

воздействуя на процессы схватывания и трения. Зазоры и неплотности, по которым СОТС доставляется в зону контактов стружки с передней поверхностью, достигают 0,2 мкм. Поэтому наиболее эффективным представляется применение растительных масел, имеющих хорошую проникающую способность, благодаря содержащимся в них поверхностно-активным веществам.

Проникновение СОТС в зоны контакта связано с капиллярным эффектом, электростатическими силами притяжения, миграцией активных молекул, а также с вибрациями, способствующими разъединению контактов. Кроме того, в момент отрыва частиц заторможенного слоя на передней поверхности инструмента образуются микроскопические полости разрежения, и так как пластически деформированный металл не успевает заполнить образовавшуюся пустоту, в эти полости засасывается СОТС.

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- для обеспечения условий упрочнения поверхностных слоев инструмента за счет трансформации их свойств в режиме предварительной приработки наиболее целесообразным представляется применение растительных масел;
- применение минеральных масел при обработке титановых сплавов в стационарном режиме должно привести к уменьшению относительной нагруженности в районе режущих кромок.

SUMMARY

The influence of different cooling and lubricating technological means (including vegetable oils) on adhesive component of friction is researched in this paper. Positive effect of vegetable oils compared to mineral on adhesive activity is noted. Sunflower-seed oil appeared most effective. For titanium alloys highest values were obtained using mineral oils.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х томах / Под ред. И. В. Крагельского и В.Б. Аликина. - М.: Машиностроение, 1978. - Т.1. - 400 с.
2. Зорев Н.Н. О взаимосвязи процессов в зоне стружкообразования и в зоне контакта передней поверхности инструмента // Вестник машиностроения, 1968. - №12. - С. 42-50.
3. Полетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. - М.: Машиностроение, 1969. - 288 с.
4. Шустер Л.Ш. Адгезионное взаимодействие режущего инструмента с обрабатываемым материалом. - М.: Машиностроение, 1988. - 96 с.: ил.
5. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С.Г. Зятелеса, Э.М. Берлинера. - М.: Машиностроение, 1996. - 352 с., ил.

Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.

УДК 621.941.2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССУ ВРІЗАННЯ ДЛЯ ГЛИБИЙНОЇ ОБРІВКИ ТОРЦЕВИМИ ФРЕЗАМИ

*В.М. Бушля, асп.; Г.М. Виговський, к.т.н.
(Житомирський інженерно-технологічний інститут)*

Завдання підвищення продуктивності обробки деталей з плоскими поверхнями, з припусками, що дорівнюють 6-8 мм, привела авторів до необхідності розгляду можливості використання торцевих фрез для чорнових операцій з використанням продуктивних схем різання та

ножів, оснащених надтвердими матеріалами (НТМ). Продуктивні, ступінчасті схеми різання дозволяють розподілити припуск за ступенями, однак після розподілу припуск на один ніж все одно залишається великим у порівнянні з припусками на чистові операції, приблизно 1,35–2 мм. Тому постає завдання більш детального розгляду динаміки процесу чорного торцевого фрезерування, який характеризується більшими динамічними навантаженнями в порівнянні з чистовими процесами. У роботах [1,3] показано, що основним фактором впливу на знос інструменту, оснащеного НТМ, є адгезійно-механічний процес, причому механічна складова пов'язана з моментами врізання, динамічні характеристики якого описуються коефіцієнтом динамічності. Як показано в роботі [2], що впливати на величину даного коефіцієнта найбільш успішно можна за рахунок зміни закону навантаження технологічної системи, найбільш характерні з яких для процесів переривчастої обробки наведені в цій же роботі. В роботі [4] проведені розрахунки, що оптимізують закон зміни навантаження технологічної системи за параметром мінімуму коефіцієнта динамічності. Як результат оптимізації, отриманий закон має вигляд

$$f(t/T_0) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2 \sin \frac{\pi \alpha_2}{2}} \sin \left[\pi \cdot \alpha_2 \left(\frac{1}{2} - t/T_0 \right) \right],$$

де коефіцієнт α_2 визначається з трансцендентного рівняння

$$\gamma \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma \cdot T_0}{2} = \alpha_2 \operatorname{tg} \frac{\pi \cdot \alpha_2}{2},$$

де значення γ та λ визначаються як

$$\gamma = \frac{\lambda \cdot T_0}{\pi}, \quad \lambda = \sqrt{\frac{c}{m} - b^2},$$

де c - зведена жорсткість технологічної системи; m - зведена маса; b - зведений коефіцієнт дисипативних сил.

