

Н.С. Равська, д.т.н., проф.
Р.П. Родін, к.т.н., с.н.с.
Є.В. Корбут, к.т.н., доц.

Національний технічний університет України "КПІ"

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ СВЕРДЛА ПРІ СВЕРДЛІННІ ТРУБ

Графічно та аналітично визначено завантаження різальної частини свердла при свердлінні труб. Показано, що при свердлінні труб найбільше впливає на завантаження ширина зрізу.

Завантаження різальної частини інструмента, зокрема, характеризується товщиною зрізу *a* та його шириною *b*. При свердлінні труб товщина зрізу *a* приблизно дорівнює:

$$a \approx \frac{S_0}{2} \sin \varphi.$$

Ця формула справедлива і є точною для свердел з діаметрально розташованими різальними кромками. Таким чином, наближено можна прийняти, з достатньою для практики точністю, товщину зрізу постійною для всіх точок різальних кромок протягом усього процесу свердління [1]. Тому завантаження різальної частини свердла можна характеризувати шириною зрізу *b* та її зміною під час роботи.

Проаналізуємо процес свердління труби (рис. 1, а).

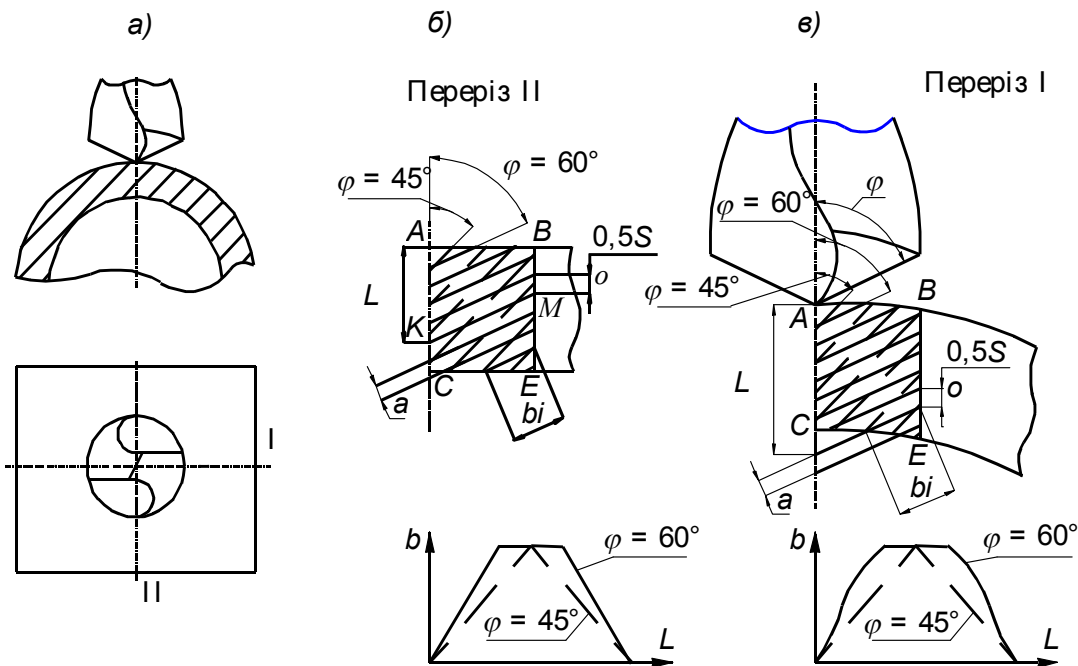


Рис. 1. Аналіз завантаження різальної кромки свердла

Ширина зрізу *b* при свердлінні свердлами з діаметрально розташованими різальними кромками буде дорівнювати активній довжині різальної кромки в будь-який досліджуваний момент часу. Ширина зрізу *b* при свердлінні залежить від положення різальних кромки відносно оброблюваної заготовки. Найбільш характерними перерізами при аналізі ширини зрізу *b* є переріз I, перпендикулярний осі заготовки, і переріз II, що проходить через вісь свердла та вісь заготовки.

