

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1 ОСНОВИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

ТЕМА. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Понятійний апарат: різальний інструмент, лезовий інструмент, абразивний інструмент, різальна частина, хвостова частина, приєднувальна частина, робоча частина, різальна кромка, передня поверхня, задня поверхня, головна різальна кромка, допоміжна різальна кромка, вершина інструмента, геометричні параметри, кут загострення, передній кут, задній кут, головний кут у плані, подача, швидкість різання, глибина різання, інструментальний матеріал, стійкість інструмента, зношування.

1. ПОНЯТТЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Різальний інструмент — це інструмент, призначений для видалення шару матеріалу із заготовки з метою отримання деталі заданої форми, розмірів, точності та якості поверхні.

У процесі різання інструмент взаємодіє із заготовкою, відокремлює припуск і формує стружку. Різальна частина інструмента повинна бути твердішою за оброблюваний матеріал, зберігати різальні властивості за високої температури та витримувати механічні навантаження.

До основних функцій різального інструмента належать [[dSPACE.khadi.kharkov](https://dSPACE.khadi.kharkov.ua/)]:

- зрізування шару матеріалу;
- формування поверхні деталі;
- забезпечення заданих розмірів;
- забезпечення необхідної шорсткості;
- відведення стружки;
- передавання сил різання на верстат;
- збереження працездатності протягом установленого періоду.

2. ЗАГАЛЬНА БУДОВА РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

У загальному випадку різальний інструмент складається з таких частин:

- **робоча частина** — взаємодіє із заготовкою та формує поверхню;
- **різальна частина** — безпосередньо зрізає матеріал;
- **приєднувальна частина** — забезпечує закріплення інструмента в патроні, шпинделі, оправці або інструментотримачі;
- **хвостова частина** — елемент для встановлення й закріплення інструмента;
- **стружковідвідні канавки** — забезпечують вихід стружки із зони різання;
- **напрямні елементи** — забезпечують правильне положення інструмента щодо заготовки.

Наприклад, спіральне свердло має хвостовик, шийку, робочу частину, стружкові канавки, напрямні стрічки та різальні кромки. Токарний різець складається з державки та різальної головки. Фреза має корпус, зуби, різальні кромки й елемент для закріплення на оправці або у шпинделі.

3. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА СПОСОБОМ ОБРОБКИ

За видом технологічної операції різальні інструменти поділяють на:

- токарні;
- свердлильні;
- розточувальні;
- зенкерувальні;
- розгортальні;
- фрезерні;
- різьбонарізні;
- зуборізні;
- протяжні;
- довбальні;
- стругальні;
- шліфувальні;
- хонінгувальні;
- полірувальні.

4. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА ХАРАКТЕРОМ РІЗАННЯ

За характером взаємодії з матеріалом заготовки інструменти поділяють на дві великі групи.

Група	Характеристика	Приклади
Лезові інструменти	Матеріал зрізається окремими різальними кромками	Різці, свердла, фрези, мітчики, плашки, розгортки
Абразивні інструменти	Матеріал видаляється великою кількістю абразивних зерен	Шліфувальні круги, бруски, шліфувальні стрічки

Лезовий інструмент має одну або кілька геометрично визначених різальних кромок.

Абразивний інструмент має велику кількість зерен, різальні кромки яких мають випадкову форму та розташування.

5. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА КІЛЬКІСТЮ РІЗАЛЬНИХ КРОМОК

За кількістю різальних кромок інструменти поділяють на:

- **однолезові** — токарні, стругальні, довбальні різці;
- **багатолезові** — свердла, фрези, розгортки, протяжки, мітчики;
- **абразивні** — шліфувальні круги, бруски, пасти та стрічки.

Однолезовий різець формує стружку однією головною різальною кромкою. Багатолезовий інструмент має кілька зубів або різальних елементів, які по чергово або одночасно беруть участь у різанні.

6. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗА СПОСОБОМ ЗАКРІПЛЕННЯ

За способом кріплення інструменти поділяють на:

- хвостові;
- насадні;
- оправкові;
- призматичні;
- пластинчасті;
- модульні;
- інструменти зі змінними різальними пластинами.

