

УДК 621.9.013

Н.С. Равська, д.т.н., проф.*Національний технічний університет України "КПІ"***Т.П. Ніколаєнко, к.т.н., доц.***Державний університет будівництва та архітектури (м. Київ)***Л.С. Мельничук, доц.***Житомирський державний технологічний університет***ГЕОМЕТРИЯ ПОПЕРЕЧНОЇ КРОМКИ СПІРАЛЬНОГО СВЕРДЛА**

Наведена оцінка статичних та кінематичних параметрів поперечної кромки свердла для різних методів заготовки.

Вступ

Поперечна кромка спірального свердла є різальним елементом його центральної зони. Разом із головними різальними кромками вона суттєво впливає на працездатність інструмента.

Геометрія поперечної кромки характеризується кутом її нахилу ψ , головним кутом в плані $\varphi_{нк}$, заднім $\alpha_{нк}$ та переднім $\gamma_{нк}$ кутами [1].

Враховуючи, що вона утворюється як лінія перетину задніх поверхонь свердла, її геометричні параметри залежать від способу заточування і величин задніх кутів зубів свердла.

Визначення геометричних параметрів поперечної кромки в залежності від геометрії задньої поверхні зубів свердла для різних способів заточування дозволяє вибирати як найбільш раціональний спосіб заточування свердла для заданих умов його роботи, так і найбільш прийнятні параметри заточування перемички.

Задача визначення геометричних параметрів поперечної кромки свердла при одно- та двоплощинному заточуванні розглянута в даній роботі.

Загальні положення

Геометричні параметри поперечної кромки характеризуються кутом нахилу поперечної кромки, головним кутом, заднім і переднім кутами. Ці параметри залежать від параметрів головної різальної кромки.

Загальним для геометричних параметрів головної та поперечної різальних кромок є, згідно з ГОСТ 25762-83, однотипність їх визначення в різних координатних системах. Враховуючи це, можна використовувати для визначення геометрії поперечної кромки залежності, отримані в роботах [1–3] із врахуванням конструктивних особливостей цієї частини різальної кромки свердла.

Так, кут нахилу поперечної різальної кромки визначається за формулою [2]:

$$\operatorname{ctg} \psi = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\cos \mu} - \operatorname{tg} \mu, \quad (1)$$

де α – інструментальний кут, який задається у площині, дотичній до задньої поверхні на периферії свердла;

φ – інструментальний головний кут;

кут μ визначається співвідношенням:

$$\sin \mu = \frac{r}{R};$$

r – діаметр серцевини свердла;

R – діаметр свердла.

Статичний задній кут спірального свердла на головній різальній кромці у досліджуваній точці визначається за формулою [2]:

$$\operatorname{ctg} \alpha_c = \frac{\operatorname{ctg} \alpha}{\sin \varphi_c} - \operatorname{tg} \mu_x \cdot \cos \varphi_c, \quad (2)$$

де φ_c – статичний головний кут у досліджуваній точці різальної кромки:

$$\operatorname{tg} \varphi_c = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \mu_x;$$

$$\mu_x = \frac{r}{R_x}; \quad (3)$$

R_x – радіус досліджуваної точки.

Статичний задній кут в нормальному до різальної кромки перерізі в досліджуваній точці різальної кромки визначається за залежністю:

$$\operatorname{ctg} \alpha_H = \operatorname{ctg} \alpha_c \cdot \cos \lambda_c, \quad (4)$$

де λ_c – кут нахилу різальної кромки в досліджуваній точці:

$$\operatorname{tg} \lambda_c = \operatorname{tg} \mu_x \cdot \sin \varphi_c. \quad (5)$$

Статичний передній кут на різальній кромці в досліджуваній на ній точці визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \gamma_c = \frac{\operatorname{tg} \omega_x}{\sin \varphi_{cx}} - \operatorname{tg} \mu_x \cdot \cos \varphi_{cx}, \quad (6)$$

де $\operatorname{tg} \omega_x$ визначає положення дотичної до передньої поверхні в досліджуваній точці різальної кромки.

Розглядаючи поперечну кромку свердла як складову частину його різальної кромки, залежності, отримані на базі загальної теорії визначення геометричних параметрів інструмента [2, 3], можуть бути використані для визначення статичних геометричних параметрів поперечної кромки.

Для їх використання необхідно визначити значення кутів $\mu_{пк}$ та $\varphi_{пк}$ на поперечній кромці в інструментальній системі координат і положення дотичної до передньої поверхні поперечної кромки.

Розглянемо визначення геометричних параметрів поперечної кромки в статичній системі координат для випадків одно- та двоплощинного заточування свердел.

