

УДК 621.914

П.Р. Родін, д.т.н., проф.
 Національний технічний університет України "КПІ"
 П.П. Мельничук, к.т.н., доц.
 Житомирський інженерно-технологічний інститут

ТОВЩИНА ЗРІЗУ ДЛЯ ТОРЦЕВОЇ ФРЕЗИ З КОЛОВОЮ РІЗАЛЬНОЮ КРОМКОЮ

В роботі отримано графоаналітичним способом значення товщини зрізу при торцевому фрезеруванні інструментом, оснащеним різальними пластинами з коловою різальною кромкою.

Форма перерізу зрізуваного шару визначається формою проекції різальної кромки на осьову площину фрези, що проходить через вершинну точку зуба. На рис. 1 графічно вирішена розглянута задача. За площину проекції Π_1 прийнята площина, перпендикулярна осі фрези. Площина Π_2 паралельна осьовому перерізу фрези, що проходить через базову точку A різальної кромки. Площина Π_3 перпендикулярна дотичній до різальної кромки в точці A , положення якої визначається кутом нахилу різальної кромки λ .

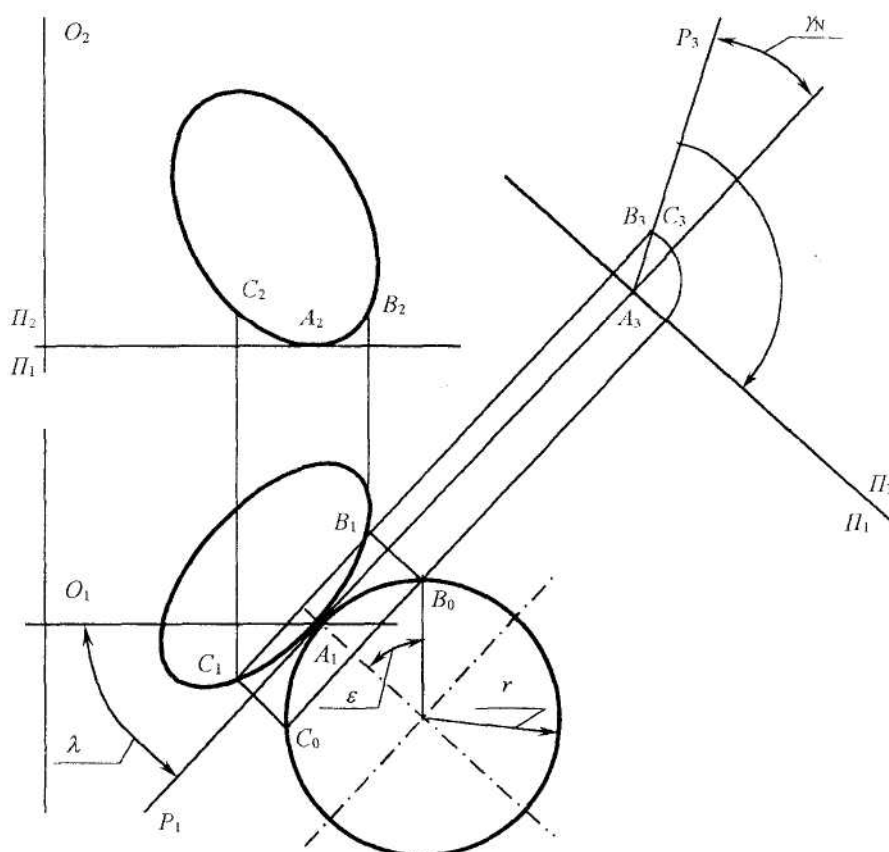


Рис. 1

В системі площин проекцій Π_1/Π_3 зображені сліди P_1 та P_3 передньої поверхні, положення якої визначається різальною кромкою λ в базовій точці A та переднім кутом γ_n в нормальному до різальної кромки перерізі в тій же точці A . Обертанням суміщено передню поверхню P з площиною Π_1 і знайдемо в суміщеному положенні дійсну форму різальної кромки.

