

УДК 621.914.1

В.О. Логомінов, аспір.

А.А. Мінакова, магістрант

Ю.М. Внуков, д.т.н., проф.

Запорізький національний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗРІЗУ ТА ЧАСУ КОНТАКТУ ДЛЯ РІЗУЧОГО ЗУБА ПРЯМОЗУБОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФРЕЗИ

Розглянуто розрахунок кута контакту зуба прямозубої циліндричної фрези та часу контакту одного зуба фрези з припуском. Наведена схема розрахунку.

Вступ. Для визначення динамічних характеристик процесу циліндричного фрезерування необхідно знати час контакту ріжучого зуба та закон зміни товщини зрізу при знятті припуску. На рисунку 1 представлена схема роботи прямозубої циліндричної фрези при зустрічному фрезеруванні, виходячи з якої і були проведені розрахунки. При розрахунках були введені наступні спрощення: траєкторією зуба фрези є коло; деталь та інструмент абсолютно жорсткі; лезо зуба фрези абсолютно гостре (тобто, радіус закруглення різальної кромки $\rho = 0$).

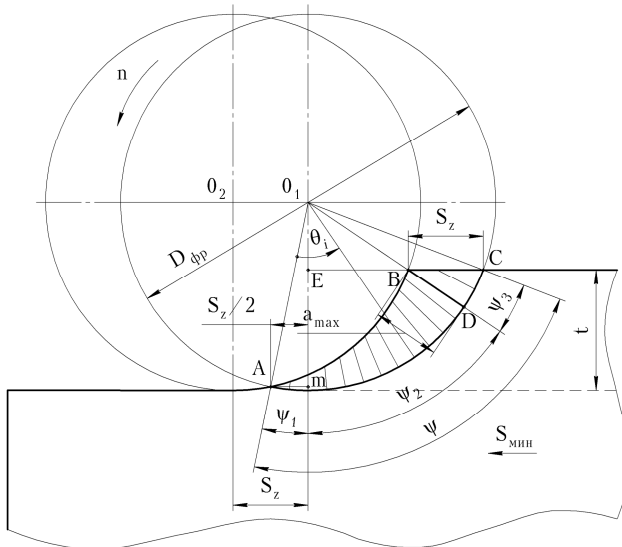


Рис. 1. Схема роботи прямозубої циліндричної фрези

Час контакту одного зуба фрези з припуском можна розрахувати за формулою (1):

$$\tau = \frac{L}{V} = \frac{\pi \cdot D \cdot \psi}{360} \cdot \frac{60}{\pi \cdot D \cdot n} = \frac{60 \cdot \psi}{n \cdot 360}, \quad (1)$$

де L – довжина дуги повного контакту зуба фрези при знятті припуску глибиною – t , мм; V – лінійна швидкість різання фрези, м/хв.; n – число обертів фрези, об/хв.; ψ – повний кут контакту зуба фрези з припуском, що знімається, град.

З формули (1) виходить, що час повного контакту зуба фрези з припуском залежить тільки від кута ψ та числа обертів фрези – n .

У формулі (1) невідомим є кут ψ , який є сумою кутів ψ_1, ψ_2 та ψ_3 .

Кут ψ_1 визначається з трикутника AO_1M за формулою (2):

$$\psi_1 = \arcsin \frac{S_z}{D_{\text{од}}}, \quad (2)$$

де S_z – подача на 1 зуб фрези, мм/зуб; $D_{\text{од}}$ – діаметр фрези, мм.

Кут $\psi_2 + \psi_3$ визначається з трикутника EO_1C за формулою (3):

$$\psi_2 + \psi_3 = \arccos \left(1 - \frac{2t}{D} \right). \quad (3)$$

Тоді повний кут контакту зуба фрези буде розраховуватись за формулою (4):

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 = \arcsin \frac{S_z}{D_{\text{од}}} + \arccos \left(1 - \frac{2t}{D} \right). \quad (4)$$

Кут ψ_2 визначається з трикутника EO_1B за формулою (5):

$$\psi_2 = \arctan \frac{\frac{D_{\text{од}}}{2} \cdot \sin(\psi_1 + \psi_2) - S_z}{\frac{D_{\text{од}}}{2} - t}. \quad (5)$$

Товщина зрізаемого шару при циліндричному фрезеруванні є величиною змінною та залежить від кута повороту фрези θ при зрізанні припуску від точки A до C . Зі збільшенням кута від $\theta = 0$ до $\theta = \psi_1 + \psi_2$ товщина зрізу a_i росте від 0 до a_{max} , а при подальшому збільшенні від $\theta = \psi_1 + \psi_2$ до $\theta = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3$ зменшується до 0.

При попутному фрезеруванні товщина зрізу змінюється у зворотному порядку.

Використовуючи полярні координати можна визначити значення товщини зрізу a_i для кожного кута повороту фрези.

