

**РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ. ПРОЕКТУВАННЯ,
ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ**

УДК 621.21

Н.С. Равська, д.т.н., проф.*Механіко-машинобудівний інститут НТУУ "КПІ"***ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ІНСТРУМЕНТА ПРИ ДОВІЛЬНОМУ
РОЗТАШУВАННІ ВЕКТОРА ШВИДКОСТІ ГОЛОВНОГО РУХУ
РІЗАННЯ**

В роботі графічно та аналітично визначені статичні геометричні параметри різальної частини інструмента при довільному розташуванні вектора швидкості головного руху різання.

Вступ. При визначенні інструментальних геометричних параметрів необхідно перш за все забезпечити простоту і доступність технології виготовлення різального інструмента, а також простоту, доступність і достовірність контрольних вимірів точності, виготовлення заданих геометричних параметрів інструмента [1, 2].

При цьому інструментальні геометричні параметри можуть не співпадати зі статичними геометричними параметрами [2, 3]. З теоретичної точки зору це цілком допустимо. У цьому випадку виникає завдання визначення статичних геометричних параметрів різальної частини інструмента при заданих параметрах в інструментальній системі координат, котра і розглядається в даній роботі.

Основна частина. *Визначення статистичних передніх і задніх кутів при відомих інструментальних кутах.* Вважаємо відомими інструментальний передній кут γ_i , інструментальний головний задній кут α_i , інструментальний кут нахилу різальної кромки λ_i , інструментальний кут в плані φ_{i0} , зорієнтований відносно осі x в системі координат XYZ , (рис. 1). В зазначеному випадку інструментальні γ_{in} та α_{in} в нормальному до різальної кромки перерізі визначаються за залежностями [3, 4]:

$$\operatorname{tg} \gamma_{in} = \operatorname{tg} \gamma_i \cdot \cos \lambda_i; \quad (1)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{in} = \operatorname{ctg} \alpha_i \cdot \cos \lambda_i. \quad (2)$$

Ці залежності правдиві і для визначення статичних та кінематичних геометричних параметрів при відомих λ_c або λ_k [5, 6].

Статичні геометричні параметри дорівнюють інструментальним в тому випадку, коли вектор швидкості головного руху різання перпендикулярний основній площині P_{vi} .

Статичні геометричні параметри різальної частини інструмента відрізняються від інструментальних в тому разі, коли вектор швидкості головного руху різання відхиляється від перпендикуляра до інструментальної основної площини, якою буде площина Π_1 (рис. 1).

Напрямок вектора швидкості \bar{V} головного руху різання в загальному випадку може бути заданий його координатами, тобто проєкціями V_x, V_y, V_z вектора \bar{V} на осі координат XYZ. Площина Π_2 паралельна робочій площині P_s , площина Π_3 – інструментальній площині різання P_{mi} .

У відповідності до інструментальних кутів головним кутом у плані ϕ_{i0} та кутом нахилу різальної кромки в системі площин проєкцій Π_1/Π_3 зображається різальна кромка АВ. У системі площин проєкцій Π_1/Π_2 зображуються проєкції вектора швидкості головного руху різання \bar{V} (A_1C_1, A_2C_2). За правилом зміни площин проєкцій визначається проєкція A_3C_3 прямої АС на площину Π_3 .

Вводиться система площин проєкцій Π_3/Π_4 . Площина Π_4 проводиться перпендикулярно до різальної кромки. На площині Π_4 визначається положення інструментальної площини різання P_{ni} та статичної площини різання P_{nc} [1].

Положення статичної площини різання P_{nc} визначається розташуванням прямих АВ і АС. Зазначені інструментальна площина різання та статична перпендикулярні площині проєкцій Π_4 , тому кут між відповідними слідами на площину Π_4 буде дорівнювати куту між ними τ_N , вимірюваному в площині Π_4 , перпендикулярно до різальної кромки АВ.

Беручи до уваги визначення геометричних статичних параметрів у відповідності до [1], статичні нормальні кути, передній γ_{ch} та задній α_{ch} , при відомих інструментальних нормальних кутах будуть дорівнювати:

$$\gamma_{ch} = \gamma_{in} + \tau_N ; \quad (3)$$

$$\alpha_{ch} = \alpha_{in} - \tau_N . \quad (4)$$

Таким чином, при переході від інструментальної системи до статичної значення статичних нормальних переднього та заднього кутів залежать від кута між положеннями P_{nc} та P_{ni} , вимірюваному в площині, перпендикулярній до них.

