УДК 621.9.025

Є.В. Корбут, к.т.н.
В.В. Вовк, аспір.
Національний технічний університет України "КПІ"

ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ПРИЗМАТИЧНИХ ФАСОННИХ РІЗЦІВ У СТАТИЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

В статті представлено аналітичні залежності для визначення статичних передніх та задніх кутів у нормальному до різальної кромки перерізі та статичних кутів нахилу різальної кромки для призматичних фасонних радіальних різців з плоскою передньою поверхнею та фасонною циліндричною задньою поверхнею при обробці поверхонь обертання.

Вступ.

Одним із способів обробки матеріалів різанням є точіння радіальними фасонними різцями поверхонь обертання. Працездатність радіальних фасонних різців, як і інших різальних інструментів, залежить від величин статичних геометричних параметрів в різних точках різальної кромки. Але в літературних джерелах практично не розглядаються статичні геометричні параметри різальної частини фасонних радіальних різців. Найбільш часто геометричні параметри фасонних радіальних різців розглядаються в площинах, перпендикулярних осі оброблюваної поверхні обертання, що приблизно характеризує процес різання. Тому в даній статті визначаються статичні геометричні параметри фасонних радіальних призматичних різців.

Визначення вектора, дотичного до різальної кромки в досліджуваній її точці.

Схема обробки поверхні обертання радіальним фасонним різцем (рис. 1) включає швидке обертання заготовки навколо її осі та рух радіальної подачі S. В момент формування поверхні деталі рух подачі відключається і різальна кромка різця розташовується на оброблюваній поверхні. Тому при профілюванні такого інструмента різальна кромка розглядається як лінія перетину поверхні деталі та передньої поверхні фасонного радіального різця. За передню поверхню найбільш часто у фасонних радіальних різців приймається площина. Положення передньої поверхні характеризується інструментальним переднім кутом $\gamma_И$.

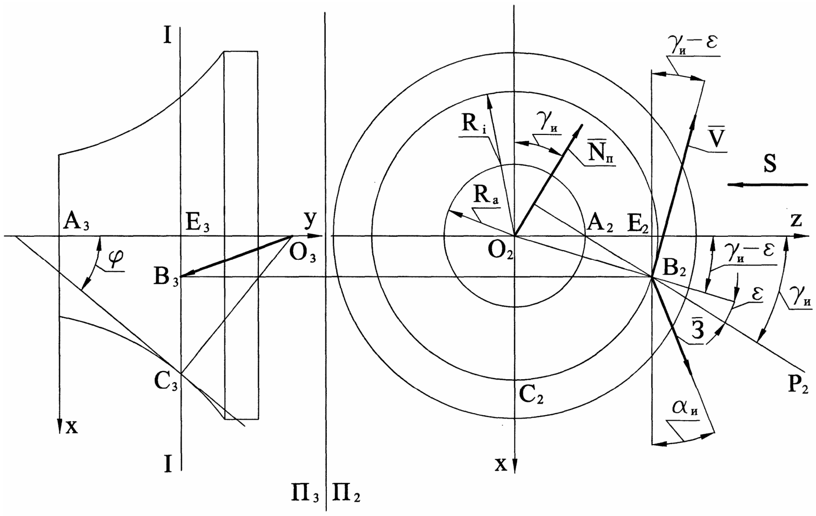

Рис. 1

Передня поверхня проводиться через прийняту на поверхні базову точку А паралельно осі деталі. В системі координат XYZ вектор нормалі $\bar{N}_n$ до передньої поверхні:

$$\bar{N}_n = -\bar{i} + \bar{k} \cdot \mathrm{tg}\gamma_И .$$

У довільному перетині I різальною точкою буде В – точка перетину кола радіуса R_i та передньої площини.

Визначимо положення нормалі $\bar{N}_\Sigma$ до поверхні деталі в точці В різальної кромки. Переріз I–I перетинається з поверхнею деталі по колу радіуса R_i. Якщо в точках цього кола провести нормалі до поверхні деталі, то отримаємо круглий конус нормалей з вершиною в точці О. Лінія OB буде нормаллю до поверхні деталі в точці В.