Визначення статичних геометричних параметрів поперечної кромки

Для випадку одно- та двоплощинного заточування свердел статичний задній кут утворюється площиною, яка прилягає до різальної кромки, і визначається формулою (2).

Враховуючи, що на поперечній кромці головна площина співпадає з площиною, в якій визначається інструментальний (робочий) кут на різальній кромці свердла, статичний задній кут $\alpha_{спк}$ на поперечній кромці буде постійним, рівним інструментальному куту в точці стику головної та поперечної різальних кромок і буде визначатися за формулою [2]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\cos \mu_x \cdot \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{ctg} \varphi \cdot \sin(\mu_x - \mu)}{\cos \mu},$$

де μ_x – кут μ в точці стику головної різальної кромки і поперечної.

Для одноплощинного заточування кут поперечної кромки буде визначатися як $\gamma_{спк} = 90^\circ - \alpha_{спк}$.

При двоплощинному заточуванні напрямок дотичної до передньої поверхні поперечної кромки визначається значенням заднього кута α_2 , утвореного другою затиловочною площиною.

Задаючи значення ψ , за формулою (2):

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{\operatorname{ctg} \psi \cdot \cos \mu - \operatorname{tg} \mu}{\operatorname{tg} \varphi}$$

визначаємо значення α_2 .

Таким чином, для розглядуваного випадку $\operatorname{tg} \alpha_x = \operatorname{tg} \alpha_2$.

Згідно з формулою (6) головний кут на поперечній кромці можна визначити за формулою (1), розв'язавши її відносно відомих α_2 та ψ . Тоді:

$$\operatorname{tg} \varphi_{пк} = \frac{\operatorname{ctg} \psi \cdot \cos \mu}{\operatorname{tg} \alpha_2} - \operatorname{tg} \mu.$$

Статичний кут в плані на поперечній кромці буде рівним:

$$\sin \varphi_{спк} = \operatorname{tg} \varphi_{пк} \cdot \cos \mu_x.$$

Статичний передній кут на поперечній кромці визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \gamma_{спк} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\sin \varphi_{спк}} - \operatorname{tg} \mu_x \cdot \cos \varphi_{спк},$$

де α_2 – задній кут другої затиловочної площини свердла.

Таким чином, показано, що методика визначення геометричних параметрів робочої частини свердла є загальною для всіх її елементів.

Визначення кінематичних геометричних параметрів поперечної кромки свердла

Статичний кут нахилу поперечної різальної кромки свердла $\lambda_c = 0$, оскільки вектор швидкості головного руху різання \bar{V} проходить перпендикулярно до поперечної кромки. Тому статичні передні та задні кути в нормальному до різальної кромки перерізі співпадають зі статичними.

У загальному випадку геометричні параметри різальної частини у кінематичній системі координат не співпадають зі статичними параметрами.

Відмінність кінематичних параметрів від статичних пояснюється тим, що вектор \bar{V}_e швидкості, результуючий рух різання, не співпадає з вектором \bar{V} швидкості головного руху різання у

досліджуваній точці різальної кромки. Тому кінематична площина різання $P_{пк}$ не співпадає зі статичною площиною різання $P_{нс}$.

Відповідно змінюються величини статичних передніх і задніх кутів у нормальному до різальної кромки перерізі на величину кута τ_N між кінематичною $P_{пк}$ та статичною $P_{нс}$ площинами різання.

Визначимо величину кута τ_N на поперечній кромці спірального свердла при двоплощинному заточуванні кожного зуба свердла (рис. 1).