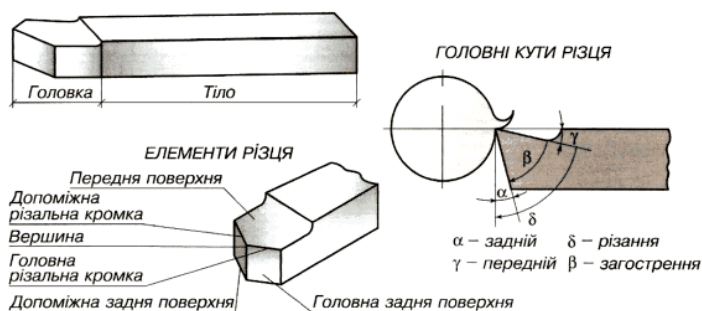
Хвостовий інструмент закріплюється хвостовиком у патроні, цанзі або шпинделі. Приклади: свердло, мітчик, кінцева фреза.

Насадний інструмент має центральний отвір і встановлюється на оправці. Приклади: торцева фреза, дискова фреза, насадна розгортка.

Інструмент зі змінними пластинами має корпус багаторазового використання та змінні різальні пластини. Після зношування пластину повертають іншою різальною кромкою або замінюють.

7. ГЕОМЕТРИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ ЛЕЗОВОГО ІНСТРУМЕНТА

На прикладі токарного різця основними поверхнями та елементами різальної частини є:



перетину передньої та допоміжної задньої поверхонь;

- **вершина різця** — місце сполучення головної та допоміжної різальних кромок.

- **передня поверхня** — поверхня, по якій сходиться стружка;
- **головна задня поверхня** — поверхня, обернена до поверхні різання;
- **допоміжна задня поверхня** — поверхня, обернена до обробленої поверхні;
- **головна різальна кромка** — лінія перетину передньої та головної задньої поверхонь;
- **допоміжна різальна кромка** — лінія

До найважливіших геометричних параметрів належать:

- передній кут λ ;
- задній кут α ;
- кут загострення β ;
- головний кут у плані φ ;
- допоміжний кут у плані φ_1 ;
- радіус заокруглення вершини r_ϵ .

У спрощеному перерізі виконується залежність: $\alpha + \beta + \lambda = 90^\circ$

Зміна геометричних параметрів впливає на силу різання, стійкість інструмента, форму стружки, температуру та шорсткість поверхні.

8. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

До основних характеристик інструмента належать:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| • матеріал різальної частини; | • стійкість; |
| • геометричні параметри; | • спосіб кріплення; |
| • кількість різальних кромки; | • допустимі режими різання; |
| • розміри; | • напрямки різання; |
| • точність виготовлення; | • наявність покриття; |
| • жорсткість; | • система відведення стружки. |

Стійкість інструмента — це тривалість його роботи між двома переточуваннями або замінами до досягнення допустимого зношування.

На стійкість впливають:

- | | |
|-------------------------|---|
| • матеріал інструмента; | • глибина різання; |
| • матеріал заготовки; | • геометрія різальної частини; |
| • швидкість різання; | • застосування охолоджувально-мастильних рідин; |
| • подача; | • жорсткість технологічної системи. |

9. ВИБІР РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

Під час вибору інструмента враховують:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 1. матеріал заготовки; | 6. тип виробництва; |
| 2. вид оброблюваної поверхні; | 7. потужність і жорсткість верстата; |
| 3. розміри деталі; | 8. спосіб закріплення заготовки; |
| 4. потрібну точність; | 9. тип операції; |
| 5. нормовану шорсткість; | 10. економічну доцільність. |

Наприклад, для чорнового точіння сталевих деталей на верстаті з ЧПК часто застосовують прохідний різець зі змінною твердосплавною пластиною. Для чистового оброблення отвору можуть використовувати розгортку, а для отримання високої точності та малої шорсткості — шліфувальний круг.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають різальним інструментом?
2. За якими основними ознаками класифікують різальні інструменти?
3. Чим відрізняється лезовий інструмент від абразивного?
4. Які основні частини має різальний інструмент?
5. Які параметри характеризують геометрію лезового інструмента?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент належить до багатолезових?

- А. Токарний прохідний різець
- Б. Спиральне свердло
- В. Шліфувальний круг

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Яка поверхня різального інструмента є поверхнею сходження стружки?

- А. Передня поверхня
- Б. Головна задня поверхня
- В. Допоміжна задня поверхня

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти належать до лезових?

- А. Токарний різець
- Б. Свердло
- В. Кінцева фреза

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які чинники впливають на стійкість різального інструмента?