Для площі зрізу S_{ABD} (тобто $0 < \theta \leq \psi_1 + \psi_2$):

$$a_{zi} = \frac{D_{\dot{\theta}\dot{\theta}}}{2} + S_z \cdot \sin(\theta - \psi_1) - \sqrt{\frac{D_{\dot{\theta}\dot{\theta}}^2}{4} - S_z^2 \cdot \cos^2(\theta - \psi_1)}. \quad (6)$$

Для площі зрізу S_{DBC} (тобто $\psi_1 + \psi_2 \leq \theta \leq \psi_1 + \psi_2 + \psi_3$):

$$a_{zi} = \frac{D_{\dot{\theta}\dot{\theta}}}{2} - \frac{\frac{D_{\dot{\theta}\dot{\theta}}}{2} - t}{\cos(\theta - \psi_1)}. \quad (7)$$

Значення товщини зрізу a_{zi} для миттєвого кута повороту зуба фрези θ_i дозволить аналітично розрахувати силу різання та її складові в кожний момент часу.

Визначимо час повного контакту та закон зміни товщини зрізу в часі для реальних умов фрезерування на трьох режимах:

Перший режим:

$$n = 90 \text{ об./хв.}, S_{\dot{\theta}\dot{\theta}} = 18 \text{ мм/хв.}, S_z = 0,2 \text{ мм/зуб.}$$

Другий режим:

$$n = 224 \text{ об./хв.}, S_{\dot{\theta}\dot{\theta}} = 45 \text{ мм/хв.}, S_z = 0,2 \text{ мм/зуб.}$$

Третій режим:

$$n = 355 \text{ об./хв.}, S_{\dot{\theta}\dot{\theta}} = 90 \text{ мм/хв.}, S_z = 0,2 \text{ мм/зуб.}$$

Фрезерування зустрічне, діаметр фрези $D_{\dot{\theta}\dot{\theta}} = 35$ мм, Кількість зубців $z = 1$, глибина припуску $t = 0,5$ мм.

На рисунку 2 наведені закони змінення товщини зрізу з часом (по довжині дуги контакту).

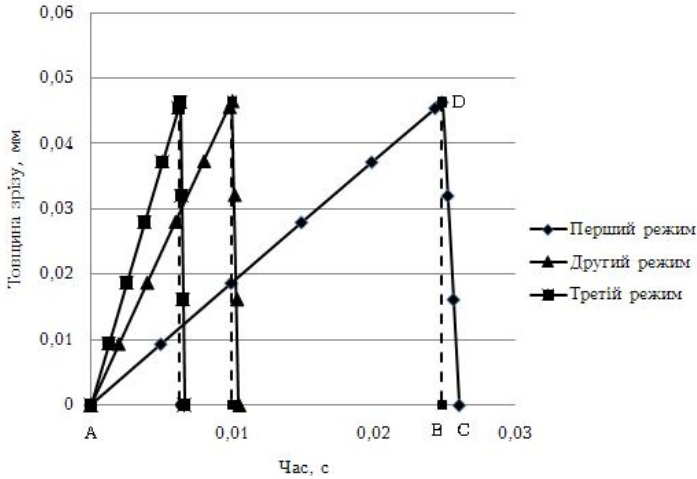


Рис. 2. Закони зміни товщини зрізу a_{zi} від часу зрізання припуску одним зубом при прямозубому циліндричному фрезеруванні

На рисунку 2 можна бачити, що закон зміни товщини зрізу можна приймати у виді двох трикутників: ADC для кута повороту зуба фрези від 0 до $\psi_1 + \psi_2$ та BDC для кута повороту зуба фрези від $\psi_1 + \psi_2$ до ψ .

Для усіх вище розглянутих режимів фрезерування постійними значення є: повний кут контакту зуба фрези зі знімаємим припуском $\psi = 14,05$ град (однакова довжина контакту дуги ADC), максимальна товщину зрізу $a_{\max} = 0,048$ мм, але різний час контакту. Для першого режиму час контакту складає $\tau = 0,026$ с, для другого режиму $\tau = 0,0105$ с, для третього режиму $\tau = 0,0066$ с.

З наведених розрахунків можна зробити наступні **висновки**:

1. При знятті припуску з невеликою глибиною ($t = 0,5$ мм), кут контакту зуба фрези з припуском невеликий $\psi = 14,05$ град, що дозволяє вважати, що в контакті завжди буде знаходитись 1 зуб.
2. Зі збільшенням швидкості обробки зрізується однаковий об'єм металу, але за менший час. Цей час показано на рисунку 2.

ЛОГОМІНОВ Віктор Олексійович – аспірант Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- вібрації при механічній обробці;
- кінцеве фрезерування маложорстких деталей;
- математичне моделювання процесів механічної обробки.

МІНАКОВА Анжела Анатоліївна – магістрант Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- фрезерування.

ВНУКОВ Юрій Миколайович – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, завідувачий кафедрою «Технології машинобудування» Запорізького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка металів різанням;
- сили різання при механічній обробці;
- шліфування деталей зі складним профілем;
- вібрації при механічній обробці;
- фрезеруванням нежорстких деталей.

Подано 06.09.2011