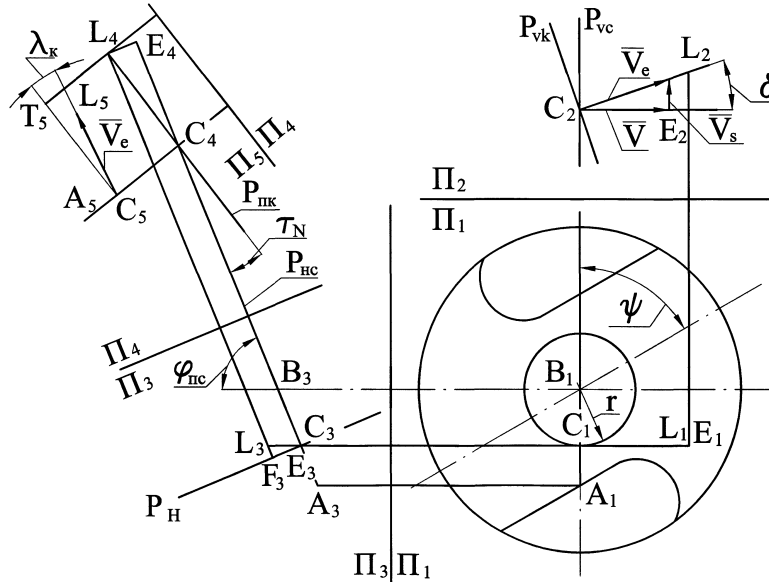


Рис. 1. Визначення кінематичних геометричних параметрів

В системі площин проєкцій Π_1/Π_3 зображуємо поперечну різальну кромку АВ, положення якої визначається величиною кута $\psi_{пк}$. На поперечній різальній кромці АВ розглядаємо довільну точку С на вибраному радіусі r . За правилом зміни площин проєкції знаходимо проєкцію C_2 точки С на площину Π_2 . При обертанні точки С навколо осі свердла вектор швидкості головного руху різання проходить по лінії СЕ (проєкції C_2E_2 та C_1E_1) і у натуральну величину проєктується на площину Π_2 . Дві прямі лінії, що перетинаються, – СЕ та АС – лежать в статичній площині різання та визначають її положення.

Вектор \bar{V}_e швидкості, результуючий рух різання, є сумою швидкості головного руху різання \bar{V} і швидкості руху подачі \bar{V}_s :

$$\bar{V}_e = \bar{V} + \bar{V}_s.$$

Вектор швидкості \bar{V}_e у натуральну величину проєктується на площину Π_2 і проходить по прямій СL (проєкції C_2L_2 та C_1L_1).

Положення вектора \bar{V}_e характеризується кутом δ , величина якого дорівнює:

$$\text{tg } \delta = \frac{S_0}{2\pi r},$$

де S_0 – подача на один оберт свердла, мм/об;

r – радіус розглядуваної точки поперечної різальної кромки.

Дві прямі лінії АС та СL, що перетинаються, лежать в кінематичній площині різання $P_{пк}$.

За правилом зміни площин проєкції визначаються проєкції A_3C_3 , A_3E_3 , C_3L_3 ліній АС, АЕ, СL на площину Π_3 .

Проводиться нормальна січна площина P_n , слід якої на площині Π_3 проходить перпендикулярно до різальної кромки АС. Паралельно площині P_n проводиться площина проєкцій Π_4 . За правилом зміни площин проєкцій знаходяться проєкції C_4L_4 та C_4E_4 ліній СL та СЕ на площину Π_4 , положення яких визначає величину кута τ_N між кінематичною $P_{пк}$ та статичною $P_{нс}$ площинами різання.

Розглядаючи графічний розв'язок, отримуємо:

– за побудовою:

$$C_2E_2 = C_1E_1 = C_4E_4;$$

$$E_2L_2 = C_3L_3 = E_3C_3;$$

$$E_3F_3 = E_4L_4;$$

– з прямокутного трикутника $C_2E_2L_2$:

$$E_2L_2 = C_2E_2 \cdot \operatorname{tg} \delta;$$

– з трикутника $E_3F_3L_3$:

$$E_3F_3 = L_3C_3 \cdot \sin \varphi_k = E_2L_2 \cdot \sin \varphi_k = C_2E_2 \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi_{\text{нк}};$$

– з трикутника $C_4L_4E_4$:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \frac{E_4L_4}{C_4E_4} = \frac{E_3F_3}{C_2E_2} = \frac{C_2E_2 \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi_{\text{нк}}}{C_2E_2}.$$

Звідси:

$$\operatorname{tg} \tau_N = \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi_{\text{нк}}.$$

Кінематичний задній кут $\alpha_{\text{нк}}$ в нормальному до поперечної кромки перерізі буде рівним:

$$\alpha_{\text{нк}} = \alpha_{\text{нс}} - \tau_N.$$

Кінематичний передній кут $\gamma_{\text{нк}}$ у нормальному до поперечної різальної кромки перерізі буде рівним:

$$\gamma_{\text{нк}} = \gamma_{\text{нс}} + \tau_N.$$

Кінематичний задній кут $\alpha_{\text{нк}}$ зменшується при зменшенні радіуса r розглядуваної точки поперечної різальної кромки. Визначимо, на якому радіусі r поперечної різальної кромки кінематичний задній кут буде рівним нулю:

$$\alpha_{\text{нк}} = \alpha_{\text{нс}} - \tau_N = 0.$$

Таким чином:

$$\frac{\sin(\alpha_n + \psi) \cdot \sin(\varphi_{\text{спк}})}{\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha_n} = \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \varphi_{\text{спк}} = \frac{S_0}{2\pi r} \cdot \sin \varphi_{\text{спк}}.$$

Звідси:

$$r = \frac{S_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha_n}{2\pi \cdot \sin(\alpha_n + \psi)},$$

де $\alpha_n = \alpha_{\text{спс}}$.