За побудовою маємо:

$$R_a \cdot \sin\gamma_И = R_i \cdot \sin\varepsilon .$$

Звідси $\sin\varepsilon = \dfrac{R_a \cdot \sin\gamma_И}{R_i}$,

де R_a – радіус базової точки А різальної кромки.

Відстань $B_2F_2 = R_i \cdot \sin(\gamma_И - \varepsilon)$; $O_2E_2 = R_i \cdot \cos(\gamma_И - \varepsilon)$; $O_3E_3 = R_i \cdot \mathrm{tg}\varphi$.

Отже, вектор $\overline{OB}$ буде:

$$\overline{OB} = \bar{i} \cdot R_i \cdot \sin(\gamma_И - \varepsilon) - \bar{j} \cdot R_i \cdot \mathrm{tg}\varphi + \bar{k} \cdot R_i \cdot \cos(\gamma_{Иn} - \varepsilon).$$

Вектор $\bar{N}_\Sigma$ буде:

$$\bar{N}_\Sigma = \bar{i} \cdot \sin(\gamma_И - \varepsilon) - \bar{j} \cdot \mathrm{tg}\varphi + \bar{k} \cdot \cos(\gamma_И - \varepsilon).$$

Вектор $\bar{P}$, дотичний до різальної кромки, буде:

$$\bar{P} = \left[\bar{N}_\Pi \times \bar{N}_\Sigma\right] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ -1 & 0 & \mathrm{tg}\gamma_И \\ \sin(\gamma_И - \varepsilon) & -\mathrm{tg}\varphi & \cos(\gamma_И - \varepsilon) \end{vmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, маємо:

$$\bar{P} = \bar{i} \cdot \mathrm{tg}\gamma_И \cdot \mathrm{tg}\varphi + \bar{j}\left[\cos(\gamma_И - \varepsilon) + \mathrm{tg}\gamma_И \cdot \sin(\gamma_И - \varepsilon)\right] + k \cdot \mathrm{tg}\varphi .$$

При перетворенні отримаємо:

$$\bar{P} = \bar{i} \cdot \mathrm{tg}\varphi \cdot \sin\gamma_И + j \cdot \cos\varepsilon + k \cdot \mathrm{tg}\varphi \cdot \cos\gamma_И .$$

Визначення статичного переднього кута в нормальному до різальної кромки перетині.

Статичний передній кут $\gamma_И$ в нормальному до різальної кромки перерізі знаходиться між нормаллю до поверхні різання $\bar{N}_p$ та передньою площиною. Отже, кут між нормаллю $\bar{N}_p$ до поверхні різання та нормаллю $\bar{N}_n$ до передньої площини буде дорівнювати 90° – $\gamma_И$. Кут між цими векторами може бути визначений за формулою:

$$\cos\left(90^0 - \gamma_H\right) = \sin\gamma_H = \frac{\left(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_\Pi\right)}{\left|\bar{N}_p\right| \cdot \left|\bar{N}_\Pi\right|}.$$

Вектор швидкості головного руху різання – швидкості точки В при її обертанні навколо осі деталі буде дорівнювати:

$$\bar{V} = -\bar{i} + \bar{k} \cdot \mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon).$$

Вектор $\bar{N}_p$ нормалі до поверхні різання буде:

$$\bar{N}_p = \left[\bar{P} \times \bar{V}\right] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \mathrm{tg}\varphi \cdot \sin\gamma_И & \cos\varepsilon & \mathrm{tg}\varphi \cdot \cos\gamma_И \\ -1 & 0 & \mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon) \end{vmatrix}.$$

Розкриваючи визначник, отримуємо:

$$\bar{N}_p = \bar{i} \cdot \mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos\varepsilon - \bar{j}\left[\mathrm{tg}\varphi \cdot \sin\gamma_И \cdot \mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon) + \mathrm{tg}\varphi \cdot \cos\gamma_И\right] + \bar{k} \cdot \cos\varepsilon .$$

Скалярний добуток векторів $\bar{N}_p$ та $\bar{N}_\Pi$ буде дорівнювати:

$$\left(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_\Pi\right) = -\mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos\varepsilon + \mathrm{tg}\gamma_И \cdot \cos\varepsilon = \cos\varepsilon\left[\mathrm{tg}\gamma_И - \mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon)\right].$$