Для визначення залежностей, за якими можна впливати геометрію ножа торцевої фрези на зміну закону навантаження ріжучої частини леза, яка задіяна в процесі врізання торцевої фрези, було побудовано модель, що за координатним способом визначає положення характерних точок ножа (рис. 1), які, в свою чергу, визначають геометрію ножа фрези, за якої буде спостерігатися найменша розбіжність між законом, визначеним в роботі [4] і законом, отриманим в процесі моделювання та оптимізації.

Моделювання проводилося в комп'ютерно-математичному середовищі MathCAD 2001 Pro, яке дозволяє оптимізувати різницю двох заданих функцій за обмеженою кількістю невідомих. У нашому випадку для трьох характерних точок у нас повинно бути дев'ять невідомих координат, ексцентриситет розміщення фрези відносно заготовки ε та ширина фрезерування B . Для спрощення задачі припустимо, що $B=100$ мм, координати $y_A = 0$ за умовами задачі $z_O = 0$, $z_A = t$, $z_B = t$ та $t=2$ мм. Тому невідомими залишаються такі координати: x_A , x_O , x_B , y_O , y_B , ε .

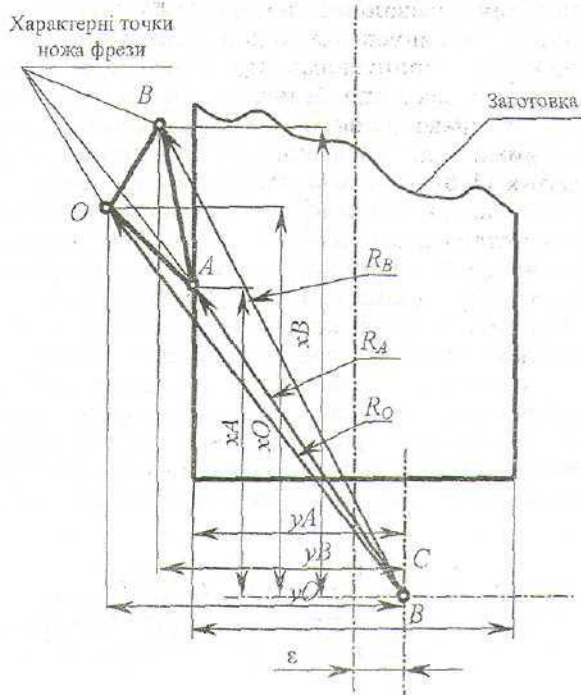


Рисунок 1 - Схема розміщення фрези відносно заготовки

Оптимізувався закон зміни площі частини ножа фрези, задіяної в різанні, тобто визначалися значення вищенаведених змінних координат, коли різниця функцій закону зміни площі $S(x_A, x_O, x_B, y_O, y_B, \epsilon)$ та оптимізованого закону $f(t/T_0)$ за двадцятьма значеннями даних законів буде мінімальною.

В середовищі MathCAD 2001 Pro є закладеним блок розв'язання *Minimize*, який визначає локальні мінімуми різниці даних функцій при заданих локальних значеннях невідомих параметрів, в околі яких програма проводить пошук мінімуму. Було проведено визначення оптимальних координат характерних точок при різних наперед заданих локальних їх значеннях. В таблиці 1 наведені значення локальних оптимумів координат при варіюванні їх початкових значень в блоці *Minimize*.