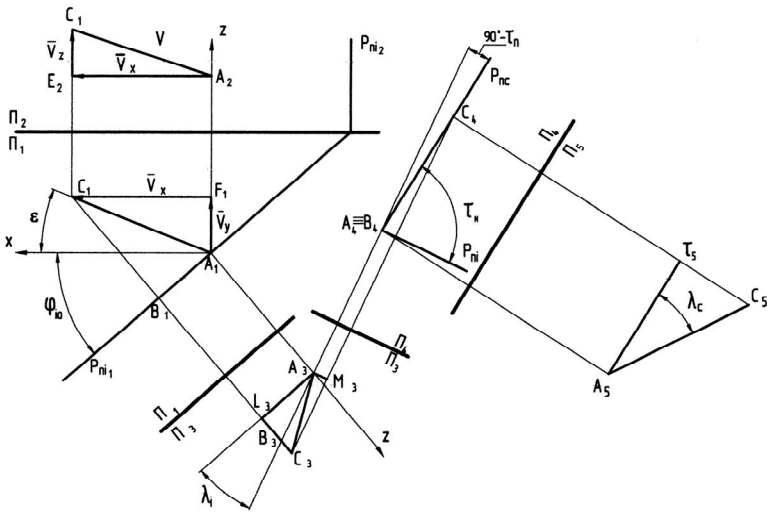


Рис. 1. Визначення статичних геометричних параметрів інструмента

Аналізуючи графічні розв’язання, знайдемо аналітичний вираз для розрахунку кута τ_N .

За побудовою кут ε між проекціями V_x та V_y буде:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{V_y}{V_x},$$

тоді за побудовою:

$$A_1C_1 = \frac{V_y}{\sin \varepsilon};$$

$$A_1B_1 = A_3L_3 = A_1C_1 \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) = \frac{V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon)}{\sin \varepsilon};$$

$$B_1C_1 = M_4C_4 = A_1C_1 \cdot \sin(\varphi_{i0} + \varepsilon) = \frac{V_y \cdot \sin(\varphi_{i0} + \varepsilon)}{\sin \varepsilon};$$

$$B_3L_3 = A_1B_1 \cdot \operatorname{tg} \lambda_i = \frac{V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \lambda_i}{\sin \varepsilon};$$

$$B_3C_3 = V_z - B_3L_3 = \frac{V_z - V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \lambda_i}{\sin \varepsilon};$$

$$A_3N_3 = A_4M_4 = B_3C_3 \cdot \cos \lambda_i = \frac{V_z \cdot \cos \lambda_i - V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) \cdot \sin \lambda_i}{\sin \varepsilon};$$

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{M_4C_4}{A_4M_4}.$$

Відповідно:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{V_y \cdot \sin(\varphi_{i0} + \varepsilon)}{V_z \cdot \cos \lambda_i - V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) \cdot \sin \lambda_i}.$$

Після перетворення одержимо:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{V_x \cdot \sin \varphi_i + V_y \cdot \cos \varphi_{i0}}{V_z \cdot \cos \lambda_i - \sin \lambda_i \cdot (V_x \cdot \cos \varphi_{i0} - V_y \cdot \sin \varphi_{i0})}. \quad (5)$$

У випадку, коли $V_x = V_y = 0$, будемо мати $\operatorname{tg} \tau_N = 0$, $\tau_N = 0$, тобто інструментальні та статичні геометричні параметри співпадають.

Визначення статичного кута нахилу різальної кромки λ_c . Статичний кут нахилу різальної кромки λ_c – це кут в статичній площині різання P_{nc} між різальною кромкою АВ і статичною основною площиною P_{vc} (рис. 1) [1].

Для визначення кута λ_c вводимо систему площин проєкцій Π_4/Π_5 . Площина Π_5 проведена паралельно статичній площині різання P_{nc} . За правилом зміни площин проєкцій визначаємо проєкцію A_5B_5 різальної кромки на площину Π_5 та проєкцію A_5C_5 , що дорівнює довжині вектора \bar{V} швидкості головного руху різання. Положення прямих A_5B_5 та A_5C_5 визначає величину статичного кута нахилу різальної кромки λ_c в досліджуваній точці А.