Визначимо кінематичний кут нахилу поперечної різальної кромки λ_k . Кут λ_k вимірюється в кінематичній площині різання $P_{\text{нк}}$. Він лежить між кінематичною швидкістю різання \bar{V}_e та перпендикуляром до поперечної різальної кромки.

Вводиться система площин проєкцій P_4/P_5 . Площина P_5 проводиться паралельно кінематичній площині різання $P_{\text{нк}}$. За правилом зміни площин проєкцій визначаються проєкції A_5C_5 різальної кромки і вектора \bar{V}_e , який проходить по лінії C_5L_5 на площину P_5 .

За визначенням кут між вектором \bar{V}_e і перпендикуляром C_5T_5 до різальної кромки буде кінематичним кутом нахилу $\lambda_{\text{нк}}$ поперечної різальної кромки свердла в досліджуваній точці С.

Розглядаючи графічні розв'язки, будемо мати:

– за побудовою:

$$L_3F_3 = T_5L_5;$$

$$F_3E_3 = F_4L_4;$$

$$C_5T_5 = C_4L_4;$$

– з трикутника $F_3L_3E_3$:

$$F_3L_3 = F_3E_3 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_{\text{нс}} = T_5L_5;$$

– з трикутника $C_4L_4E_4$:

$$C_4L_4 = \frac{L_4F_4}{\sin \tau_N} = \frac{F_3E_3}{\sin \tau_N};$$

– з трикутника $C_5L_5T_5$:

$$\operatorname{tg} \lambda_k = \frac{T_5L_5}{C_5T_5} = \frac{T_5L_5}{C_4L_4}.$$

Звідси:

$$\operatorname{tg} \lambda_{\text{кпп}} = \frac{F_3E_3 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_{\text{нс}} \cdot \sin \tau_N}{F_3E_3}.$$

Таким чином, кінематичний кут $\lambda_{\text{нк}}$ нахилу поперечної різальної кромки у досліджуваній точці С визначається за формулою:

$$\operatorname{tg} \lambda_{\text{нк}} = \operatorname{ctg} \varphi_{\text{спк}} \cdot \sin \tau_N.$$

При одноплощинному заточуванні свердла $\varphi_{\text{спк}} = 90^\circ$. В цьому випадку кут $\lambda_{\text{нк}}$ буде дорівнювати нулю.

Висновки

Геометричні параметри поперечної кромки залежать від параметрів головних різальних кромки. Геометричні параметри головної та поперечної різальних кромки визначаються за загальною методикою на базі загальної теорії їх визначення.

За встановленими в роботі для поперечної кромки залежностями можна визначати значення кутів нахилу поперечної кромки, кута в плані, задніх і передніх кутів. Визначення цих кутів дозволяє на основі аналізу їх значень покращити геометрію різальної частини спірального свердла для розглянутих в роботі способів заточування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Родин П.Р.* Геометрия режущей части спирального сверла. – К: Техника, 1971. – 135 с.
2. *Мельничук Л.С.* Геометрія задньої поверхні свердла // Вісник ЖІТІ. – 2003. – № 3(27). – С. 32–35.
3. *Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С.* Общая теория определения геометрических параметров инструмента // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. – 2003. – № 14. – С. 3–11.

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

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

НИКОЛАЄНКО Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри нарисної геометрії Державного університету будівництва та архітектури (м. Київ).

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

МЕЛЬНИЧУК Людмила Степанівна – доцент Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– різання матеріалів.

Подано 23.02.2004

Равська Н.С. , Ніколаєнко Т.П. , Мельничук Л.С. Геометрія поперечної кромки спірального свердла

Равская Н.С., Николаенко Т.П., Мельничук Л.С. Геометрия поперечной кромки спирального сверла

Ravska N.S., Nikolenko T.P., Melnychuk L.S. Geometry of transverse edge of twist-drill.

УДК 621.9.013

Геометрія поперечної кромки спірального свердла / Н.С. Равська, Т.П. Ніколаєнко, Л.С. Мельничук

Наведена оцінка статичних та кінематичних параметрів поперечної кромки свердла для різних методів заготовки

УДК 621.9.013

Геометрия поперечной кромки спирального сверла / Н.С. Равская, Т.П. Николаенко, Л.С. Мельничук

Приведена оценка статических и кинематических параметров поперечной кромки сверла для разных методов заготовки

УДК 621.9.013

Ravska N.S., Nikolenko T.P., Melnychuk L.S. Geometry of transverse edge of twist-drill.