Модуль вектора $\bar{N}_\Pi$ буде:

$$\left|\bar{N}_\Pi\right| = \sqrt{1 + \mathrm{tg}^2\gamma_И} = \frac{1}{\cos\gamma_И}.$$

Модуль вектора $\bar{N}_p$ дорівнює:

$$\left|\bar{N}_p\right| = \sqrt{\cos^2\varepsilon\left[1+\mathrm{tg}^2\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\right]+\left[\mathrm{tg}\varphi\cdot\sin\gamma_И\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)+\mathrm{tg}\varphi\cdot\cos\gamma_И\right]^2}\,.$$

Статичний передній кут γ_H буде дорівнювати:

$$\sin\gamma_H = \frac{\cos\varepsilon\cdot\cos\gamma_n\cdot\left[\mathrm{tg}\gamma_И-\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\right]}{\sqrt{\cos^2\varepsilon\cdot\left[1+\mathrm{tg}^2\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\right]+\mathrm{tg}^2\varphi\cdot\left[\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\cdot\sin\gamma_И+\cos\gamma_И\right]^2}}\,.$$

У випадку при $\varphi = 0$ будемо мати:

$$\sin\gamma_H = \sin\gamma_И\cdot\cos\left(\gamma_И-\varepsilon\right)-\cos\gamma_И\cdot\sin\left(\gamma_И-\varepsilon\right)=\sin\varepsilon\,.$$

Звідси $\gamma_H = \varepsilon$, що і очікувалось.

Визначення статичного кута нахилу різальної кромки λ_c.

Статичний кут нахилу різальної кромки визначається із залежності:

$$\sin\lambda_c = \frac{\left(\bar{V}\cdot\bar{P}\right)}{\left|\bar{V}\right|\cdot\left|\bar{P}\right|}\,.$$

Скалярний добуток векторів $\bar{V}$ і $\bar{P}$ дорівнює:

$$\left(\bar{V}\cdot\bar{P}\right) = -\mathrm{tg}\varphi\cdot\sin\gamma_И+\mathrm{tg}\varphi\cdot\cos\gamma_И\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right).$$

Модуль вектора $\bar{V}$ дорівнює:

$$\left|\bar{V}\right| = \sqrt{1+\mathrm{tg}^2\left(\gamma_И-\varepsilon\right)} = \frac{1}{\cos\left(\gamma_И-\varepsilon\right)}\,.$$

Модуль вектора $\bar{P}$ дорівнює:

$$\left|\bar{P}\right| = \sqrt{\mathrm{tg}^2\varphi\cdot\sin^2\gamma_И+\mathrm{tg}^2\varphi\cdot\cos^2\gamma_И+\cos^2\varepsilon} = \sqrt{g^2\varphi+\cos^2\varepsilon}\,.$$

Отже,

$$\sin\lambda_c = \frac{\left[\mathrm{tg}\varphi\cdot\cos\gamma_И\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)-\mathrm{tg}\varphi\cdot\sin\gamma_И\right]\cdot\cos\left(\gamma_И-\varepsilon\right)}{\sqrt{\mathrm{tg}^2\varphi+\cos^2\varepsilon}}\,.$$

Перетворюючи, отримаємо:

$$\sin\lambda_c = \frac{\mathrm{tg}\varphi\cdot\sin\varepsilon}{\sqrt{\mathrm{tg}^2\varphi+\cos^2\varepsilon}}\,.$$

У випадках при $\varphi = 0$ та при $\gamma_И = 0$ кут $\lambda_c = 0$, що і очікувалось.

Визначення статичного заднього кута в нормальному до різальної кромки перетині.

