

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

В.І. Солодкий



**ПРОЕКТУВАННЯ
РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ
СВЕРДЛА
ГВИНТОВА КАНАВКА**

Матеріал для самостійної роботи

Електронне мережеве навчальне видання

2-ге видання, перероблене і доповнене

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

УДК 621.914(075.8)
С60

Автор: *Солодкий Валерій Іванович*, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Охріменко О.А.*, док. техн. наук, професор,
КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Відповідальний редактор *Адаменко Ю.І.* канд. техн. наук, доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського.

*Вчена рада навчально-наукового
механіко-машинобудівного інституту
(протокол № 2 від 30.09.2024 р)*

Солодкий В. І.

С60 Проектування різальних інструментів. Свердла, гвинтова канавка [Електронний ресурс]: метод. вказівки для здобувачів ступеня бакалавр за освіт. програмою “Конструювання та дизайн машин” спец. 131 – Прикладна механіка/ В. І. Солодкий : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2-ге вид. перероблене та доповн. – Електрон. текст. дані (1 файл). — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 37 с.

Наведено теоретичні та практичні відомості з проектування спіральних свердел загального призначення. Викладено методики формоутворення гвинтових поверхонь постійного кроку. Теоретичні положення супроводжуються практичними рекомендаціями. Наведена значна кількість прикладів проектування свердел та дискового інструмента для утворення стружкових канавок осового інструмента.

Для викладачів та студентів усіх форм навчання за технічними спеціальностями.

УДК 621.914(075.8)

© В. І. Солодкий
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025

ДО СТУДЕНТІВ

Викладений матеріал призначений для
самостійної роботи за темою “Проектування свердел”
розділ “Гвинтова канавка”
та роботи над дипломним проектом
освітнього рівня бакалавр.

Зміст

1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ	7
1.1. Початкова інструментальна поверхня	7
1.2. Умови формоутворення	9
1.3. Представлення гвинтової поверхні	10
Питання для самоперевірки	14
2. ПЕРЕРІЗИ ГВИНТОВОЇ ПОВЕРХНІ	15
2.1. Торцевий переріз	15
2.2. Перехід від торцевого перерізу до осьового	17
2.3. Перехід від осьового перерізу до торцевого	23
2.4. Профіль гвинтової поверхні у довільній площині	27
Питання для самоперевірки	35
Посилання	36

Перелік ілюстрацій

1.1.	Гвинтові траєкторії:	12
1.2.	Проекція гвинтової траєкторії	12
2.1.	Торцевий переріз гвинтової поверхні	15
2.2.	Полярні координати	16
2.3.	Перехід між торцевим та осьовим перерізами:	17
2.4.	Перехід від торцевого перерізу свердла до осьового:	18
2.5.	Профіль фрези:	21
2.6.	Різьба метрична:	24
2.7.	Профілі метричної різьби:	25
2.8.	Перехід від торцевого перерізу до похилого	27
2.9.	Перерізи фрези:	29
2.10.	Профіль свердла торцевий	32
2.11.	Профіль свердла у нахиленому перерізі	34
2.12.	Порівняння профілів свердла:	34

Перелік таблиць

2.1.	Торцевий переріз свердла	19
2.2.	Осьовий переріз свердла	20
2.3.	Перерізи фрези	22
2.4.	Осьовий переріз метричної різьби	25
2.5.	Перерізи метричної різьби	26
2.6.	Похилий переріз фрези	31
2.7.	Нормальний до канавки переріз свердла	33



1. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Початкова інструментальна поверхня

Під час роботи різального інструмента його різальні кромки по-сплідовно проникають у матеріал заготовки, зрізуючи його у вигляді стружки. Тому при обробці різанням форма деталі обумовлена формою і розмірами різальних кромок інструменту та його рухами відносно заготовки.

Щоб різальні кромки інструменту утворювали деталь, вони повинні бути розташовані на поверхні, яка торкається деталі в процесі обробки. Цю поверхню називають початковою інструментальною поверхнею [1].

Початкова інструментальна поверхня

Уявна поверхня, яка при заданих взаємних рухах інструмента і заготовки, контактує з номінальною поверхнею деталі.

Початкова інструментальна поверхня контактує з номінальною поверхнею деталі за деякою кривою (лінією), яка називається лінією контакту або характеристикою.

Характеристика

Лінія контакту номінальної поверхні деталі із початковою інструментальною поверхнею.

Форма деталі є незмінною, вона обумовлена (задана) креслеником. Поверхня деталі (не заготовки, а саме деталі) та початкова інструментальна поверхня, повинні контактувати між собою увесь час обробки. Однак, не зважаючи на те, що форма деталі незмінна (задана креслеником) форма початкової інструментальної поверхні залежить від взаємних рухів заготовки та інструменту.

Траєкторії рухів точок різальної кромки інструмента відносно заготовки, це результат поєднання рухів, які здійснюють на верстаті інструмент і оброблювана заготовка. Ці рухи визначають прийнятну кінематичну схему різання.

Кінематична схема різання

Сукупність рухів інструменту і заготовки під час формоутворення деталі на верстаті.

Зауваження. Кінематична схема верстата та кінематична схема різання, це різні речі. Певній кінематичній схемі різання можуть відповідати різні кінематичні схеми механізмів верстата.

Кінематичні схеми різання не включають рухи холостих циклів інструменту або заготовки.

Визначення конкретної кінематичної схеми різання має велике значення для металообробки, оскільки схема різання впливає на геометричні параметри різальної частини леза [2].

При обробці циліндричних гвинтових поверхонь використовують схему формоутворення, у якій в процесі формоутворення поверхня деталі ковзає "сама по собі" [3].

Отже, різальний інструмент можна розглядати як тіло, обмежене початковою інструментальною поверхнею, на якій розташовані ділянки різальних кромок, що безпосередньо утворюють поверхню деталі.

Різальні кромки інструменту розташовані на початковій інструментальній поверхні.

При обробці гвинтових поверхонь постійного кроку кінематична схема формоутворення зводиться до двох рівномірних рухів – прямолінійного поступального та обертального.

Гвинтова поверхня постійного кроку, це поверхня, яка ковзає "сама по собі".

Гвинтова поверхня деталі може бути представлена, як поверхня, що ковзає "сама по собі", тому її можливо задати профілем перерізу, який здійснює гвинтовий рух. Важливим є те, що цей переріз може бути довільного положення. Не тільки осьовим або торцевим, але і похилим під довільним кутом до осі гвинтової поверхні.

1.2. Умови формоутворення

Профільювання інструмента

Визначення (пошук) форми та розмірів різальних кромок, які при даній (конкретній) кінематичній схемі різання утворюють номінальну поверхню деталі [1].

При профільюванні інструментів та визначенні форми і розмірів різальних кромок прийнято ряд умовностей:

- вважається, що деталь, інструмент і верстат є абсолютно жорсткими;
- немає відхилень від прийнятого закону рухів заготовки і інструменту;
- інструмент і верстат в процесі роботи не зношуються;
- не мають місця теплові деформації технологічної системи.

Розглянутий процес формоутворення є ідеальним, його практично не можна здійснити, але його аналіз дозволяє виявити похибки формоутворення.

Існує три умови формоутворення, виконання яких необхідно забезпечити для отримання деталі за креслеником [4, с. 245–249].

Перша умова формоутворення

Це умова існування самої початкової інструментальної поверхні.

Для утворення поверхні деталі необхідно, щоб у процесі обробки точки інструмента і деталі, хоча-б один раз були у контакті одна з одною. Іншими словами, повинні існувати сполучені точки між початковою поверхнею інструмента та поверхнею деталі. Якщо їх немає, то виготовити деталь неможливо.

Друга умова формоутворення

Це умова контакту поверхні деталі і початкової поверхні інструмента без їх взаємного проникнення.