Таблиця 1 - Локально оптимізовані значення координат характерних точок та середньоквадратичні відхилення різниці двох функцій

Варіант підстановки	x_A	x_O	x_B	y_O	y_B	ϵ	σ
1	14,525	141,038	56,766	-0,491	-0,226	-0,564	0,646
2	30,250	138,199	134,000	-0,500	-0,125	-2,500	0,163
3	30,250	138,009	130,019	-0,500	-0,125	-2,500	0,210
4	42,195	125,000	126,235	-0,346	-0,080	15,010	0,120
5	120,971	125,508	125,508	-0,999	-0,499	0	0,181

Як бачимо з таблиці 1, отримані значення координат характерних точок дозволяють з високою точністю визначати положення та форму різальної частини ножа торцевої фрези. Але координати не є зручними

характеристиками геометрії, тому зробимо перерахунок в кути φ , φ_1 , γ , λ ножа. Для цього перейдемо в систему координат, що має за початок точку O та як вісь Y_1 лінію врізання точки O , а вісь X_1 нормаль до неї.

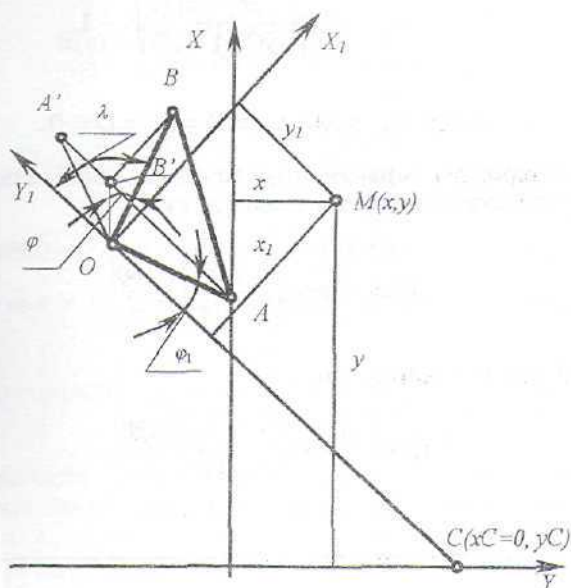


Рисунок 2 - Схема взаємозв'язку між системами координат

Зробимо перерахунок координат наших характерних точок з системи координат (x, y, z) в систему координат x_1, y_1, z_1 :

$$y_1 A(\varepsilon) = \frac{\left| \frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \cdot xA - yA + \left(yO - xO \frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \right) \right|}{\sqrt{\left(\frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \right)^2 + 1}},$$

$$y_1 B(\varepsilon) = \frac{\left| \frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \cdot xB - yB + \left(yO - xO \frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \right) \right|}{\sqrt{\left(\frac{yC(\varepsilon) - yO}{xC - xO} \right)^2 + 1}},$$

$$y_1 O = 0,$$

$$x_1 A(\varepsilon) = \frac{\left| \frac{-(xC - xO)}{yC(\varepsilon) - yO} \cdot xA - yA + yO - xO \cdot \frac{xC - xO}{yC(\varepsilon) - yO} \right|}{\sqrt{\left(\frac{xC - xO}{yC(\varepsilon) - yO} \right)^2 + 1}},$$

$$x_1 B(\varepsilon) = \frac{\frac{-(xC - xO)}{yC(\varepsilon) - yO} \cdot xB - yB + yO - xO \cdot \frac{xC - xO}{yC(\varepsilon) - yO}}{\sqrt{\left(\frac{xC - xO}{yC(\varepsilon) - yO}\right)^2 + 1}}$$

$$x_1 O = 0, \quad z_1 A = t, \quad z_1 B = t, \quad z_1 O = 0.$$

Знаючи координати характерних точок в новій системі координат, можна визначити головний кут в плані φ як

$$\varphi(\varepsilon) = \left| \operatorname{arctg} \left(\frac{z_1 B}{y_1 B(\varepsilon)} \right) \right| \cdot \frac{180}{\pi}$$

та допоміжний кут у плані φ_1 як

$$\varphi_1(\varepsilon) = \left| \operatorname{arctg} \left(\frac{z_1 A}{y_1 A(\varepsilon)} \right) \right| \cdot \frac{180}{\pi}$$