- А. Матеріал інструмента
- Б. Швидкість різання
- В. Жорсткість технологічної системи

ТЕМА. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Понятійний апарат: інструментальний матеріал, різальна частина, твердість, теплостійкість, червоностійкість, зносостійкість, міцність, ударна в'язкість, теплопровідність, швидкорізальна сталь, твердий сплав, металокерамічний твердий сплав, кермет, мінералокераміка, різальна кераміка, кубічний нітрид бору, CBN, PCBN, полікристалічний алмаз, PCD, природний алмаз, покриття, знос інструмента, стійкість інструмента, групи оброблюваних матеріалів ISO P, M, K, N, S, H.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Інструментальний матеріал — це матеріал, з якого виготовляють різальну частину інструмента. Він повинен забезпечувати зрізування шару металу або іншого матеріалу заготовки без швидкої втрати працездатності.

Різальна частина інструмента під час роботи зазнає:

- високих контактних напружень;
- тертя об заготовку та стружку;
- нагрівання;
- ударних навантажень;
- циклічних навантажень;
- абразивного та адгезійного зношування;
- хімічної взаємодії з матеріалом заготовки.

Тому інструментальний матеріал вибирають не лише за твердістю. Він має забезпечувати поєднання твердості, міцності, теплостійкості, зносостійкості та достатньої ударної в'язкості.

Вибір правильного матеріалу різальної частини впливає на продуктивність, стійкість інструмента, собівартість обробки, точність деталі та шорсткість поверхні. Підбір інструментального матеріалу для конкретної операції може істотно підвищити продуктивність механічної обробки. [asminternational](http://asminternational.com)

2. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

До інструментальних матеріалів висувають такі основні вимоги.

Властивість	Сутність	Значення для обробки
Твердість	Здатність чинити опір проникненню іншого тіла	Ріжуча кромка повинна бути твердішою за оброблюваний матеріал
Теплостійкість	Здатність зберігати твердість при нагріванні	Дозволяє підвищувати швидкість різання
Зносостійкість	Опір руйнуванню та стиранню різальної кромки	Визначає стійкість інструмента
Міцність	Здатність протидіяти руйнуванню під навантаженням	Важлива за великих подач і глибин різання

Властивість	Сутність	Значення для обробки
Ударна в'язкість	Здатність чинити опір ударним навантаженням	Особливо важлива за переривчастого різання
Теплопровідність	Здатність відводити тепло	Зменшує локальне перегрівання різальної кромки
Хімічна інертність	Здатність не вступати в небажану взаємодію із заготовкою	Знижує адгезійне та дифузійне зношування

Загальна закономірність така: зі зростанням твердості та теплостійкості матеріалу часто знижується його ударна в'язкість. Тому твердий, але крихкий матеріал не завжди можна застосовувати для переривчастого різання.

3. ОСНОВНІ ГРУПИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

До найпоширеніших інструментальних матеріалів належать:

- вуглецеві інструментальні сталі;
- леговані інструментальні сталі;
- швидкорізальні сталі;
- тверді сплави;
- кермети;
- різальна кераміка;
- кубічний нітрид бору;
- полікристалічний алмаз;
- абразивні матеріали.

У навчальній і технічній літературі інструментальні матеріали традиційно поділяють на інструментальні сталі, тверді сплави, мінералокерамічні та абразивні матеріали. pdf.lib.vntu.edu

4. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ

Інструментальні сталі застосовують для виготовлення інструментів, що працюють за порівняно невеликих швидкостей різання.

До цієї групи належать:

- вуглецеві інструментальні сталі;
- леговані інструментальні сталі;
- швидкорізальні сталі.

Вуглецеві інструментальні сталі мають обмежену теплостійкість, тому використовуються переважно для ручного та слюсарного інструмента, а також для деяких інструментів, що працюють за невисоких швидкостей.

Леговані інструментальні сталі мають кращу прожарюваність, міцність і зносостійкість, ніж вуглецеві.

5. ШВИДКОРІЗАЛЬНІ СТАЛІ

Швидкорізальна сталь, або HSS, — це легована інструментальна сталь, яка містить вольфрам, молібден, ванадій, хром, кобальт та інші елементи.

Її основні переваги:

- достатня твердість;
- добра теплостійкість;
- висока міцність;
- значна ударна в'язкість;
- можливість складного профілювання;
- можливість багаторазового переточування;
- придатність для переривчастого різання.

Швидкорізальні сталі широко застосовуються для виготовлення:

- свердел;
- мітчиків;
- зенкерів;
- розгорток;
- протяжок;
- плашок;
- кінцевих фрез;
- фасонних інструментів.