Прикладом порушення цієї умови може служити спроба обробити внутрішню радіусну поверхню деталі інструментом, що має більший радіус.

Третя умова формоутворення

Це відсутність на обробленій поверхні деталі перехідних ділянок.

Як правило, порушення цієї умови виникає у випадках коли інструмент не можна відтворити в повній відповідності до початкової поверхні. Наприклад, коли окремі ділянки інструментальної поверхні перетинають одна одну.

Розглянуті умови формоутворення справедливі і при утворення гвинтових поверхонь. Складність визначення початкової інструментальної поверхні при обробці гвинтових поверхонь полягає в тому, що одну і ту ж деталь можливо утворити інструментом різної форми, залежно від взаємного розташування інструмента та деталі. З іншого боку це дає можливість варіювати формою інструмента та застосовувати більш простий інструмент.

1.3. Представлення гвинтової поверхні

Гвинтова поверхня постійного кроку однозначно характеризується двома параметрами:

- своїм профілем в будь якому січені (перерізі);
- і кроком вздовж осі гвинтової поверхні.

Будемо розглядати гвинтові поверхні, профіль яких залишається незмінним у всій області їхнього існування та ті, що мають незмінний крок.

Траєкторія гвинтової поверхні

Будь-яку гвинтову поверхню можна представити, як сукупність гвинтових траєкторій окремих точок, що лежать на гвинтовій поверхні (приналежні до гвинтової поверхні).

У свою чергу, гвинтову траєкторію точки можна розглядати, як результат узгодженого складання двох рухів – прямолінійно уздовж осі гвинтової поверхні, та обертального навколо цієї осі.

Радіус точки гвинтової поверхні

Під час гвинтового руху, точка обертається навколо осі гвинтової поверхні, залишаючись на постійній відстані від неї [5]. Будемо

позначати цю відстань, як ρ і говорити про "радіус точки гвинтової поверхні", або "радіус на якому розташована точка профілю гвинтової поверхні".

Крок гвинтової поверхні

Крок H гвинтової траєкторії окремої точки гвинтової поверхні, це відстань на яку переміститься точка, уздовж осі гвинтової поверхні здійснивши один повний оберт навколо цієї осі.

Крок гвинтових траєкторій однаковий для всіх точок гвинтової поверхні¹. Тому говорять про крок гвинтової поверхні в цілому².

Гвинтова траєкторія

Проекція гвинтової траєкторії точки на площину, перпендикулярну до осі гвинтової поверхні, має вигляд кола радіуса ρ . Таким чином можливо стверджувати, що у просторі гвинтова траєкторія розташована на циліндрі радіуса ρ , який називається основним циліндром гвинтової траєкторії окремої точки гвинтової поверхні.

На площину, що паралельна осі гвинтової поверхні, гвинтова траєкторія точки проектується у вигляді синусоїди, амплітуда якої дорівнює радіусу ρ , а крок дорівнює значенню кроку H гвинтової поверхні.

На рис. 1.1,*a* наведено торцевий переріз гвинтової поверхні та проекції гвинтових траєкторій точок (1.1,*б*) у межах $\pm\pi$.

Для гвинтових поверхонь постійного кроку, крок H гвинтових траєкторій є однаковим для всіх точок гвинтової поверхні. У той же час, форма синусоїди (проекції гвинтової траєкторії на осьову площину) буде різною для різних точок і залежить від величини радіус-вектора ρ (рис. 1.2).

¹ Крок різних точок гвинтової поверхні завжди є однаковим для всієї гвинтової поверхні. Він не залежить від відстані на якій розташована точка відносно осі гвинтової поверхні. Тобто, точки розташовані на периферії і ближче до центру гвинтової деталі мають однаковий крок.

² Це твердження справедливе тільки для гвинтових поверхонь постійного кроку.

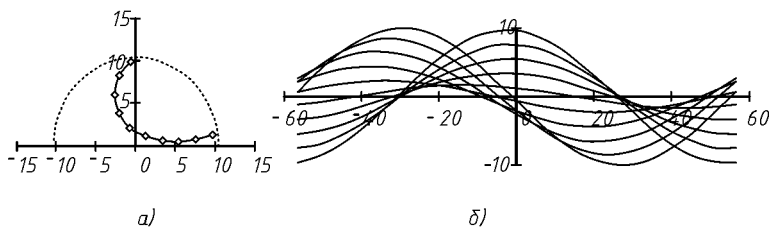


Рис. 1.1. Гвинтові траєкторії:
 а – торцевий переріз гвинтової поверхні;
 б – проєкції гвинтових траєкторій

Кут нахилу траєкторії

Кут ω між проєкцією гвинтової траєкторії точки на вісь гвинтової поверхні та цією віссю (рис. 1.2), називається кутом нахилу гвинтової лінії (траєкторії).

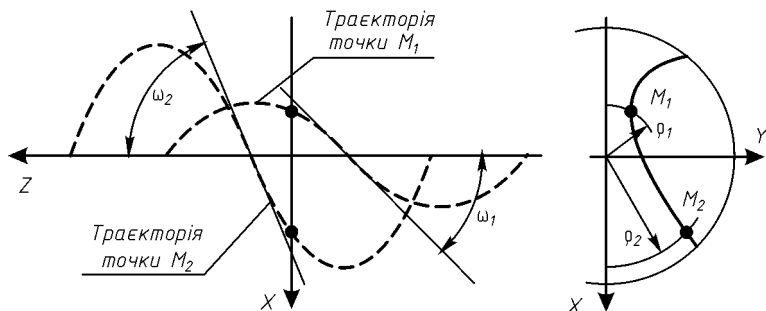


Рис. 1.2. Проєкція гвинтової траєкторії

Між кутом ω нахилу траєкторії, радіусом ρ (відстанню від точки до осі) і кроком H існують такі залежності:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{2\pi\rho}{H}, \quad \rho = \frac{H}{2\pi} \operatorname{tg} \omega, \quad H = \frac{2\pi\rho}{\operatorname{tg} \omega}. \quad (1.1)$$

Аналізуючи ці залежності можливо зробити висновок, що кут ω нахилу гвинтової лінії залежить від радіуса ρ точки гвинтової поверхні. Отже, значення кута ω нахилу гвинтової траєкторії буде різним для різних точок торцевого профілю гвинтової поверхні, що і показано на рис. 1.2.

Таким чином, ствердження, що гвинтова поверхня (стружкова канавка, зуб інструмента, або інший геометричний елемент) має певний (конкретний) кут нахилу ω , є невірним. Якийсь конкретний кут ω нахилу може мати тільки конкретна точка гвинтової поверхні з конкретним значенням радіусу ρ .

Наприклад, коли стверджують, що кут нахилу канавки спірального свердла становить 30° . То треба враховувати, що $\omega = 30^\circ$ має не вся канавка, а тільки її частина на зовнішньому діаметрі свердла. Ця теза також підтверджується результатами інших досліджень³.

³Yushan L., Guoxun W., Xingshan X. Research on topological grinding of bi-ionic structured scale surface for reducing contact friction and fluid drag resistance. *Machining Science and Technology*. 2023. No. 27(2):1-33. P. 1–33. URL:<https://www.researchgate.net/publication/375570062> (date of access: 22.04.2024).

Olson W, Kosikov K, Colasanti A, Gorin A, Zhurkin V. (1999). Pulling and pushing the DNA double helix. 487. 10.1063/1.59886. <https://www.researchgate.net/publication/241616960> (date of access: 22.04.2024).

Питання для самоперевірки

1. Що таке “початкова інструментальна поверхня”?
2. Що таке “характеристика”?
3. На якій поверхні мають бути розташовані різальні кромки?
4. У чому полягає суть профілювання інструменту?
5. Що таке перша умова формоутворення?
6. Що таке друга умова формоутворення?
7. Що таке третя умова формоутворення?
8. Що таке гвинтова траєкторія точки?
9. Як вимірюють кут нахилу траєкторії?
10. Чи є однаковим крок гвинтової поверхні для всіх її точок?
11. Як змінюється крок гвинтової поверхні для різних точок твірної?