На рис. 1, б зображена схема різання матеріалу заготовки в перерізі II, в якому зовнішня та внутрішня поверхні труби перетинаються лініями *AB* і *CE*. Оброблений отвір перетинається з перерізом II по прямій *BE*. Лінія *AC* є віссю свердла. В цьому випадку завантаження різальної частини свердла буде половинною. Розмір *AB* дорівнює радіусу свердла *R*. Знаючи кут при вершині φ та величину подачі на оберт свердла S_0 , зображуємо положення різальних кромки у різні моменти часу в перерізі. Таким чином, в цьому перерізі визначається графічно схема зрізання припуску і ширина зрізу *b*, в досліджуваний

момент часу. У відповідності з розглянутою схемою, будується графік залежності $b = f(L)$, де L – глибина свердління.

У перерізі I схема зрізання припуску змінюється, оскільки внутрішня та зовнішня поверхні труби в цьому перерізі перетинаються по колах. Аналогічно перерізу II, будується схема зрізання припуску при свердлінні труби в перерізі I (рис. 1, в). У відповідності зі схемою зрізання припуску, будується графік залежності $b = f(L)$ для перерізу I.

Аналіз показує, що на вид графічної залежності $b = f(L)$ суттєво впливає кут в плані φ (рис. 1.6, в), розміри зовнішнього і внутрішнього діаметрів труби і діаметр свердла. Порівняння схем зрізання припуску при $\varphi = 60^\circ$ і $\varphi = 45^\circ$ та залежностей $b = f(L)$ в перерізах I і II показує, що зменшення кута в плані викликає зменшення товщини зрізу, змінює амплітуду коливань ширини зрізу b та сприяє зростанню довжини свердління L .

На характер залежності $b = f(L)$ суттєво впливає товщина труби – різниця радіусів зовнішньої та внутрішньої поверхонь труби. При малій товщині труби та малому куті при вершині ширина зрізу b протягом усього періоду свердління може бути меншою за довжину різальної кромки, що безпосередньо впливає на силові характеристики та їх зміну в період свердління.

У цьому випадку може знижуватись $M_{кр}$ за рахунок зменшення активної довжини різальної кромки. Ширину зрізу b можна визначити аналітично (рис. 2).

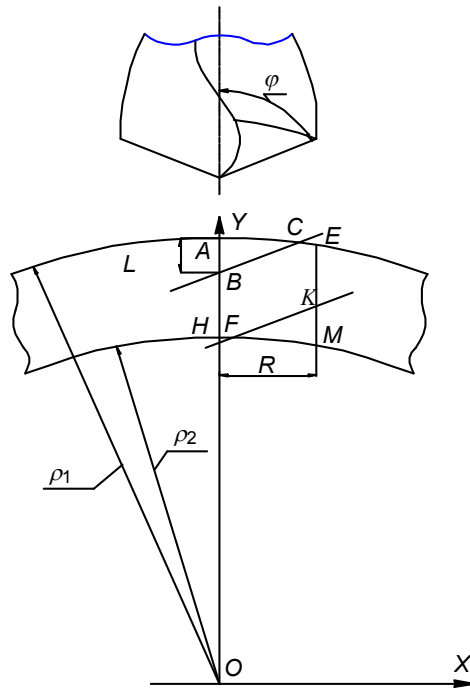


Рис. 2. Аналітичне визначення товщини зрізу

У системі XY в довільний момент часу, котрий визначається довжиною врізування свердла в заготовку L , положення різальної кромки буде відповідати в перерізі I прямої BC . Рівняння прямої BC буде:

$$y = x \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L), \tag{1}$$

де ρ_1 – зовнішній радіус труби.

Рівняння кола радіуса ρ_1 буде:

$$x^2 + y^2 = \rho_1^2, \tag{2}$$

а координати точки B будуть:

$$x_B = 0; y_B = \rho_1 - L.$$

Сумісне рішення рівняння прямої BC та кола радіуса ρ_1 визначає координати точки C .