Аналізуючи графічні розв'язки, запишемо:

$$\sin \lambda_c = \frac{T_5C_5}{|\bar{V}|},$$

де $T_5C_5 = M_3C_3 = A_3B_3 + B_3C_3 \cdot \sin \lambda_i$;

$$A_3B_3 = \frac{A_3L_3}{\cos \lambda_i} = \frac{V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon)}{\sin \varepsilon \cdot \cos \lambda_i},$$

тоді

$$T_5C_5 = \frac{V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon)}{\sin \varepsilon \cdot \cos \lambda_i} + \frac{V_z \cdot \sin \lambda_i - V_y \cdot \cos(\varphi_{i0} + \varepsilon) \cdot \operatorname{tg} \lambda_i \cdot \sin \lambda_i}{\sin \varepsilon}.$$

Після перетворення одержимо:

$$T_5C_5 = (V_x \cdot \cos \varphi_{i0} - V_y \cdot \sin \varphi_{i0}) \cdot \cos \lambda_i + V_z \cdot \sin \lambda_i.$$

Таким чином:

$$\sin \lambda_c = \frac{(V_x \cdot \cos \varphi_{i0} - V_y \cdot \sin \varphi_{i0}) \cdot \cos \lambda_i - V_z \cdot \sin \lambda_i}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}}, \quad (6)$$

зокрема, коли $V_x = V_y = 0$ значення статичних та інструментальних кутів різальної кромки співпадають.

Визначення статичних геометричних параметрів різних інструментів. Користуючись формулами (1), (2), (3), (4), (5), та (6) визначимо геометрію спірального свердла. Для спірального свердла (рис. 2) запишемо проекції вектора головного руху: $V_x = V_z \cdot \operatorname{tg} \mu$; $V_y = 0$.

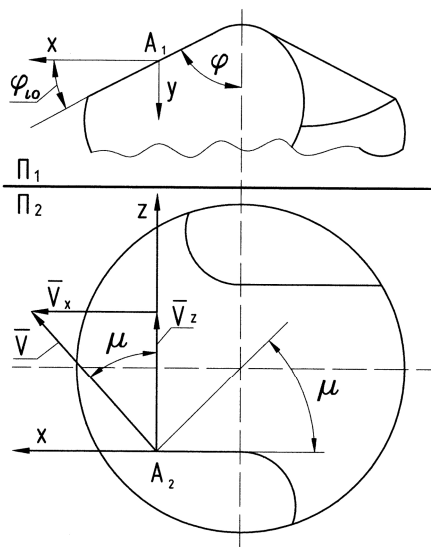


Рис. 2. Визначення статичних геометричних параметрів свердла

Відомі інструментальний кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0$ та головний кут в плані, зорієнтований відносно осі x : $\varphi_{i0} = 90^\circ - \varphi$, де φ – половина кута при вершині свердла. Підставляючи ці величини у формулу (6), будемо мати:

$$\sin \lambda_c = \frac{V_z \cdot \operatorname{tg} \mu \cdot \cos \varphi_{i0}}{\sqrt{V_z^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \mu + V_z^2}}, \quad (7)$$

або

$$\sin \lambda_c = -\sin \mu \cdot \cos \varphi_{i0}. \quad (8)$$

Розглянемо приклади визначення статичних геометричних параметрів для токарних прохідного та відрізного різців.

Для токарного прохідного різця (рис. 3), встановленого вище центра, проекції швидкості головного руху будуть:

$$\overline{V}_x = \overline{V} \cdot \sin \mu; \quad \overline{V}_y = 0; \quad \overline{V}_z = \overline{V} \cdot \cos \mu. \quad (9)$$

Відомі інструментальні кути $\gamma_i, \alpha_i, \lambda_i$ та $\varphi_{i0} = 90^\circ - \varphi$.

Підставляючи величини проекцій швидкості головного руху та величини інструментальних кутів у загальну формулу (5), знайдемо τ_N :

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{V \cdot \sin \mu \cdot \cos \varphi_{i0}}{V \cdot \cos \mu \cdot \cos \lambda_i + \sin \lambda_i \cdot V \cdot \sin \mu \cdot \sin \varphi_{i0}}, \quad (10)$$

звідки:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{\operatorname{tg} \mu \cdot \cos \varphi_{i0}}{\cos \lambda_i + \operatorname{tg} \mu \cdot \sin \lambda_i \cdot \sin \varphi_{i0}}, \quad (11)$$

де $\sin \mu = \frac{H}{R}$;

H – перевищення вершини різців над віссю заготовки;

R – радіус контакту досліджуваної (вершинної) точки А різця з оброблюваною поверхнею.