2. ПЕРЕРІЗИ ГВИНТОВОЇ ПОВЕРХНІ

2.1. Торцевий переріз

Гвинтова поверхня повністю характеризується своїм профілем в торцевому перерізі і кроком H . Якщо зробити ряд торцевих перерізів S на довільній відстані l один від одного (рис. 2.1), то виявиться, що профіль усіх торцевих перерізів однаковий.

У той же час, сусідні торцеві перерізи (торцеві профілі) повернені один відносно одного на кут Δ , величина якого та відстань l пов'язані між собою співвідношенням (2.1), справедливим для будь якої точки гвинтової поверхні [6]

$$\frac{H}{2\pi} = \frac{l}{\Delta}. \quad (2.1)$$

Зміст наведеної залежності такий – коли точка гвинтової траєкторії переміститься вздовж гвинтової осі на відстань l , то вона одночасно обернеться навколо неї на кут Δ , та навпаки.

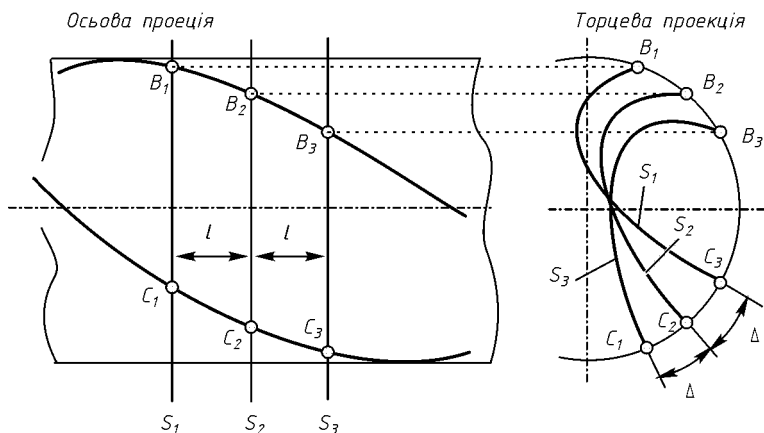


Рис. 2.1. Торцевий переріз гвинтової поверхні

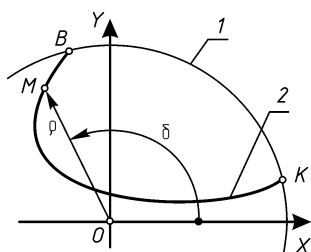
Координати розрахункових точок торцевого перерізу гвинтової поверхні задають як полярний радіус-вектор ρ та полярний кут δ (рис. 2.2). При їх визначенні необхідно дотримуватись таких правил:

- полярний кут δ вимірюється від осі X (зазвичай горизонтальна) до радіус-вектора, в напрямку проти руху годинникової стрілки. Чисельне значення кута δ може бути у межах від 0 до 2π і мати тільки додатний знак;
- радіус-вектор ρ теж може бути тільки додатним в межах від 0 до нескінченності.

Перейти від полярних координат до прямокутних (у системі координат XU) можливо за формулами:

$$x = \rho \cos \delta, \quad y = \rho \sin \delta. \quad (2.2)$$

Зауваження. Ні в якому разі не можна приймати від'ємне значення полярного кута δ коли розрахункова точка знаходиться нижче горизонтальної осі X .



- 1 – зовнішній діаметр свердла;
- 2 – торцевий профіль свердла;
- B та K – кінцеві точки профілю;
- δ – полярний кут (радіани);
- ρ – полярний радіус-вектор.

Рис. 2.2. Полярні координати

Чисельне значення полярного кута δ значно впливає на похибку розрахунків, тому доцільно визначати його аналітично через косинус кута

$$\cos \delta = \frac{x_M}{\rho_M}. \quad (2.3)$$

Полярний кут δ обов'язково повинен бути виражений у радіанах.

Полярний кут δ може приймати тільки додатні значення.

Нижче розглянуто способи переходу між координатами перерізів гвинтової поверхні розташованих під різними кутами відносно осі гвинтової поверхні.

2.2. Перехід від торцевого перерізу до осьового

Будемо вважати що відомим є профіль торцевого перерізу гвинтової поверхні. Необхідно знайти його координати в осьовому перерізі.

Розглянемо рис. 2.3. У координатній площині XU точка M_T є точкою торцевого перерізу гвинтової поверхні деталі. Вісь Z збігається з віссю гвинтової поверхні деталі (заготованки). Площина ZX – це погляд на гвинтову деталь так-би мовити "зверху". Площина YZ відповідає площині осьового перерізу.

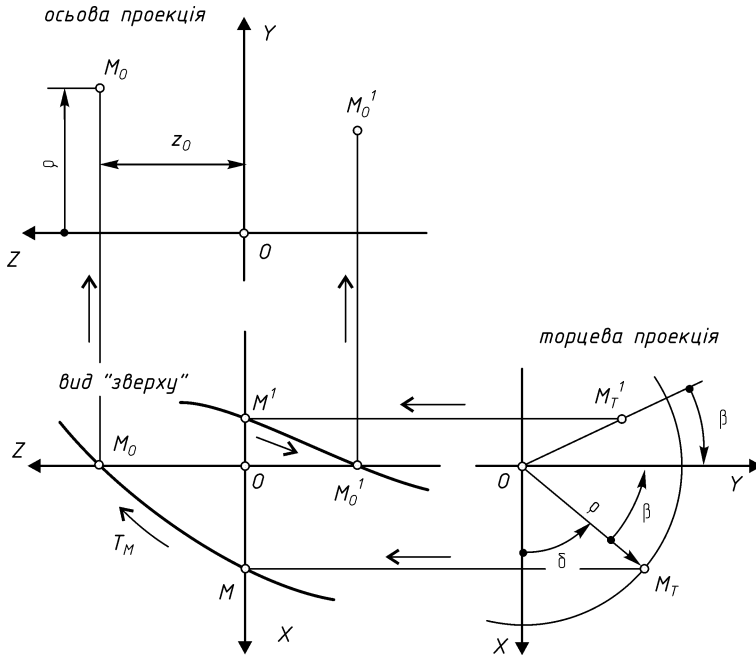


Рис. 2.3. Перехід між торцевим та осьовим перерізами:

ρ – полярний радіус-вектор розрахункової точки;

δ – полярний кут розрахункової точки;

β – кут "двороту" до осьового перерізу

Положення довільної точки M у торцевій площині XU (точка M_T) визначено полярним радіус-вектором ρ , та полярним кутом δ .

Для того щоб визначити осьовий переріз гвинтової поверхні, необхідно перенести точку M_T по гвинтовій траєкторії T_M у точку M_0 . Цей "переніс" складається з двох рухів – обертального навколо осі Z

на величину кута β , та поступального переміщення вздовж осі Z на величину z_o .

Таким чином, положення точки M у осьовому перерізі M_o визначається двома параметрами – кутом β , та відстанню z_o (разом з радіус-вектором ρ).

Відстань z_o знаходиться з вже відомої залежності (1.1):

$$\frac{H}{2\pi} = \frac{z_o}{\beta}, \quad \text{звідки } z_o = \frac{H \beta}{2\pi}. \quad (2.4)$$

Кут β можливо визначити як:

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \delta. \quad (2.5)$$

Його величина враховується у подальших розрахунках з відповідним знаком.

Послідовність визначення осьового перерізу гвинтової поверхні може бути такою:

- знаючи кут δ розрахувати за (2.5) кут β з відповідним знаком;
- за (2.4) розрахувати відстань z_o враховуючи знак результату;
- маючи ρ та z_o побудувати профіль осьового перерізу гвинтової поверхні.

Приклад 2.1 (Переріз свердла).