Статичний задній кут α_H в нормальному до різальної кромки перетині знаходиться між нормаллю $\bar{N}_p$ до поверхні різання та нормаллю $\bar{N}_3$ до задньої поверхні інструмента. Кут між цими векторами дорівнює:

$$\cos\alpha_H = \frac{\left(\bar{N}_p\cdot\bar{N}_3\right)}{\left|\bar{N}_p\right|\cdot\left|\bar{N}_3\right|}\,.$$

Вектор нормалі $\bar{N}_p$ до поверхні різання буде:

$$\bar{N}_p = \bar{i}\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\cdot\cos\varepsilon-\bar{j}\left[\mathrm{tg}\varphi\cdot\sin\gamma_И\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)+\mathrm{tg}\varphi\cdot\cos\gamma_И\right]+\bar{k}\cdot\cos\varepsilon\,.$$

Перетворюючи, отримуємо:

$$\bar{N}_p = \bar{i}\cdot\mathrm{tg}\left(\gamma_И-\varepsilon\right)\cdot\cos\varepsilon-j\cdot\frac{\mathrm{tg}\varphi\cdot\cos\varepsilon}{\cos\left(\gamma_И-\varepsilon\right)}+k\cdot\cos\varepsilon\,.$$

Вектор нормалі $\bar{N}_3$ до задньої поверхні буде:

$$\bar{N}_3 = \left[\bar{З}\times\bar{P}\right].$$

Вектор $\bar{З}$ є вектором, дотичним до задньої циліндричної поверхні, твірні котрої лежать в площинах, перпендикулярних осі деталі. Положення твірних задньої циліндричної поверхні визначається вибраною величиною інструментального заднього кута $\alpha_И$. В системі XYZ вектор $\bar{З}$ буде:

$$\bar{З} = \bar{i} + \bar{k} \cdot \mathrm{tg}\alpha_И .$$

Вектор нормалі $\bar{N}_З$ до задньої поверхні буде:

$$\bar{N}_З = \left[\bar{З} \times \bar{P}\right] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ 1 & 0 & \mathrm{tg}\alpha_И \\ \mathrm{tg}\varphi \cdot \sin\gamma_И & \cos\varepsilon & \mathrm{tg}\varphi \cdot \cos\gamma_И \end{vmatrix} .$$

Розкриваючи визначник, отримуємо:

$$\bar{N}_З = i \cdot \left(-\mathrm{tg}\alpha_И \cdot \cos\varepsilon\right) - j\left[\mathrm{tg}\varphi \cdot \cos\gamma_И - \mathrm{tg}\varphi \cdot \sin\gamma_И \cdot \mathrm{tg}\alpha_И\right] + \bar{k} \cdot \cos\varepsilon .$$

Скалярний добуток векторів $\bar{N}_p$ та $\bar{N}_З$ буде:

$$-\mathrm{tg}(\gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos^2\varepsilon \cdot \mathrm{tg}\alpha_И + \cos^2\varepsilon + \frac{\mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И) \cdot \cos\varepsilon}{\cos\alpha_И \cdot \cos(\gamma_И - \varepsilon)} .$$

Перетворюючи, отримуємо:

$$(\bar{N}_p \cdot \bar{N}_З) = \frac{\cos^2\varepsilon \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И - \varepsilon) + \mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И) \cdot \cos\varepsilon}{\cos\alpha_И \cdot \cos(\gamma_И - \varepsilon)} .$$

Модуль вектора $\bar{N}_p$ дорівнює:

$$\left|\bar{N}_p\right| = \sqrt{\mathrm{tg}^2(\gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos^2\varepsilon + \frac{\mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos^2\varepsilon}{\cos^2(\gamma_И - \varepsilon)} + \cos^2\varepsilon} .$$

Перетворюючи, отримуємо:

$$\left|\bar{N}_p\right| = \frac{\cos\varepsilon}{\cos(\gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos\varphi} .$$

Модуль вектора $\bar{N}_З$ дорівнює:

$$\left|\bar{N}_З\right| = \sqrt{\mathrm{tg}^2\alpha_И \cdot \cos^2\varepsilon + \frac{\mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos^2(\alpha_И + \gamma_n)}{\cos^2\alpha_И} + \cos^2\varepsilon} .$$

Перетворюючи, отримуємо:

$$\left|\bar{N}_З\right| = \sqrt{\frac{\cos^2\varepsilon + \mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos^2(\alpha_И + \gamma_И)}{\cos\alpha_И}} .$$

Статичний задній кут $\alpha_Н$ в нормальному до різальної кромки перетині буде дорівнювати:

$$\cos\alpha_Н = \frac{[\cos\varepsilon \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И - \varepsilon) \cdot \mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И)] \cdot \cos\varphi}{\sqrt{\cos^2\varepsilon \cdot + \mathrm{tg}^2\varphi \cdot \cos^2(\alpha_И + \gamma_И)}} .$$

