УДК 62-50:658.564:621.924
А. В. Мигович, Ю. В. Петраков
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Проектування цифрових масивів траєкторій формоутворення – передумова моделювання контурного фрезерування

Вступ. Процес контурного фрезерування характеризується перманентною зміною умов геометричної взаємодії фрези і заготовки, що викликає відповідну реакцію у вигляді зміни сили різання, деформацій технологічної обробної системи (ТОС) тощо[1]. Наразі процес контурного фрезерування відбувається на верстаті з ЧПК, який виконує оброблення за управляючою програмою, яка створюється в CAM-системі (Computer Aided Manufacturing). Таким чином, простіше впливати на процес саме через таку програму і стабілізуюче управління має проектуватися на підставі апріорної інформації.

Останнім часом деякі прогресивні фірми на ринку високих технологій пропонують нові опції своїх CAM-систем, що функціонують за так званою iMachining (інтелектуальною) технологією. Не зважаючи на безсумнівний прогрес в програмуванні управляючих програм, їх аналіз [2] доводить деякі вади, пов’язані з відсутністю в апріорній інформації, що використовується, головної характеристики процесу різання – швидкості видалення припуску (MRR – Material Removal Rate), саме за якою і можна оцінювати процес. Доведено, що таку характеристику для контурного фрезерування можна отримати тільки при моделюванні процесу зрізування припуску [3].

Для використання розроблених програм моделювання у розв’язанні зазначеної проблеми необхідно забезпечити створення цифрових масивів траєкторій формоутворюючих рухів, що записані у G-кодах управляючої програми.

Мета роботи. Розробити алгоритм і прикладну програму автоматичного проектування цифрових масивів формоутворюючих рухів при контурному фрезеруванні за аналізом управляючої програми у G-кодах.

Викладення основного матеріалу. Алгоритм вирішення поставленої задачі представлено на рис.1. Управляюча програма, що була спроектована в CAM-системі, завантажується в програму як текстовий файл (*.txt). Управляючі

© А.В. Мигович, Ю.В. Петраков, 2021

програми для контурного фрезерування, як правило, містять коди прямої (G01) або дуги кола (G02, G03). Для виявлення цих параметрів кожний рядок файлу перевіряється на наявність текстових змінних (*str*) і якщо вони знайдені, проводиться ідентифікація за формою траєкторії, якщо ні перевіряється наступний рядок, додається номер k і т.д. Функціонування алгоритму закінчується при умові $k>N$, де N – кількість рядків файлу. Якщо була ідентифікована пряма, відбувається визначення координат початку $x_1[j]$, $y_1[j]$ і кінця $x_2[j]$, $y_2[j]$, якщо дуга кола то дані доповнюються радіусом $R[j]$. Тут j – номер ідентифікованої дільниці траєкторії.