Для спірального свердла відомо координати x та y торцевого перерізу (рис. 2.4,а) та кут ω нахилу стружкової канавки.

Визначити координати y_o та x_o осьового перерізу свердла.

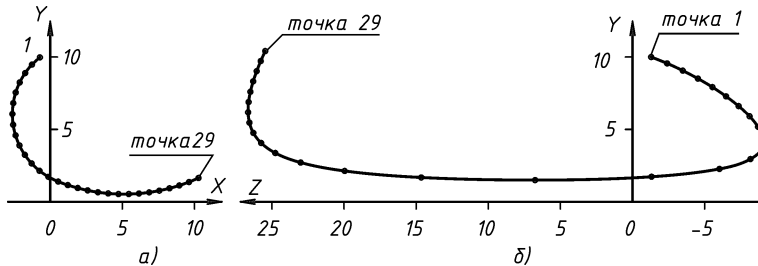


Рис. 2.4. Перехід від торцевого перерізу свердла до осьового:
 а – профіль торцевого перерізу;
 б – профіль осьового перерізу

Вихідний дані:

Табл.2.1 – координати торцевого перерізу свердла;

$\omega = 30^\circ$ – кут нахилу стружкової канавки.

Табл. 2.1. Торцевий переріз свердла

Точка	Торцевий переріз		Точка	Торцевий переріз	
	ρ , мм	δ , рад		ρ , мм	δ , рад
1	10,00	1,6424	16	1,68	0,7582
2	9,56	1,7038	17	2,13	0,4638
3	9,06	1,7639	18	2,71	0,2946
4	8,51	1,8221	19	3,37	0,1972
5	7,92	1,8779	20	4,06	0,1430
6	7,28	1,9305	21	4,76	0,1128
7	6,61	1,9787	22	5,47	0,0978
8	5,91	2,0206	23	6,18	0,0927
9	5,18	2,0533	24	6,89	0,0946
10	4,44	2,0721	25	7,60	0,1015
11	3,69	2,0680	26	8,32	0,1122
12	2,95	2,0241	27	9,02	0,1256
13	2,27	1,9050	28	9,72	0,1412
14	1,73	1,6439	29	10,41	0,1585
15	1,50	1,1962			

Рішення:

1. За (1.1) визначимо величину кроку H гвинтової поверхні

$$H = \frac{2\pi\rho}{\operatorname{tg} \omega} = \frac{2\pi \cdot 10,41}{\operatorname{tg} 30^\circ} = 113,2899 \text{ мм.}$$

2. За (2.5) визначимо для кожної точки кут β у радіанах

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \delta.$$

3. За (2.4) визначимо для кожної точки осьову координату z_o та координату y_o

$$z_o = \frac{H \beta}{2\pi}, \quad y_o = \rho \cdot$$

4. Результати розрахунків переходу від координат точок торцевого перерізу гвинтової поверхні до координат осьового зведено до табл. 2.2. Осьовий переріз, отриманий за результатами розрахунків, подано на рис. 2.4,б.

Табл. 2.2. Осьовий переріз свердла

Точка	Осьовий переріз		Точка	Осьовий переріз	
	β , рад	z_o , мм		β , рад	z_o , мм
1	0,0716	-1,29	16	0,8126	14,65
2	0,1330	-2,40	17	1,1070	19,96
3	0,1931	-3,48	18	1,2762	23,01
4	0,2513	-4,53	19	1,3736	24,77
5	0,3071	-5,54	20	1,4278	25,74
6	0,3597	-6,49	21	1,4580	26,29
7	0,4079	-7,36	22	1,4730	26,56
8	0,4498	-8,11	23	1,4781	26,65
9	0,4825	-8,70	24	1,4762	26,62
10	0,5013	-9,04	25	1,4693	26,49
11	0,4972	-8,97	26	1,4583	26,30
12	0,4533	-8,17	27	1,4452	26,06
13	0,3342	-6,03	28	1,4296	25,78
14	0,0731	-1,32	29	1,4123	25,47
15	0,3746	6,75			

5. Як бачимо з графіків за рис. 2.4 профіль торцевого і осьового перерізу суттєво відрізняються один від одного.

Приклад 2.2 (Переріз фрези).

Для кінцевої фрези відомо координати торцевого перерізу (рис. 2.3,а) та кут ω нахилу стружкової канавки. Визначити координати y_o та x_o осьового перерізу кінцевої фрези.

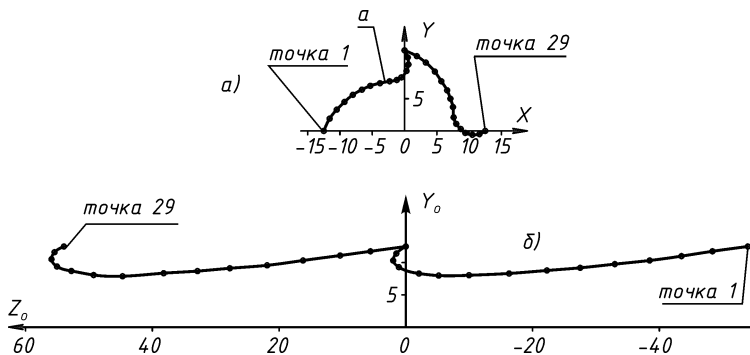


Рис. 2.5. Профіль фрези:
 а – профіль фрези у її торцевому перерізі;
 б – профіль фрези у її осьовому перерізі

Вихідний дані:

- табл.2.3 – координати торцевого перерізу фрези;
 $\omega = 20^\circ$ – кут нахилу стружкової канавки.

Рішення:

1. За (1.1) визначаємо величину кроку гвинтової канавки фрези:

$$H = \frac{2\pi\rho}{\operatorname{tg}\omega} = \frac{2\pi 12,5}{\operatorname{tg}20^\circ} = 215,786 \text{ мм.}$$

2. Для кожної розрахункової точки виконаємо послідовні розрахунки (числові значенні у прикладі наведено для точки 28):

- 2.1. Полярний радіус-вектор ρ для точки 28

$$\rho = \sqrt{x_{28}^2 + y_{28}^2} = \sqrt{11,6^2 + (-0,5)^2} = 11,611 \text{ мм.}$$

- 2.2. Полярний кут δ для точки 28

$$\cos \delta_{28} = \frac{x}{\rho} = \frac{11,6}{11,611} = 0,0435 \text{ рад.}$$

- 2.3. Перевіряємо та коригуємо значення кута δ_{28} . Для точки № 28 (11,6; -0,5) координата $y_{28} = -0,5$ менша нуля $y < 0$.

Табл. 2.3. Перерізи фрези

№	Торцевий переріз			Осьовий переріз			№	Торцевий переріз			Осьовий переріз		
	x , мм	y , мм	β , рад	y_0 , мм	z_0 , мм	β , рад		x , мм	y , мм	β , рад	y_0 , мм	z_0 , мм	
1	-12,5	0	-1,5708	12,500	-53,947	16	1,9	11,6	0,1624	11,755	5,576		
2	-11,6	1,9	-1,4084	11,755	-48,371	17	3,3	10,6	0,3018	11,102	10,365		
3	-10,5	3,3	-1,2663	11,006	-43,489	18	4,7	9,2	0,4723	10,331	16,221		
4	-9,3	4,5	-1,1201	10,332	-38,469	19	5,7	7,7	0,6372	9,580	21,885		
5	-8,0	5,6	-0,9601	9,765	-32,972	20	6,6	6,3	0,8086	9,124	27,772		
6	-6,6	6,4	-0,8008	9,194	-27,502	21	7,1	5,0	0,9572	8,684	32,875		
7	-5,3	7,0	-0,6481	8,780	-22,257	22	7,5	3,7	1,1125	8,363	38,207		
8	-3,8	7,4	-0,4744	8,319	-16,293	23	7,6	2,1	1,3012	7,885	44,688		
9	-2,3	7,7	-0,2903	8,036	-9,969	24	8,0	1,1	1,4342	8,075	49,254		
10	-1,2	7,9	-0,1507	7,991	-5,177	25	8,7	0,3	1,5363	8,705	52,763		
11	-0,5	8,3	-0,0602	8,315	-2,066	26	9,4	-0,3	1,6027	9,405	55,042		
12	0,3	9,3	0,0322	9,305	1,108	27	10,5	-0,6	1,6279	10,517	55,907		
13	0,6	10,3	0,0582	10,318	1,998	28	11,6	-0,5	1,6139	11,611	55,426		
14	0,5	11,4	0,0438	11,411	1,505	29	12,5	0	1,5708	12,500	53,947		
15	0	12,5	0	12,500	0								