Перетворюючи, отримуємо:

$$\cos\alpha_Н = \frac{\cos\varepsilon \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И - \varepsilon) \cdot \cos^2\varphi + \sin^2\varphi \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И)}{\sqrt{\cos^2\varepsilon \cdot \cos^2\varphi + \sin^2\varphi \cdot \cos^2(\alpha_И + \gamma_И)}} .$$

В окремих випадках у базовій точці А різальної кромки при $\varphi = 0$ матимемо:

$$\cos\alpha_Н = \frac{\cos\varepsilon \cdot \cos(\alpha_И + \gamma_И - \varepsilon)}{\cos\varepsilon} = \cos(\alpha_И + \gamma_И - \varepsilon) .$$

В точці А кут $\varepsilon = \gamma_И$.

Отже, $\cos\alpha_Н = \cos\alpha_И$ та $\alpha_Н = \alpha_И$, що і потрібно було довести.

В окремому випадку при $\varphi = 90^\circ$ буде:

$$\cos\alpha_Н = \frac{\cos(\alpha_И + \gamma_И)}{\cos(\alpha_И + \gamma_И)} = 1 .$$

Звідси $\alpha_Н = 0$, що і потрібно було очікувати. Таким чином, задній кут $\alpha_Н$ залежить від кута φ нахилу дотичної до профілю оброблюваної поверхні обертання.

При збільшенні кута φ статичний задній кут α_N в нормальному до різальної кромки перерізі зменшується.

Висновки.

У відповідності до загальної методики аналізу геометричних параметрів різальної частини інструментів отримані аналітичні залежності для визначення статичних передніх та задніх кутів в нормальному до різальної кромки перерізі та статичних кутів нахилу різальної кромки для призматичних фасоних радіальних різців з плоскою передньою поверхнею та фасонною циліндричною задньою поверхнею при обробці поверхонь обертання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Семком Ф., Перепелица Б.А.* Фасонное точение. – Харьков: Выща шк.; 1977. – 160 с.
2. *Родин П.Р.* Основы проектирования режущих инструментов. – К.: Выща шк.; 1990. – 424 с.

КОРБУТ Євгеній Валентинович – кандидат технічних наук, заступник директора з науки механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

– обробка металів різанням.

ВОВК В’ячеслав Володимирович – аспірант кафедри інструментального виробництва механіко-машинобудівного інституту Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

– обробка металів різанням.

Подано 03.12.2004

Корбут Е.В., Вовк В.В. Геометрические параметры призматических фасонных резцов в статической системе координат.

Korbut E.V., Vovk V.V. Geometrical arguments of prismatic shaped cutter in a setting system.

Корбут Є.В., Вовк В.В. Геометричні параметри призматичних фасонних різців у статичній системі координат

УДК 621.9.025

Геометричні параметри призматичних фасонних різців у статичній системі координат / Є.В. Корбут, В.В. Вовк

В статті представлено аналітичні залежності для визначення статичних передніх та задніх кутів у нормальному до різальної кромки перерізі та статичних кутів нахилу різальної кромки для призматичних фасонних радіальних різців з плоскою передньою поверхнею та фасонною циліндричною задньою поверхнею при обробці поверхонь обертання.

УДК 621.9.025

Геометрические параметры призматических фасонных резцов в статической системе координат / Е.В. Корбут, В.В. Вовк

В статье представлены аналитические зависимости для определения статических передних и задних углов в нормальном к режущей кромке сечении и статических углов наклона режущей кромки для призматических фасонных радиальных резцов с плоской передней поверхностью и фасонной цилиндрической задней поверхностью при обработке поверхностей вращения.

УДК 621.9.025

Geometrical arguments of prismatic shaped cutter in a setting system / E.V. Korbut, V.V. Vovk

In article are presented the analytical dependence for determination static rake and clearance angles in normal to a cutting edge section and static angles of inclination of the cutting edge for prismatic shaped radial cutter with a flat face and shaped cylindrical flank surface at cutting surface of rotation.