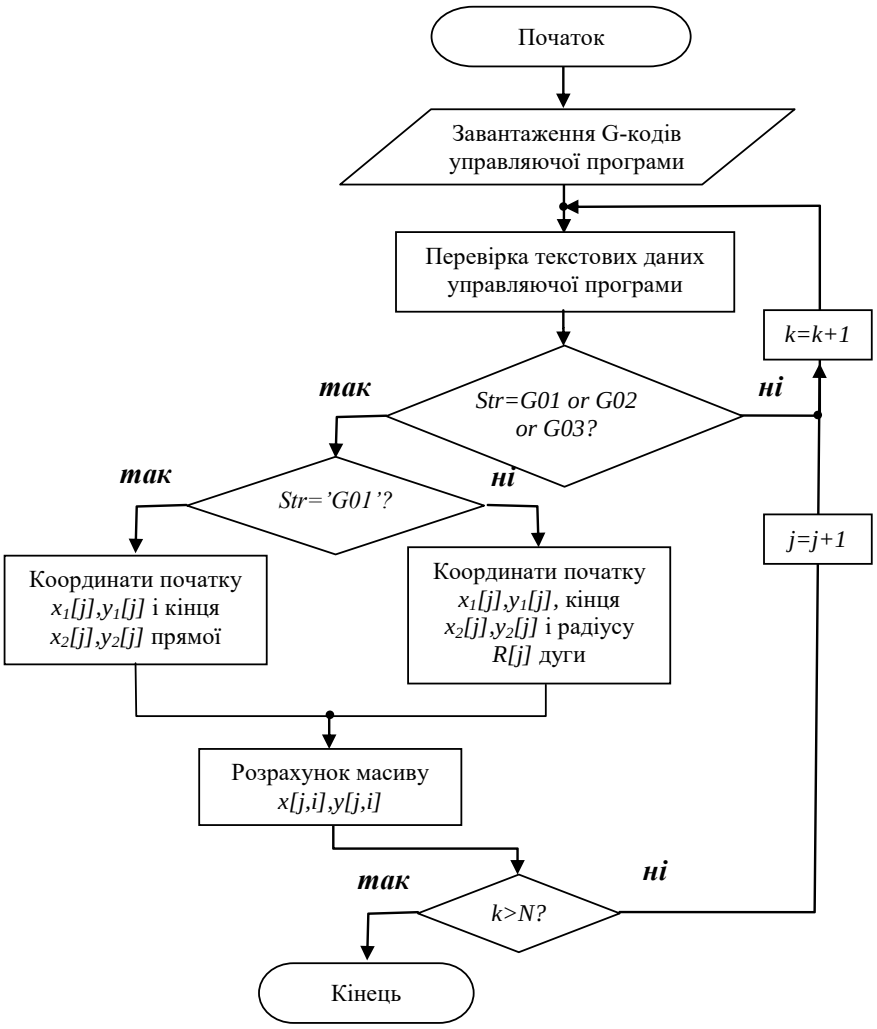


Рис. 1. Алгоритм програми

Далі виконується розрахунок цифрових масивів траєкторії. Перш за все визначається кут $\alpha[j]$ нахилу дільниці в заданій системі координат:

$$\alpha[j] = arctan\frac{y_2[j]-y_1[j]}{x_2[j]-x_1[j]} \quad (1)$$

© А.В. Мигович, Ю.В. Петраков, 2021

При цьому, попередньо до використання формули (1), виконується перевірка: якщо $x_2[j]=x_1[j]$, то при $y_2[j]-y_1[j]<0$ приймається $\alpha[j]=3\pi/2$, а при $y_2[j]-y_1[j]>0$ приймається $\alpha[j]=\pi/2$. Отже, масив відрізка прямої визначається у параметричній формі:

$$\begin{cases} x[j,i]=x_1[j]-hiCos\alpha[j] \\ y[j,i]=y_1[j]+hiSin\alpha[j] \end{cases}, \quad (2)$$

де h – крок масиву, i - порядковий номер точки масиву.

Для дільниці, описаної дугою кола можливі чотири варіанти, що розрізняються за наступними ознаками. При русі за хордою дільниці від початку до кінця, дуга дільниці може знаходитись ліворуч або праворуч від хорди, аналогічно центр дуги може розміщатися зліва або справа від хорди.

Координати $xo[j]$, $yo[j]$ центру кола визначаються за формулами:

$$\begin{cases} xo[j]=(x_1[j]-x_2[j])/2 \mp Sin\alpha[j]\sqrt{(R[j])^2-\left[(x_1[j]-x_2[j])^2+(y_1[j]-y_2[j])^2\right]/4} \\ yo[j]=(y_2[j]-y_1[j])/2 \mp Cos\alpha[j]\sqrt{(R[j])^2-\left[(x_1[j]-x_2[j])^2+(y_1[j]-y_2[j])^2\right]/4} \end{cases}. \quad (3)$$

Знаки ± приймаються згідно наведеній ознаці про розташування центру дуги по відношенню до хорди. Масив дискретної геометричної моделі дуги розраховується за формулами:

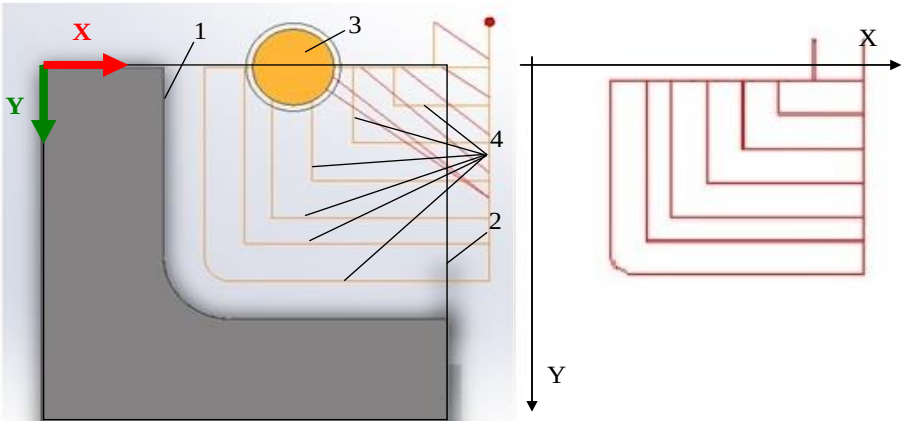
$$\begin{cases} x[j,i]=xo[j]\pm R[j]Cos(hi/R[j]) \\ y[j,i]=yo[j]\pm R[j]Sin(hi/R[j]) \end{cases}. \quad (4)$$

Моделювання. В якості прикладу функціонування розробленої прикладної програми була використана схема фрезерування контуру, що утворений двома прямими і спряженою дугою кола. Фрезерування виконується з прямокутної заготовки. Управляюча програма була розроблена за допомогою пробної версії CAM-системи SolidCAM з опцією iMachining.

На рис.2, а показані результати закінчення анімації спроектованої управляючої програми. Фрезерування контуру 1 деталі відбувається з прямокутної заготовки 2 фрезою 3. Траєкторії руху фрези як робочі, так і холості позначені лініями 4.

Спроектована в CAM-системі SolidCAM управляюча програма в G-кодах була завантажена в розроблену програму у вигляді текстового файлу. В результаті були створений файл в якому записані розраховані цифрові масиви формоутворюючих траєкторій. Для верифікації такі масиви представлені в графічному вигляді в аналогічній системі координат (рис.2, б).

© А.В. Мигович, Ю.В. Петраков, 2021



а) *б)*

Рис. 2. Результати моделювання: а) CAM-система SolidCAM, б) траєкторії за спроектованими цифровими масивами

Порівняння результатів з траєкторіями управляючої програми підтверджує її адекватність функціонування.

Висновки. Таким чином, створення цифрових масивів траєкторій формоутворюючих рухів, що записані у G-кодах управляючої програми забезпечить можливість моделювання процесу контурного фрезерування, де визначається взаємодія фрези з заготовкою на кожному кроці процесу при зміні координат фрези за розрахованими цифровими масивами формоутворюючих траєкторій. Таке моделювання надає адекватну картину зміни головної характеристики процесу різання за формоутворюючими траєкторіями. Оскільки такі масиви створені за управляючою програмою, що буде використовуватись при фрезеруванні контуру на верстаті, з'являється можливість спроектувати управляння (подачею чи подачею і частотою обертання фрези разом), яке за результатами моделювання в окремій програмі [3] забезпечить стабілізацію процесу з можливістю його подальшої оптимізації.

Список використаних джерел

1. Петраков Ю. В. Розвиток CAM-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПУ: Монографія. – К.: Січкар, 2011.- 220 с.

2. Petrakov Y. V., Myhovych A. V. iMachining technology analysis for contour milling // Mechanics and Advanced Technologies #2 (89), 2020, 114-120 pp.

3. Петраков Ю. В., Мацківський О. С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (73). 2015.- С.78-83 https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16944.

© А.В. Мигович, Ю.В. Петраков, 2021