Отже, величина полярного кута для 28 точки становить:

$$\delta_{28} := 2\pi - \delta_{28} = 2\pi - 0,0435 = 6,24 \text{ рад.}$$

3. Кут β повороту точки 28. Величина кута β залежить від знаку координати y розрахункової точки:

- у разі коли $y > 0$ приймаємо $\beta = \frac{\pi}{2} - \delta$;
- у разі коли $y < 0$ приймаємо $\beta = \frac{\pi}{2} + (2\pi + \delta)$.

У даному випадку для розрахункової точки 28 координата y_{28} дорівнює $y_{28} = -0,5$. Тобто, координата y_{28} є від'ємною, отже:

$$\beta_{28} = \frac{\pi}{2} + (2\pi - 6,24) = 1,6139 \text{ рад.}$$

4. За (2.4) координата z_0 в осьовому перерізі становить

$$z_0 = \frac{H \delta}{2\pi} = \frac{215,786 \cdot 1,6139}{2\pi} = 55,426 \text{ мм.}$$

5. Для кожної розрахункової точки осьова координата y_0 дорівнює $y_0 = \rho$. Отже, для точки 28 координата y_0 в осьовому перерізі становить

$$y_0 = \rho = 11,611 \text{ мм.}$$

6. Подальші розрахунки переходу точок торцевого перерізу гвинтової поверхні до осьового зведено до табл. 2.3. Профіль фрези в осьовому перерізі подано на рис. 2.5,б.

2.3. Перехід від осьового перерізу до торцевого

У даному випадку відомим є осьовий переріз гвинтової поверхні. Необхідно перейти до торцевого. Осьовий переріз гвинтової поверхні задають у тому випадку, коли вона має відносно малий крок, наприклад – метрична різьба.

На рис. 2.6, як приклад, наведено осьовий та торцевий переріз метричної різьби. Осьовий переріз дуже просто та наочно представляє метричну різьбу. У той же час, торцевий переріз цієї ж різьби майже нічого не говорить про її форму або профіль.

Зауваження. Суто для розрахунків не має значення в якому перерізі задано профіль гвинтової поверхні, але доцільно враховувати наочність.

Вважається доцільним дотримуватись такого правила:

- коли кут між віссю деталі та гвинтовою канавкою менший 45° , то гвинтову поверхню доцільно задавати в торцевому перерізі;
- коли ж цей кут більше 45° , то гвинтову поверхню доцільно задавати в осьовому перерізі.

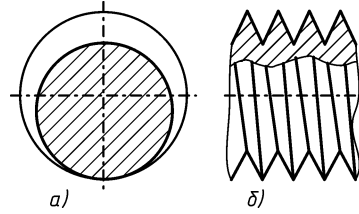


Рис. 2.6. Різьба метрична:
a – торцевий переріз;
б – осьовий переріз

Отже, у разі представлення гвинтової поверхні її осьовим перерізом відомими є такі параметри гвинтової поверхні:

- координата y яка дорівнює радіус-вектору ρ , тобто відстані розрахункової точки від ось деталі (рис. 2.3 на с. 17);
- координата z , що характеризує положення точки вздовж осі.

При переході до торцевого перерізу треба враховувати, що він проходить через вісь Y . Отже послідовність дій може бути такою:

- для розрахункової точки визначити радіус-вектор ρ та координату z враховуючи її знак;
- із залежності $\frac{H}{2\pi} = \frac{z}{\beta}$ визначити кут β враховуючи знак координати z ;
- розрахувати кут $\delta = \frac{\pi}{2} - \beta$, також враховуючи знак результату;
- знаючи параметри ρ та δ побудувати профіль торцевого перерізу гвинтової поверхні.

Приклад 2.3 (Метрична різьба).

Перейти від координат осьового перерізу гвинтової поверхні метричної різьби (рис. 2.7,*a*) до координат торцевого перерізу.

Вихідний дані:

$H = 2,5$ мм – крок різьбової (гвинтової) поверхні.

табл. 2.4 – координати осьового перерізу метричної різьби.

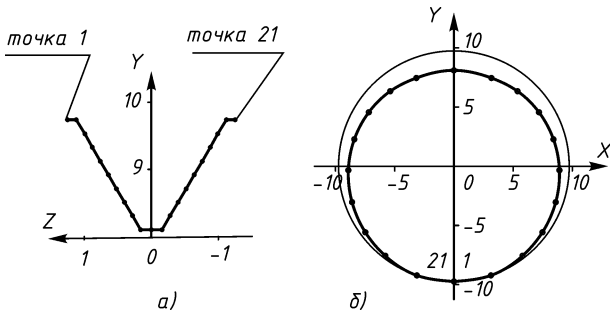


Рис. 2.7. Профілі метричної різьби:
 а – торцевий профіль;
 б – осьовий профіль

Табл. 2.4. Осьовий переріз метричної різьби

№	Осьовий			№	Осьовий		
	y, мм	z, мм	β , рад		y, мм	z, мм	β , рад
1	9,74	1,25	3,142	12	8,10	-0,16	-0,402
2	9,74	1,12	2,815	13	8,31	-0,28	-0,704
3	9,53	0,99	2,488	14	8,51	-0,40	-1,005
4	9,33	0,88	2,212	15	8,71	-0,52	-1,307
5	9,12	0,76	1,910	16	8,92	-0,64	-1,609
6	8,92	0,64	1,609	17	9,12	-0,76	-1,910
7	8,71	0,52	1,307	18	9,33	-0,88	-2,212
8	8,51	0,40	1,005	19	9,53	-0,99	-2,488
9	8,31	0,28	0,704	20	9,74	-1,12	-2,815
10	8,10	0,16	0,402	21	9,74	-1,25	-3,142
11	8,10	0	0				

Рішення:

Як числовий приклад розглянемо точку 3 з осьовими координатами $y_3 = 9,53$ та $z_3 = 0,99$ мм.

1. Полярний радіус-вектор точки 3

$$\rho_3 = y_3 = 9,53 \text{ мм.}$$

2. Кут повороту β (кут на який повинна обернутись точка осевого перерізу, щоб потрапити у координатну площину XU)

$$\beta_3 = \frac{2\pi z_3}{H} = \frac{2\pi \cdot 0,99}{2,5} = 2,488 \text{ рад.}$$

3. Полярний кут

$$\delta_3 = \frac{\pi}{2} - \beta_3 = \frac{\pi}{2} - 2,488 = -0,917 \text{ рад.}$$

3.1. Так як значення розрахованого кута $\delta_3 < 0$, тобто є від'ємним, коригуємо його величину

$$\delta_3 := 2\pi + \delta_3 = 2\pi + (-0,917) = 5,366 \text{ рад.}$$

Отже, кореговане⁴ значення кута δ становить $\delta_3 = 5,366$ рад.

4. Результати розрахунків переходу від осевого перерізу гвинтової поверхні до торцевого перерізу зведено до табл. 2.5.

