference Computational Science and its Applications. – P. 324–334.
9. Meagher D. Geometric modelling using octree method // Comput. Graph. and Image Processing. – 1982. – Vol. 19. – P. 129–147.
10. Anderson R.O. Detecting and eliminating collisions in NC 345 machining // Comput. Aided Des. – 1978. – No. 10 (2). – P. 231–237.
11. Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПУ / Монографія. Вид. «Січкар», Київ, 2011. – 222 с.
12. Петраков Ю.В., Драчев О.И. Моделирование процессов резания / ТНТ, 2013, 240с.
13. Петраков Ю.В., Драчев О.И. Автоматическое управление процессами резания / ТНТ, 2014, 408с.
14. Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами / Вісник НТУУ «КПІ», серія машинобудування, №73, Київ, 2015, С.78-83.
15. Y. Altintas Virtual process systems for part machining operations // CIRP Annals – Manufacturing Technology. – 2014. – p. 21.