В розглянутому випадку це буде коло радіусом r . На даному колі положення довільної точки B_0 визначається кутом ε . Зворотним поворотом передньої поверхні P у вихідне положення знайдемо проекції B_1 та B_3 точки B в системі Π_1/Π_3 . За правилом зміни площин проекцій знайдемо проекцію B_2 точки B на площині Π_2 . Аналогічно знаходяться проекції інших точок дуги кола $B_0A_0C_0$ на площинах Π_1 та Π_2 . Еліпс $B_1A_1C_1$ є проекцією колової різальної кромки на площину Π_1 , а еліпс $B_2A_2C_2$ – проекцією колової різальної кромки на осьову

площину Π_2 . На рис. 2 рішення виконано в системі площин проєкцій $\Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4$. За площину Π_4 прийнята площина, яка паралельна передній поверхні зуба фрези. Тому колова різальна кромка радіусом r проєкується на площину Π_4 в натуральну величину.

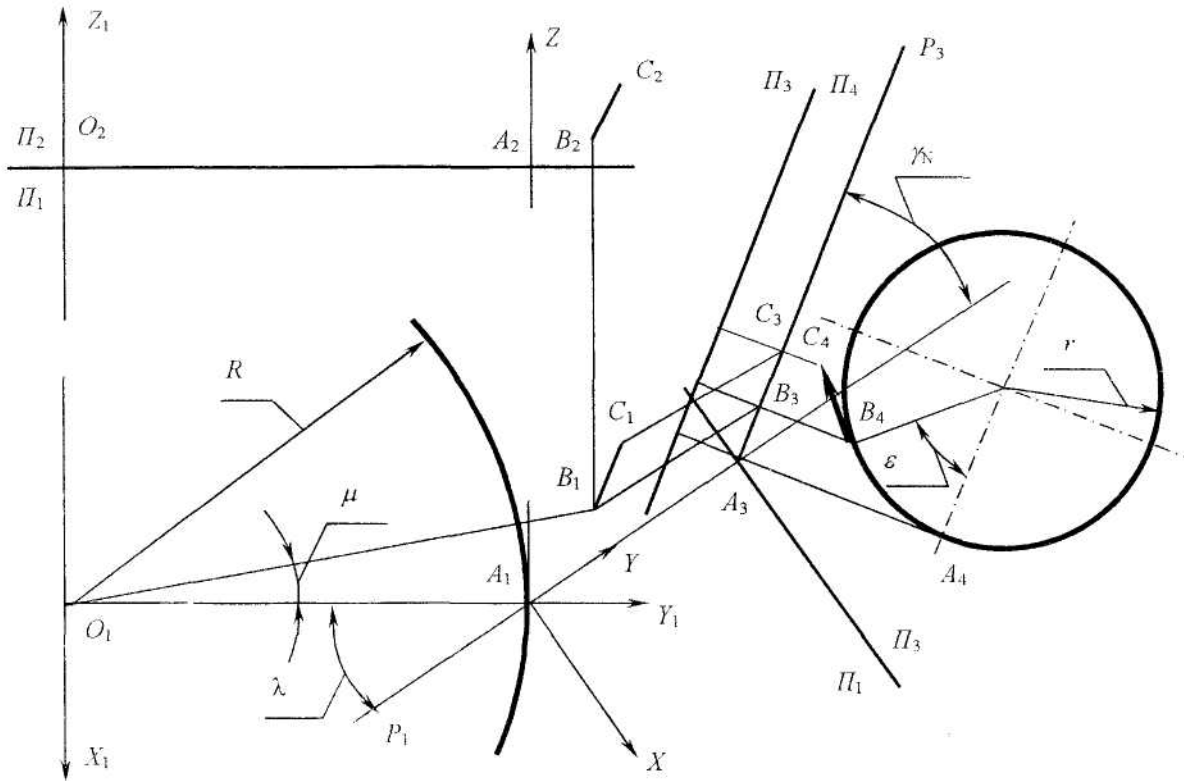


Рис. 2

Система координат XYZ вибрана таким чином, що вісь Y направлена по сліду P_1 , вісь Z – перпендикулярна площині Π_1 . За початок координат прийнята вершина точки A зуба фрези. Координати точки B в системі XYZ будуть:

$$\begin{aligned} X_B &= -r(1 - \cos \varepsilon) \sin \gamma_n, \\ Y_B &= r \sin \varepsilon, \\ Z_B &= r \cdot (1 - \cos \varepsilon) \cos \gamma_n. \end{aligned} \tag{1}$$