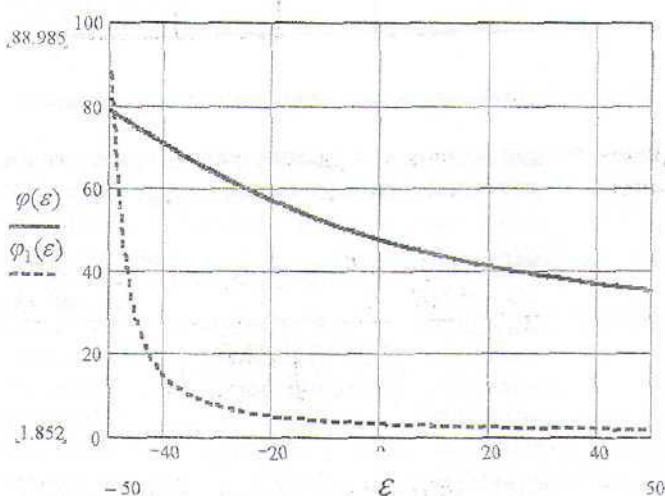


Рисунок 3 - Залежності головного та допоміжного кутів у плані від ексцентриситету

Для визначення переднього кута γ необхідно ввести ще одну точку A' , яка мала б координати $A'(x_1 A', -y_1 A', z_1 A')$. Дана точка дасть нам можливість визначити площину AOA' , яка буде утворювати кут γ з площиною $x_1 = 0$. Щоб записати площу у вигляді лінійного рівняння $Ax_1 + By_1 + Cz_1 + D = 0$, необхідно визначити коефіцієнти A, B, C, D , перші три як детермінанти матриці:

$$\alpha(\varepsilon) = \begin{pmatrix} x_1 - x_1 O(\varepsilon) & y_1 - y_1 O(\varepsilon) & z_1 - z_1 O \\ x_1 A(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & y_1 A(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) & z_1 A - z_1 O \\ x_1 A'(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & y_1 A(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) & z_1 A' - z_1 O \end{pmatrix},$$

де коефіцієнти A, B, C, D будуть рівні:

$$A(\varepsilon) = \begin{pmatrix} y_1 A(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) & z_1 A - z_1 O \\ y_1 A'(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) & z_1 A' - z_1 O \end{pmatrix},$$

$$B(\varepsilon) = \begin{pmatrix} x_1 A(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & z_1 A - z_1 O \\ x_1 A'(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & z_1 A' - z_1 O \end{pmatrix},$$

$$C(\varepsilon) = \begin{pmatrix} x_1 A(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & y_1 A(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) \\ x_1 A'(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon) & y_1 A'(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon) \end{pmatrix},$$

$$D(\varepsilon) = -A(\varepsilon) \cdot x_1 O(\varepsilon) + B(\varepsilon) \cdot y_1 O(\varepsilon) - C(\varepsilon) \cdot z_1 O.$$

Тоді передній кут γ буде визначатися за такою залежністю:

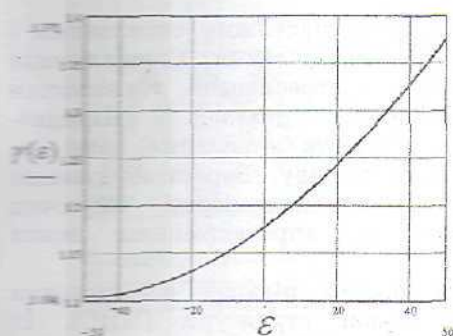
$$\gamma(\varepsilon) = \left| \arccos \left(\frac{A(\varepsilon)}{\sqrt{A(\varepsilon)^2 + B(\varepsilon)^2 + C(\varepsilon)^2}} \right) \cdot \frac{180}{\pi} - 90 \right|.$$

Серед геометричних параметрів, які ще можуть охарактеризувати передню поверхню ножа торцевої фрези, слід визначити кут нахилу передньої кромки λ , який у нашому випадку буде визначатися як кут між прямою OB та площиною AOA' .