Підставляючи в рівняння кола $y_C = x_C \operatorname{ctg} \varphi + y_B$ одержимо:

$$x_C^2 + x_C^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi + y_B^2 + 2 \operatorname{ctg} \varphi y_B x_C = \rho_1^2. \tag{3}$$

Розв'язавши це рівняння відносно x_C , будемо мати:

$$x_C = \frac{-y_B \operatorname{ctg} \varphi \pm \sqrt{4y_B^2 \operatorname{ctg}^2 \varphi - \frac{1}{\sin^2 \varphi} (y_B^2 - \rho_1^2)}}{\frac{2}{\sin^2 \varphi}}. \quad (4)$$

Знаючи x_C , розраховуємо координату y_C :

$$y_C = x_C \operatorname{ctg} \varphi + y_B. \quad (5)$$

Знаючи координати точок B і C , визначаємо відстань між ними, яка дорівнює ширині зрізу b_i в досліджуваній момент часу:

$$b_i = \sqrt{(x_C - x_B)^2 + (y_C - y_B)^2}. \quad (6)$$

Відповідно до рис. 2, координати точки E будуть:

$$x_E = R,$$

де R – радіус свердла,

$$y_E = R \cos \delta; \quad \sin \delta = \frac{R}{\rho_1}.$$

Величина L_E , що відповідає точці E , буде:

$$L_E = y_E - R \cos \varphi. \quad (7)$$

Величина L_E відповідає дузі кола AE .

При подальшому збільшенні глибини свердління ширина зрізу b буде обмежуватися віссю y та прямою ME і буде дорівнювати:

$$b = \frac{R}{\sin \varphi}. \quad (8)$$

Координати точки M будуть рівні:

$$x_M = R; \quad y_M = R \cos \delta_M,$$

де

$$\sin \delta_M = \frac{R}{\rho_2};$$

ρ_2 – радіус внутрішньої поверхні труби.

Глибина свердління в точці M , коли закінчується обробка отвору на поверхні труби, буде:

$$L_M = y_M - R \operatorname{ctg} \varphi. \quad (9)$$

Координати точки H будуть:

$$x_H = 0; \quad y_H = \rho_2,$$

а глибина свердління, що відповідає точці H , буде:

$$L_H = \rho_1 - \rho_2. \quad (10)$$

При глибині свердління від L_H до L_M ширина зрізу b буде обмежуватися прямою ME та колом радіуса ρ_2 . Рівняння прямої FK (рис. 2), що відповідає дузі HF кола HM , буде:

$$y = x \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L). \quad (11)$$

Рівняння кола радіуса ρ_2 буде:

$$x^2 + y^2 = \rho_2^2.$$

Сумісне рішення рівнянь прямої FK та кола радіуса ρ_2 визначає координати точки F :

$$x_F = \frac{-2(\rho_1 - L) \operatorname{ctg} \varphi \pm \sqrt{4(\rho_1 - L)^2 - \frac{4}{\sin^2 \varphi} (\rho_1 - L)^2 - \rho_2^2}}{\frac{2}{\sin^2 \varphi}}. \quad (12)$$

Координата y_F дорівнює:

$$y_F = x_F \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L). \quad (13)$$

Координати точки K визначаються при спільному розгляді прямої FK і прямої ME :

$$y = x \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L); \quad x = R.$$

Координати точки K будуть:

$$y_K = R \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L).$$

Знаючи координати точок F і K визначаємо ширину $b = FK$:

$$b = \sqrt{(x_K + x_F)^2 + (y_K + y_F)^2}. \quad (14)$$

За цими формулами розраховується ширина зрізу b при зміні величини L від L_H до L_M .

У перерізі II (рис. 1) ширина зрізу буде обмежуватися прямими AB , BE , EC та CA .

Рівняння прямої AB : $y_1 = \rho_1$.

Рівняння прямої BE : $x = R$.

Рівняння прямої KM , яка відповідає положенню різальної кромки в довільний момент часу:

$$y = x \operatorname{ctg} \varphi + (\rho_1 - L). \quad (15)$$

Ширина зрізу b при зміні розміру L від $R \operatorname{ctg} \varphi$ до $L = \rho_1 - \rho_2$ буде дорівнювати:

$$b = \frac{R}{\sin \varphi} - \frac{L - (\rho_2 - \rho_1)}{\cos \varphi}.$$

При заданій геометрії інструмента та інших постійних параметрах процесу свердління ширина зрізу b та товщина зрізу a визначають зусилля різання, характер протікання теплових явищ при різанні, зношування інструменту, а отже, і його працездатність.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Родін П.Р.* Основы теории проектирования режущих инструментов. – К.: Вища школа, 1990. – 423 с.

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

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

РОДІН Родіон Петрович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструменту.

КОРБУТ Євген Валентинович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– оптимізація конструкцій та умов експлуатації різальних інструментів.

Подано 22.08.2000