По дотичній до різальної кромки в точці B проведено одиничний вектор \overline{BC} , який в дійсну величину проєкується на площину Π_4 . Координати точки C в системі XYZ будуть:

$$\begin{aligned} X_c &= -r(1 - \cos \varepsilon) \sin \gamma_n - \sin \varepsilon \sin \gamma_n, \\ Y_c &= r \sin \varepsilon + \cos \varepsilon, \\ Z_c &= r(1 - \cos \varepsilon) \cos \gamma_n + \sin \varepsilon + \cos \gamma_n. \end{aligned} \tag{2}$$

Вектор \overline{BC} , дотичний до різальної кромки в довільній точці B , буде визначатись таким чином:

$$\overline{BC} = \vec{i}(-\sin \varepsilon \sin \gamma_n) + \vec{j} \cos \varepsilon + \vec{k} \sin \varepsilon \cos \gamma_n. \tag{3}$$

Введемо нову систему координат $X_1Y_1Z_1$, зв'язану з різальним зубом, що розглядається. Вісь Z проходить по осі фрези, площина X_1Y_1 – через базову точку A різальної кромки, вісь Y_1 – по радіусу, що з'єднує вісь фрези з точкою A . Формули перетворення:

$$\begin{aligned} X_1 &= X \cos \lambda - Y \sin \lambda; \\ Y_1 &= Y \cos \lambda + X \sin \lambda + R; \\ Z_1 &= Z. \end{aligned} \tag{4}$$

У відповідності до формул перетворення координатами точки B різальної кромки в системі $X_1Y_1Z_1$ будуть:

$$\begin{aligned} X_1 &= -r[(1 - \cos \varepsilon) \cdot \sin \gamma_N \cdot \cos \lambda + \sin \varepsilon \sin \lambda]; \\ Y_1 &= r[\sin \varepsilon \sin \lambda - (1 - \cos \varepsilon) \sin \gamma_N \sin \lambda] + R; \\ Z_1 &= r(1 - \cos \varepsilon) \cos \gamma_N. \end{aligned} \tag{5}$$

Кут μ між віссю Y_1 та радіусом O_1B_1 визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{r[(1 - \cos \varepsilon) \sin \gamma_N \cos \lambda + \sin \varepsilon \sin \lambda]}{r[\sin \varepsilon \cos \lambda - (1 - \cos \varepsilon) \sin \gamma_N \cdot \sin \lambda] + R}. \tag{6}$$

В системі $X_1Y_1Z_1$ вектор R швидкості обертання точки B відносно осі фрези:

$$\vec{V} = \vec{i} + j \cdot \operatorname{tg} \mu. \tag{7}$$

Відповідно до формул перетворення координат вектор \vec{BC} в системі $X_1Y_1Z_1$:

$$\begin{aligned} \vec{BC} &= \vec{i} [-\sin \varepsilon \cdot \sin \gamma_N \cdot \cos \lambda - \cos \varepsilon \sin \lambda] + \\ &+ \vec{j} (\cos \varepsilon \cos \lambda - \sin \varepsilon \sin \gamma_N \sin \lambda) + \vec{k} \sin \varepsilon \cos \gamma_N. \end{aligned} \tag{8}$$

Вектор нормалі \vec{N} до статичної поверхні різання буде векторним добутком векторів \vec{BC} та \vec{V} , що дотикаються до статичної поверхні різання:

$$\vec{N} = [\vec{BC} \cdot \vec{V}]. \tag{9}$$

В координатній формі:

$$\begin{aligned} &= \begin{vmatrix} i & j & k \\ B_{x1} & B_{y1} & B_{z1} \\ 1 & \operatorname{tg} \mu & 0 \end{vmatrix} = \\ &= \vec{i}(-B_{z1} \operatorname{tg} \mu) + \vec{j}B_{z1} + \vec{k}(B_{x1} \operatorname{tg} \mu - B_{y1}), \end{aligned} \tag{10}$$

де B_{x1}, B_{y1}, B_{z1} – координати \vec{BC} в системі $X_1Y_1Z_1$.