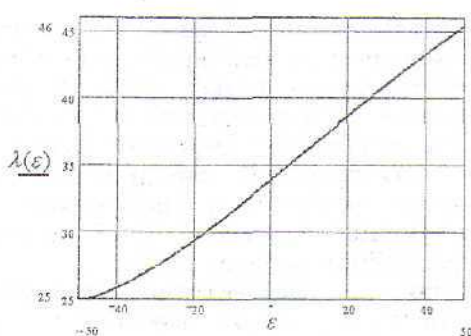
Дана залежність буде мати вигляд

$$\lambda(\varepsilon) = \arccos \left(\frac{(x_1 B(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon)) \cdot (x_1 B'(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon)) + (y_1 B(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon)) \times \sqrt{(x_1 B(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon))^2 + (y_1 B(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon))^2 + (z_1 B - z_1 O)^2}}{\sqrt{(x_1 B'(\varepsilon) - x_1 O(\varepsilon))^2 + (y_1 B'(\varepsilon) - y_1 O(\varepsilon))^2 + (z_1 B' - z_1 O)^2}} \times \frac{180}{\pi} \right),$$

де координати $x_1 B'$, $y_1 B'$, $z_1 B'$ є координатами точки B' , яка розміщена в площині AOA' .



а)



б)

Рисunek 4 - Залежність переднього кута γ - а) та кута нахилу різальної кромки λ - б) від ексцентриситету

Можна побачити, що при підстановці значення ексцентриситету, отриманого в процесі локальної оптимізації $\varepsilon = -2,5$, кути будуть

відповідно дорівнювати $\varphi = 48^\circ$, $\varphi_1 = 4,5^\circ$, $\gamma = 1,8^\circ$ та $\lambda = 32,5^\circ$. Виходячи з отриманих результатів, можна сказати, що дана модель оптимізації геометрії ножа торцевої фрези визначає параметри, які збігаються з рекомендованими, але є більш точними, однак слід зазначити, що в подальшому буде проводитися удосконалення моделі з метою створення можливостей пошуку не локальних оптимумів, а глобальних.

SUMMARY

The article deals with modeling of optimization of geometric parameters of cutting knife of face milling cutter by the criterion of optimization as minimum of dynamics coefficient. The results of optimization of above mentioned parameters, and graphical dependencies of some of optimized magnitudes are shown in here.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Боровский Г.В., Музыкант Я.А. Торцовые фрезы с ножами из композита // Станки и инструмент. - 1977. - №2. - С. 9-11.
2. В.С. Фадеев. Особенности изнашивания и разрушения современных инструментальных материалов при нестационарном резании: Препринт/АН СССР. Дальневосточное отделение. Институт машиноведения и металлургии. - Владивосток, 1991.
3. Технологические особенности механической обработки инструментом из поликристаллических сверхтвердых материалов/ Г.Г. Карюк, В.И. Захаров и др. /Под ред. Г.Г. Карюка. - К.: Наукова думка, 1991. - 281 с.: ил.
4. Г.М. Гивовський, В.М. Бушля. Особливості глибинного торцевого фрезерування плоских поверхонь.- Вісник НТУУ "КПІ" Спец. випуск матеріалів конференції "Прогресивні технології та технологічні процеси". -К.: НТУУ "КПІ", 2002.

Надійшла до редколегії 16 грудня 2002р.

УДК 621.9.06

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВЕРСТАТІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

*І.А. Валевський, асп.; В.А. Крижанівський, д.т.н.
(Кіровоградський державний технічний університет)*

Сучасне машинобудування характеризується постійним оновленням і вдосконаленням машин та технологій їх виготовлення. Спеціалізація верстатів не повною мірою відповідає прогресивним технологіям внаслідок багаторазового перебазування деталей. Швидкопереналаджувані верстати дадуть можливість сумістити різні за фізичною природою методи технологічного впливу. Верстатобудування повинно розвиватися не тільки шляхом модернізації існуючих конструкцій верстатів, а й пошуком та впровадженням нових нетрадиційних рішень.

Одним з перспективних напрямків нового підходу є створення верстатів на основі механізмів паралельної структури (МПС). Їх основними властивостями є модульна конструкція, побудована з уніфікованих елементів, яка здатна сприймати та передавати навантаження подібно до просторових форм та забезпечувати рух виконавчого органу з високими швидкостями та прискореннями.

У 1956 р. В. Гауф вперше застосував МПС на практиці для орієнтації рухомої платформи. Більш широке використання розпочалося з 1965 р., коли інженер Д. Стюарт розробив механізм з паралельними зв'язками ("платформа Стюарта"), який став основою авіаційних тренажерів.

Проектування верстатів паралельної структури (ВПС) вперше було здійснено в колишньому СРСР [1]; за кордоном аналогічні розробки