Табл. 2.5. Перерізи метричної різьби

№	Осьовий			Торцевий		№	Осьовий			Торцевий	
	y , мм	z , мм	β , рад	ρ , мм	δ , рад		y , мм	z , мм	β , рад	ρ , мм	δ , рад
1	9,74	1,25	3,142	9,74	4,712	12	8,10	-0,16	-0,402	8,10	1,973
2	9,74	1,12	2,815	9,74	5,039	13	8,31	-0,28	-0,704	8,31	2,275
3	9,53	0,99	2,488	9,53	5,366	14	8,51	-0,40	-1,005	8,51	2,576
4	9,33	0,88	2,212	9,33	5,642	15	8,71	-0,52	-1,307	8,71	2,878
5	9,12	0,76	1,910	9,12	5,943	16	8,92	-0,64	-1,609	8,92	3,179
6	8,92	0,64	1,609	8,92	6,245	17	9,12	-0,76	-1,910	9,12	3,481
7	8,71	0,52	1,307	8,71	0,264	18	9,33	-0,88	-2,212	9,33	3,783
8	8,51	0,40	1,005	8,51	0,566	19	9,53	-0,99	-2,488	9,53	4,059
9	8,31	0,28	0,704	8,31	0,867	20	9,74	-1,12	-2,815	9,74	4,386
10	8,10	0,16	0,402	8,10	1,169	21	9,74	-1,25	-3,142	9,74	4,712
11	8,10	0	0	8,10	1,571						

5. На рис. 2.7,б на попередній сторінці наведено профіль гвинтової поверхні в її осьовому перерізі за результатами проведених розрахунків.

⁴ Нагадаємо, що полярний кут δ відраховується від осі X у напрямку проти руху годинної стрілки. Якщо кут $\delta > 0$, то коригування не потрібне.

6. Висновок. Профіль метричної різьби заданий у її торцевому перерізі характеризує саме профіль різьби.

Профіль торцевого перерізу практично ніяк не характеризує форму різьбової гвинтової поверхні. Тому профіль різьб доцільно задавати саме у їх осьовому перерізі.

2.4. Профіль гвинтової поверхні у довільній площині

У практиці інструментального виробництва досить часто профіль гвинтової поверхні необхідно визначити в перерізі, розташованому похило відносно осі інструмента. Наприклад, у перерізі перпендикулярному до гвинтової різальної кромки зубу інструменту.

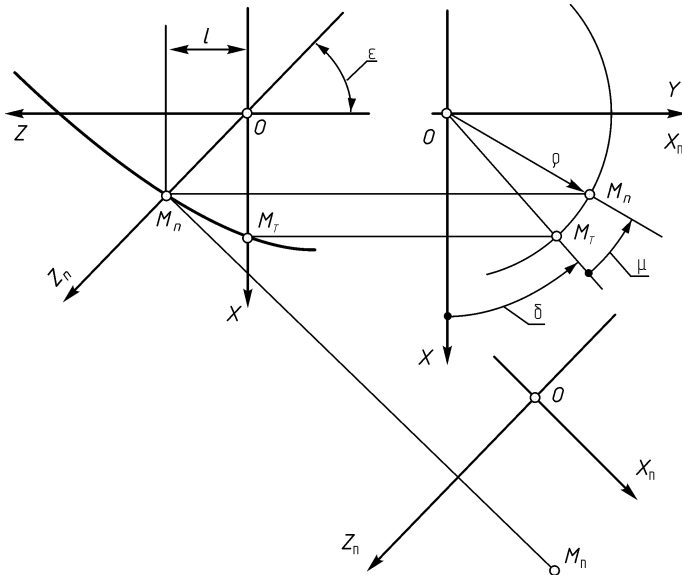


Рис. 2.8. Перехід від торцевого перерізу до похилого

Розглянемо рис. 2.8. Площина XU – це торцевий переріз гвинтової поверхні. Вісь Z збігається з віссю гвинтової поверхні. Напрямок Z_n , це слід довільної похилої площини, розташованої перпендикулярно до поверхні аркушу, що є площиною XZ . Кут ϵ це кут між віссю Z та похилою площиною (віссю Z_n).

Визначимо профіль, що утворюється у результаті перерізу гвинтової поверхні похилою площиною, що подана слідом Z_n . Для цього

необхідно, точку M_T торцевого профілю, перенести по гвинтовій траєкторії у точку M_n розташовану на лінії напрямку Z_n .

Цей "перенос" складається з двох рухів – прямолінійного, вздовж осі Z на відстань l , та відповідного йому обертального на кут μ .

1. Визначимо кут μ у такий спосіб. Відстань l може бути визначена за залежністю:

$$\frac{l}{\mu} = \frac{H}{2\pi} \quad \text{звідки} \quad l = \frac{H\mu}{2\pi}. \quad (2.6)$$

З іншого боку можна записати

$$l = \frac{\rho \cos(\delta + \mu)}{\operatorname{tg} \varepsilon}. \quad (2.7)$$

Порівнявши математичні вирази (2.6) та (2.7) отримаємо наступні залежності:

$$\frac{\rho \cos(\delta + \mu)}{p \operatorname{tg} \varepsilon} - \mu = 0, \quad \text{де} \quad p = \frac{H}{2\pi}. \quad (2.8)$$

Величина p називається гвинтовим параметром гвинтової поверхні. Отримана залежність (2.8) є трансцендентна відносно шуканого параметра μ . Значення μ можливо визначити за методом Ньютона послідовного наближення:

$$\mu_{n+1} = \frac{\rho (\cos(\delta + \mu_n) + \mu_n \sin(\delta + \mu_n))}{\rho \sin(\delta + \mu_n) + p \operatorname{tg} \varepsilon}. \quad (2.9)$$

Початкове значення параметра μ_0 можна прийняти як

$$\mu_0 = \frac{\rho \cos \delta}{p \operatorname{tg} \varepsilon}. \quad (2.10)$$

Рівняння (2.9) сходиться досить швидко, тому на практиці достатньо уточнити значення кута μ тільки два-три рази.

Безпосередньо профіль гвинтової поверхні у похилій площині розташованій під кутом ε до осі гвинтової поверхні, можливо визначити у системі координат $\{Z_n X_n\}$ за залежностями:

$$\begin{aligned} z_n &= p\mu \cos \varepsilon + \rho \cos(\delta + \mu) \sin \varepsilon, \\ x_n &= \rho \sin(\beta + \mu). \end{aligned} \quad (2.11)$$

Отже, послідовність визначення профілю гвинтової поверхні у довільній площині $Z_n X_n$ така:

- за (2.10) розрахувати значення кута μ_0 та уточнити за (2.9) методом послідовної ітерації за Ньютоном;
- за (2.11) розрахувати координати $z_{\text{п}}$ та $x_{\text{п}}$ профілю деталі у похило розташованій площині $Z_{\text{п}}X_{\text{п}}$;
- викреслити профіль гвинтової поверхні у похилій площині $Z_{\text{п}}X_{\text{п}}$.

Приклад 2.4 (Похилий переріз фрези).

Маємо кінцеву фрезу з гвинтовими стружковими канавками та профілем за рис. 2.9. Визначити профіль фрези (стружкової канавки) у перерізі нормальному до різальної кромки.

Вихідний дані:

$D = 25$ мм – зовнішній діаметр фрези;

$\omega = 15^\circ$ – кут нахилу стружкових канавок фрези;

$\varepsilon = 35^\circ$ – кут між віссю Z фрези та похилою площиною $Z_{\text{п}}$;

табл. 2.6 – координати x та y торцевого перерізу фрези;

рис. 2.9,а – торцевий переріз фрези.