На величину кута τ_N зростають статичні передні кути в нормальному до різальної кромки перерізі $\gamma_{сн}$ порівняно з γ_{in} :

$$\gamma_{сн} = \gamma_{in} + \tau_N.$$

Відповідно на величину кута τ_N зменшуються інструментальні задні кути при переході до статичних кутів $\alpha_{сн}$ в нормальному до різальної кромки перерізі:

$$\alpha_{сн} = \alpha_{in} - \tau_N.$$

Виходячи з формули (6), запишемо формулу для розрахунку статичного кута нахилу різальної кромки:

$$\sin \lambda_c = \frac{V \cdot \sin \mu \cdot \sin \varphi_{i0} \cdot \cos \lambda_i + V \cdot \cos \mu \cdot \sin \lambda_i}{\sqrt{V^2 \cdot \sin^2 \mu + V^2 \cdot \cos^2 \mu}},$$

звідки для прохідного токарного різця:

$$\sin \lambda_c = \sin \mu \cdot \sin \varphi_{i0} \cdot \cos \lambda_i + \cos \mu \cdot \sin \lambda_i. \quad (12)$$

При установці нижче центра заготовки токарного прохідного різця

в його вершинній різальної кромки $\sin \mu = -\frac{H}{R}$.

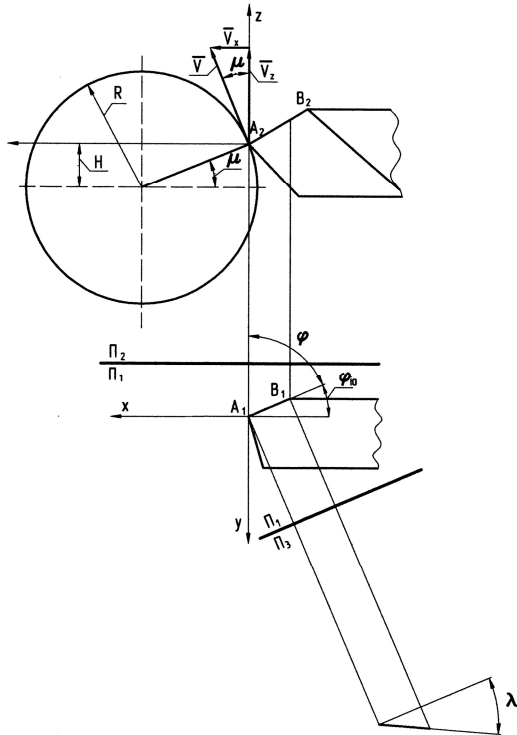


Рис. 3. Геометричні параметри перехідного різця, встановленого вище центра

Тоді:

$$\operatorname{tg} \tau_H = \frac{\operatorname{tg} \mu \cdot \cos \varphi_{i0}}{\operatorname{tg} \mu \cdot \sin \lambda_i \cdot \sin \varphi_{i0} - \cos \lambda_i}.$$

Відповідно кути γ_{ci} та α_{ci} будуть:

$$\gamma_{сн} = \gamma_{ін} - \tau_N;$$

$$\alpha_{сн} = \alpha_{ін} + \tau_N.$$

Статичний кут нахилу λ_c різальної кромки буде дорівнювати:

$$\sin \lambda_c = \cos \mu \cdot \sin \lambda_i - \sin \mu \cdot \sin \varphi_{i0} \cdot \cos \lambda_i.$$

Для різця, встановленого по центру у вершинній точці різальної кромки:

$$H = 0, \sin \mu = 0; \mu = 0; \operatorname{tg} \tau_N = 0; \tau_N = 0.$$

Таким чином, в зазначеному випадку статичні кути ($\gamma_{сн}$, $\alpha_{сн}$, $\lambda_{сн}$) тільки у вершинній точці різальної кромки А будуть дорівнювати інструментальним. При $\lambda \neq 0$ в останніх точках різальної кромки вони не дорівнюють нулю, а їх визначення аналогічне визначенню кутів для випадків встановлення різця вище або нижче центра в залежності від $\pm\lambda$.