Звідси:

$$\begin{aligned} \vec{N} &= [\vec{BC} \cdot \vec{V}] = \vec{i}(-\operatorname{tg} \mu \sin \varepsilon \cos \gamma_N) + \\ &+ \vec{k}[\operatorname{tg} \mu(-\sin \varepsilon \sin \gamma_N \cos \varepsilon \sin \lambda) - \cos \varepsilon \cos \lambda + \sin \varepsilon \sin \gamma_N \sin \lambda]. \end{aligned} \tag{11}$$

Система координат $X_1Y_1Z_1$, що зв'язана з фрезою, повертається навколо осі Z_2 нерухомої системи $X_2Y_2Z_2$. Позначивши кут повороту через t (рис. 3), отримуємо формули перетворення:

$$\begin{aligned} X_2 &= X_1 \cos t + Y_1 \sin t; \\ Y_2 &= Y_1 \cos t - X_1 \sin t; \\ Z_2 &= Z_1. \end{aligned} \tag{12}$$

Відповідно до формул перетворення координат вектор \vec{N} нормалі статичної поверхні різання в системі $X_2Y_2Z_2$ будуть:

$$\begin{aligned} \vec{N} &= \vec{i} (-\cos t \cdot \operatorname{tg} \mu \sin \varepsilon \cos \gamma_N + \sin \varepsilon \cos \gamma_N \sin t) + \\ &+ \vec{j} (\sin \varepsilon \cos \gamma_N \cos t + \operatorname{tg} \mu \sin \varepsilon \cos \gamma_N \sin t) + \\ &+ \vec{k} [-\operatorname{tg} \mu (\sin \varepsilon \sin \gamma_N \cos \lambda + \cos \varepsilon \sin \lambda) - \cos \varepsilon \cos \lambda + \sin \varepsilon \sin \gamma_N \sin \lambda] = \\ &= \vec{i} N_x + \vec{j} N_y + \vec{k} N_z. \end{aligned} \tag{13}$$

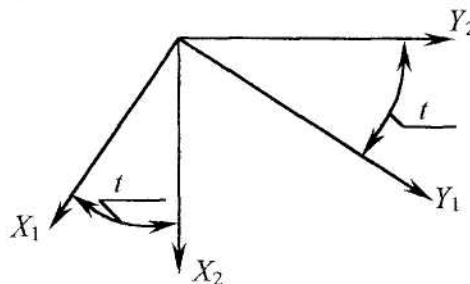


Рис. 3

В системі $X_2Y_2Z_2$ вектор подачі \bar{S} буде дорівнювати:

$$\bar{S} = \bar{j} S_Z, \quad (14)$$

де S_Z – подача на зуб.

Шукана товщина зрізу α визначається із залежності:

$$\alpha = \frac{(\bar{N} \cdot \bar{S})}{(N)}. \quad (15)$$

У випадку, що розглядається, скалярний добуток в чисельнику залежності (15):

$$(\bar{N} \cdot \bar{S}) = S_Z (\sin \varepsilon \cos j_N \cos t + \operatorname{tg} \mu \sin \varepsilon \cos j_N \sin t). \quad (16)$$

Звідси:

$$\alpha = \frac{S_Z (\sin \varepsilon \cos j_N \cos t + \operatorname{tg} \mu \sin \varepsilon \cos j_N \sin t)}{\sqrt{N_X^2 + N_Y^2 + N_Z^2}}. \quad (17)$$

Розглянемо випадок, коли кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0^\circ$ і передній кут в нормальному до різальної кромки перерізі $j_N = 0$. Тоді:

$$\operatorname{tg} \mu = 0; \mu = 0. \quad (18)$$

Вектор \bar{N} нормалі до статичної поверхні різання у випадку, що розглядається:

$$\bar{N} = \bar{i} (\sin \varepsilon \sin t) + \bar{j} \sin \varepsilon \cos t + \bar{K} (-\cos \varepsilon). \quad (19)$$

Модуль вектора нормалі:

$$|\bar{N}| = \sqrt{\sin^2 \varepsilon \sin^2 t + \sin^2 \varepsilon \cos^2 t + \cos^2 \varepsilon} = 1. \quad (20)$$

Звідси:

$$\alpha = S_Z \sin \varepsilon \cos t. \quad (21)$$

Таким чином, для розглянутого окремого випадку із загальної формули (17) отримаємо відому залежність:

$$\alpha = S_Z \cdot \sin \varphi \cdot \cos t. \quad (22)$$

Залежність (17) може бути використана для розрахунку товщин зрізу інструментом з коловою різальною кромкою з урахуванням усіх геометричних параметрів при заданій глибині різання.

РОДІШ Петро Родіонович – доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, член-кореспондент Академії Наук України.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем, ректор Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

– технологія машинобудування.

Подано 17.10.2002