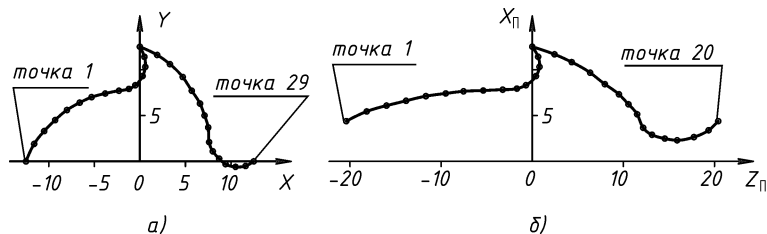


Рис. 2.9. Перерізи фрези:

а – торцевий переріз фрези; б – похилий переріз фрези

Рішення:

1. Як числовий приклад візьмемо точку 3 торцевого перерізу фрези з координатами:

$$x_3 = -10,5 \text{ мм,}$$

$$y_3 = 3,3 \text{ мм.}$$

2. Крок гвинтової поверхні (крок стружкової канавки) визначимо за (1.1) на с. 12:

$$H = \frac{2 \pi \rho_{\text{max}}}{\text{tg } \omega} = \frac{2 \pi 12,5}{\text{tg } 15^\circ} = 293,115 \text{ мм.}$$

3. Гвинтовий параметр p гвинтової поверхні (гвинтової стружкової канавки) за (2.8)

$$p = \frac{H}{2\pi} = \frac{293,115}{2\pi} = 46,651 \text{ мм},$$

4. Полярний радіус-вектор

$$\rho_3 = \sqrt{x_3^2 + y_3^2} = \sqrt{(-10,5)^2 + 3,3^2} = 11,964 \text{ мм}.$$

5. Полярний кут

$$\cos \delta_3 = \frac{x_3}{\rho_3} = \frac{-10,5}{11,964} = -0,878 \quad \text{звідки } \delta_3 = 2,642 \text{ рад}.$$

6. Початкова величина кута μ_0 за (2.10)

$$\mu_{0_3} = \frac{\rho \cos \delta_3}{p \operatorname{tg} \varepsilon} = \frac{11,964 \cos 2,42}{46,651 \operatorname{tg} 0,611} = -0,2749 \text{ рад}.$$

7. Перше ітераційне уточнення кута μ для розрахункової точки 3

$$\begin{aligned} \mu_{1_3} &= \frac{\rho_3 \left(\cos (\delta_3 + \mu_{0_3}) + \mu_{0_3} \sin (\delta_3 + \mu_{0_3}) \right)}{\rho_3 \sin (\delta_3 + \mu_{0_3}) + p \operatorname{tg} \varepsilon} = \\ &= \frac{11,964 (\cos (2,642 + -0,2748) + -0,2749 \sin (2,642 + -0,2749))}{11,964 \sin (2,642 + -0,2749) + 46,651 \operatorname{tg} 35^\circ} = \\ &= -0,2645 \text{ рад}. \end{aligned}$$

Результати подальших ітерацій кута μ наведені у табл. 2.6.

8. Як бачимо, профіль заданого торцевого перерізу гвинтової поверхні (рис. 2.9,а) та профіль в нахиленому перерізі (рис. 2.9,б) суттєво різняться між собою.

Приклад 2.5 (Похилий переріз свердла).

Відомо профіль торцевого перерізу свердла у полярних координатах ρ та δ . Визначити профіль свердла у площині перпендикулярній до стружкової канавки.

Табл. 2.6. Похилий переріз фрези

№	Торц. проф.		Ітераційний процес, рад				Похил. проф.	
	x , мм	y , мм	μ_0	μ_1	μ_2	μ_3	z_p , мм	x_p , мм
1	-12,5	0	-0,3837	-0,3585	-0,3584	-0,3584	-20,409	4,384
2	-11,6	1,9	-0,3551	-0,3191	-0,3190	-0,3190	-18,165	5,442
3	-10,5	3,3	-0,2749	-0,2645	-0,2808	-0,2808	-15,994	6,081
4	-9,3	4,5	-0,2847	-0,2433	-0,2432	-0,2432	-13,848	6,607
5	-8,0	5,6	-0,2449	-0,2050	-0,2049	-0,2049	-11,669	7,111
6	-6,6	6,4	-0,2021	-0,1668	-0,1667	-0,1667	-9,495	7,407
7	-5,3	7,0	-0,1623	-0,1326	-0,1325	-0,1325	-7,547	7,639
8	-3,8	7,4	-0,1163	-0,0945	-0,0944	-0,0944	-5,379	7,725
9	-2,3	7,7	-0,0704	-0,0569	-0,0569	-0,0569	-3,240	7,818
10	-1,2	7,9	-0,0367	-0,0296	-0,0296	-0,0296	-1,684	7,932
11	-0,5	8,3	-0,0153	-0,0122	-0,0122	-0,0122	-0,695	8,306
12	0,3	9,3	0,0092	0,0071	0,0071	0,0071	0,407	9,302
13	0,6	10,3	0,0184	0,0140	0,0140	0,0140	0,795	10,307
14	0,5	11,4	0,0153	0,0113	0,0113	0,0113	0,646	11,405
15	0	12,5	0	0	0	0	0	12,500
16	1,9	11,6	0,0582	0,0429	0,0429	0,0429	2,442	11,671
17	3,3	10,6	0,1010	0,0761	0,0761	0,0761	4,332	10,820
18	4,7	9,2	0,1439	0,0117	0,0116	0,0116	6,357	9,666
19	5,7	7,7	0,1745	0,1400	0,1399	0,1399	7,968	8,420
20	6,6	6,3	0,2021	0,1672	0,1671	0,1671	9,519	7,310
21	7,1	5,0	0,2174	0,1855	0,1854	0,1854	10,559	6,223
22	7,5	3,7	0,2296	0,2022	0,2022	0,2022	11,514	5,131
23	7,6	2,1	0,2327	0,2138	0,2137	0,2137	12,172	3,664
24	8,0	1,1	0,2449	0,2307	0,2307	0,2307	13,139	2,900
25	8,7	0,3	0,2663	0,2554	0,2554	0,2554	14,544	2,488
26	9,4	-0,3	0,2878	0,2792	0,2792	0,2792	15,898	2,302
27	10,5	-0,6	0,3214	0,3116	0,3116	0,3116	17,745	2,648
28	11,6	-0,5	0,3551	0,3399	0,3399	0,3399	19,358	3,396
29	12,5	0	0,3827	0,3585	0,3584	0,3584	20,409	4,384

Вихідні дані:

$D = 20,8 \text{ мм}$ – зовнішній діаметр свердла;

$\omega = 30^\circ$ – кут нахилу стружкових канавок свердла;

табл. 2.7 – координати x та y торцевого перерізу свердла;

рис. 2.10,а – торцевий переріз свердла.

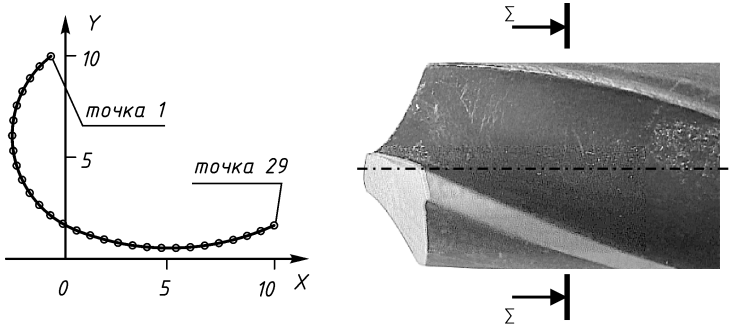


Рис. 2.10. Профіль свердла торцевий

Рішення:

1. Осьовий крок стружкової канавки свердла за (1.1)

$$H = \frac{2\pi}{\operatorname{tg} \omega} \cdot \frac{D}{2} = \frac{2\pi}{\operatorname{tg} 30^\circ} \cdot \frac{20,8}{2} = 113,181 \text{ мм.}$$

2. Гвинтовий параметр стружкової канавки за (2.8)

$$p = \frac{H}{2\pi} = \frac{113,181}{2\pi} = 18,013 \text{ мм.}$$

3. Кут нахилу стружкових канавок становить $\omega = 30^\circ$. Отже, кут ϵ між віссю свердла і площиною перпендикулярною до різальної кромки також дорівнює $\epsilon = 30^\circ$.