Для токарного відрізного різця, встановленого вище центра, маємо (рис. 4):

$$V_x = V \cdot \sin \mu; V_y = 0; V_z = V \cdot \cos \mu; \lambda_i = 0; \varphi_{i\sigma} = 90^\circ.$$

Підставляючи ці величини у формулу (5), запишемо:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{\sin \mu}{\cos \mu} = \operatorname{tg} \mu,$$

звідки $\tau_N = \mu$.

Тоді статичний передній кут у нормальному перерізі буде дорівнювати:

$$\gamma_{сн} = \gamma_{ін} + \mu,$$

а статичний задній кут в нормальному до різальної кромки буде:

$$\alpha_{сн} = \alpha_{ін} - \mu.$$

Статичний кут нахилу різальної кромки після підстановки V_x , V_z та φ і λ_i буде дорівнювати:

$$\sin \lambda_c = 0; \lambda_c = 0,$$

тобто він співпадає з заданим інструментальним кутом λ_i .

Аналогічно можна знайти $\gamma_{сн}$ та $\alpha_{сн}$ для відрізного токарного різця, встановленого нижче центра [5].

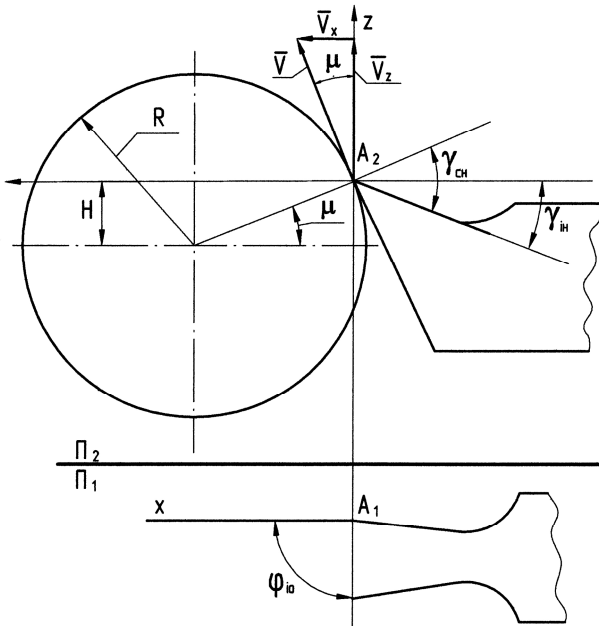


Рис. 4. Геометричні параметри відрізного різця, встановленого вище центра

Висновки. Розроблена теорія графічного визначення статичних геометричних параметрів різальної частини інструмента для загального випадку, коли вектор швидкості головного руху різання \bar{V} займає загальне положення, котре характеризується його координатами у вибраній системі координат XYZ .

Одержано залежності для розрахунку геометричних параметрів різальної частини інструмента при відомих інструментальних параметрах та координат вектора швидкості головного руху різання.

Проведеними дослідженнями визначення статичних геометричних параметрів різних інструментів доведено, що виведені залежності для розрахунку статичних параметрів є загальними для різних інструментів.

Виведені залежності дозволяють визначити статичні геометричні параметри різальної частини інструментів при їх вимірюванні в головній січній площині та в нормальній до різальної кромки інструмента.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ДСТУ 2249-93. Обробка різанням. Терміни, визначення та позначення. – Держстандарт України. – 1994. – С. 53.
2. *Родін П.Р.* Металлорежущие инструменты. – К.: Вища школа, 1986. – 455 с.
3. *Родін П.Р.* Основы теории проектирования режущих инструментов. – К.: Вища школа. – 1990. – 425 с.
4. *Родін П.Р.* Геометрия режущей части спирального сверла. – К.: Техніка, 1971. – 136 с.
5. *Родін П.Р., Равська Н.С., Ковальова Л.І., Родін Р.П.* Різальний інструмент у прикладах і задачах. – К.: 1994, 293 с.
6. *Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С.* Общая теория определения геометрических параметров инструментов // Надійність різального інструмента та оптимізація технологічних систем. – № 14. – Краматорськ. – 2003. – С. 3–11.

РАВСЬКА Наталія Сергіївна – доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

Подано 25.11.2006