4. Подальші розрахунки переходу від точок торцевого перерізу свердла до площини, яка перпендикулярна до стружкової здійснюється за залежностями (2.9) ... (2.11). Результати числових розрахунків подано у табл. 2.7, а графік профілю на рис. 2.11.

5. На рис. 2.12 для порівняння подано два профілі свердла: торцевий та нахилений. З аналізу кривих видно, що форма кривих профілю є різною для різних перерізів.

Табл. 2.7. Нормальний до канавки переріз свердла

№	Торц.проф.		Ітераційний процес, рад				Похил.проф.	
	ρ , мм	δ , рад	μ_0	μ_1	μ_2	μ_3	z_p , мм	x_p , мм
1	10,00	1,6424	-0,0567	-0,0316	-0,0316	-0,0316	-0,697	9,992
2	9,56	1,7038	-0,1004	-0,0573	-0,0573	-0,0573	-1,261	9,533
3	9,06	1,7639	-0,1377	-0,0806	-0,0806	-0,0806	-1,774	9,003
4	8,51	1,8221	-0,1676	-0,1011	-0,1010	-0,1010	-2,222	8,414
5	7,92	1,8779	-0,1896	-0,1181	-0,1180	-0,1180	-2,596	7,779
6	7,28	1,9305	-0,2030	-0,1310	-0,1308	-0,1308	-2,880	7,090
7	6,61	1,9787	-0,2077	-0,1392	-0,1391	-0,1391	-3,061	6,373
8	5,91	2,0206	-0,2035	-0,1420	-0,1419	-0,1419	-3,123	5,632
9	5,18	2,0533	-0,1904	-0,1385	-0,1384	-0,1384	-3,047	4,876
10	4,44	2,0721	-0,1690	-0,1283	-0,1282	-0,1282	-2,822	4,135
11	3,69	2,0680	-0,1394	-0,1103	-0,1103	-0,1103	-2,428	3,417
12	2,95	2,0241	-0,1023	-0,0843	-0,0843	-0,0843	-1,855	2,751
13	2,27	1,9050	-0,0590	-0,0504	-0,0504	-0,0504	-1,108	2,179
14	1,73	1,6439	-0,010	-0,0088	-0,0088	-0,0088	-0,194	1,726
15	1,50	1,1962	0,0435	0,0391	0,0391	0,0391	0,861	1,416
16	1,68	0,7582	0,0966	0,0882	0,0882	0,0882	1,941	1,258
17	2,13	0,4638	0,1509	0,1390	0,1390	0,1390	3,059	1,208
18	2,71	0,2946	0,2054	0,1900	0,1899	0,1899	4,181	1,262
19	3,37	0,1972	0,2618	0,2417	0,2416	0,2416	5,319	1,432
20	4,06	0,1430	0,3183	0,2918	0,2917	0,2917	6,420	1,710
21	4,76	0,1128	0,3746	0,3393	0,3392	0,3392	7,466	2,079
22	5,47	0,0978	0,4312	0,3843	0,3839	0,3839	8,451	2,534
23	6,18	0,0927	0,4874	0,4259	0,4253	0,4253	9,361	3,060
24	6,89	0,0946	0,5433	0,4641	0,4631	0,4631	10,193	3,646
25	7,60	0,1015	0,5989	0,4990	0,4973	0,4973	10,945	4,284
26	8,32	0,1122	0,6549	0,5311	0,5284	0,5284	11,630	4,972
27	9,02	0,1256	0,7088	0,5591	0,5552	0,5552	12,220	5,677
28	9,72	0,1412	0,7622	0,5842	0,5788	0,5788	12,740	6,409
29	10,41	0,1585	0,8142	0,6061	0,5991	0,5990	13,186	7,153

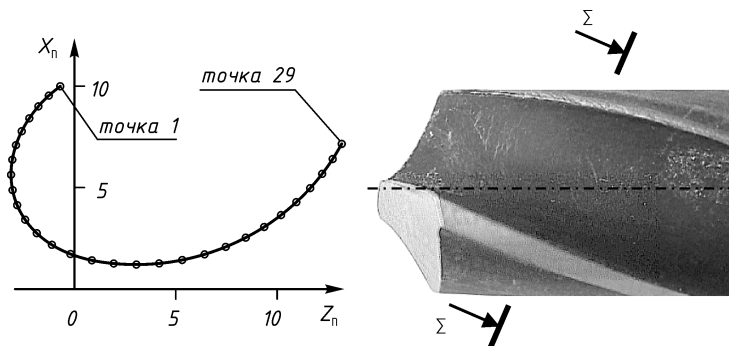


Рис. 2.11. Профіль свердла у нахилому перерізі

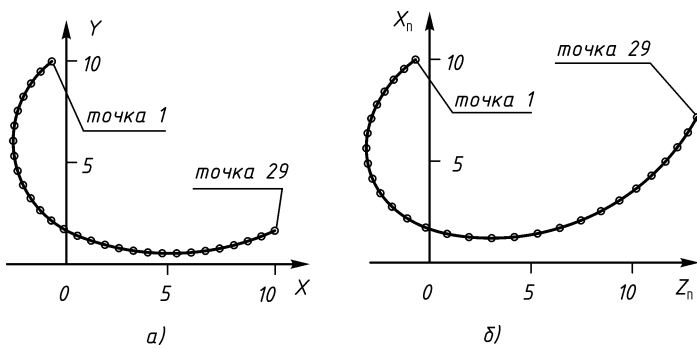


Рис. 2.12. Порівняння профілів свердла:
 а – торцевий профіль свердла;
 б – “нахилений” профіль свердла

Питання для самоперевірки

1. Що таке “торцевий переріз гвинтової поверхні”?
2. Як визначити торцевий переріз гвинтової поверхні?
3. Що таке полярний кут точки гвинтової поверхні і як його визначити?
4. Чи може полярний кут приймати від’ємні значення?
5. За якою методикою можна перейти від торцевого перерізу гвинтової поверхні до осьового?
6. За якою методикою. можна перейти від осьового перерізу до торцевого?
7. Що таке “профіль гвинтової поверхні у довільному перерізі”?
8. Як розрахувати параметр гвинтової поверхні?
9. Як визначити полярний радіус-вектор точки?
10. Чи існує залежність між торцевим та осьовим перерізом гвинтової поверхні?



Посилання

1. Основи формування поверхонь / П. Р. Родін та ін. Київ : Нац. техн. ун-т України КПІ, 1998. 194 с.
2. Родін П. Р. Основи формування поверхонь різанням, Київ : Вища школа, 1977. 192 с.
3. Солодкий В. И., Родін П. Р., Равська Н. С. Кінематичне дослідження умов контакту спражених поверхонь. *Вісник національного технічного університету КПІ. Машинобудування*. 2005. № 41. С. 92–98.
4. Кукляк М. Л., Афтаназів І. С., Юрчишин І. І. Металорізальні інструменти. Проектування. Львів : Львівська політехніка, 2003. 556 с.
5. Солодкий В. І. Метод рухомої поверхні в теорії формування гвинтових поверхонь // *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. - 2005. - №4. С. 92-98.
6. Солодкий В.І. Застосування методу рухомого перерізу при проектуванні інструменту для обробки гвинтових поверхонь // *Вісник національного технічного університету КПІ. Машинобудування*. - 2003. - №44. - С. 177-180.



Електронне мережеве видання

Солодкий Валерій Іванович

ПРОЕКТУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

СВЕРДЛА

ГВИНТОВА КАНАВКА

2-ге видання, перероблене і доповнене

Реєстр. № НП 24/25-082. Обсяг 2,3 авт. арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056 <https://kpi.ua>
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.