Основним обмеженням швидкорізальної сталі є нижча допустима швидкість різання порівняно з твердими сплавами, керамікою та надтвердими матеріалами.

6. ТВЕРДІ СПЛАВИ

Тверді сплави — це металокерамічні матеріали, що складаються з твердих карбідів, переважно карбідів вольфраму, титану та танталу, з металевою зв'язкою на основі кобальту.

Вони мають:

- дуже високу твердість;
- високу теплостійкість;
- високу зносостійкість;
- можливість роботи за значних швидкостей різання;
- відносно низьку ударну в'язкість порівняно зі швидкорізальною сталлю.

Тверді сплави використовують у вигляді:

- напаяних пластин;
- змінних багатогранних пластин;
- монолітних твердосплавних свердел;
- кінцевих фрез;
- розточувальних інструментів;
- різців;
- торцевих фрез.

Для верстатів із ЧПК особливо поширені інструменти зі змінними твердосплавними пластинами. Вони дають змогу швидко замінити зношену різальну кромку без переточування всього інструмента.

7. КЕРМЕТИ ТА РІЗАЛЬНА КЕРАМІКА

Кермети — це композиційні інструментальні матеріали, які поєднують властивості кераміки та металу. Вони можуть забезпечувати високу зносостійкість і якість поверхні під час чистової обробки.

Різальна кераміка виготовляється на основі оксиду алюмінію, нітриду кремнію та інших керамічних матеріалів.

Переваги кераміки:

- дуже висока твердість;
- висока теплостійкість;
- висока зносостійкість;
- можливість високошвидкісного різання;
- придатність для чистової обробки.

Недоліки:

- крихкість;
- низька ударна в'язкість;
- чутливість до вібрацій;
- обмежене застосування за переривчастого різання.

Кераміку доцільно використовувати за стабільного різання, достатньої жорсткості верстата, надійного закріплення заготовки та відсутності ударних навантажень.

8. КУБІЧНИЙ НІТРИД БОРУ

Кубічний нітрид бору, CBN, — надтвердий матеріал, який за твердістю поступається лише алмазу, але має вищу теплостійкість під час обробки чорних металів.

Полікристалічний кубічний нітрид бору позначають **PCBN**.

CBN і PCBN використовують для:

- чистового точіння загартованих сталей;
- обробки деталей твердістю понад 45 HRC;
- обробки вибілених чавунів;
- чистового оброблення твердих наплавлених поверхонь;
- заміни шліфування в окремих випадках.

Переваги:

- висока твердість;
- висока теплостійкість;
- значна зносостійкість;
- висока точність чистової обробки;
- можливість обробки без охолоджувальної рідини в окремих режимах.

Недоліки:

- висока вартість;
- крихкість;
- вимоги до жорсткості технологічної системи;
- недоцільність застосування для м'яких кольорових металів.

Для загартованих сталей і твердих матеріалів групи ISO H зазвичай розглядають інструменти з CBN/PCBN. cuttingtoolsai

9. ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ АЛМАЗ

Полікристалічний алмаз, PCD, — це надтвердий інструментальний матеріал, який застосовують переважно для обробки кольорових металів і неметалевих матеріалів.

PCD-інструмент використовують для:

- | | | |
|------------------------|----------------------|--|
| • алюмінієвих сплавів; | • бронзи; | • композитів; |
| • міді; | • магнієвих сплавів; | • графіту; |
| • латуні; | • пластмас; | • матеріалів з абразивними наповнювачами |

Переваги PCD:

- дуже висока твердість;
- висока зносостійкість;
- можливість дуже високих швидкостей різання;
- низька шорсткість поверхні;
- тривала стійкість під час обробки алюмінієвих і абразивних матеріалів.

Алмазний інструмент не застосовують для обробки сталей за високих температур, оскільки можливе небажане хімічне взаємодіяння вуглецю алмазу із залізом.

10. АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ

Абразивні матеріали застосовують для шліфування, хонінгування, суперфінішування, заточування та полірування.

Основні абразивні матеріали:

- електрокорунд;
- карбід кремнію;
- кубічний нітрид бору;
- синтетичний алмаз;
- природний алмаз.

Електрокорунд застосовують переважно для шліфування сталей.

Карбід кремнію застосовують для чавуну, кольорових металів, твердих сплавів, скла та кераміки.

Кубічний нітрид бору застосовують для загартованих сталей.

Алмаз застосовують для твердих сплавів, кераміки, скла, графіту, каменю та кольорових металів.

11. ГРУПИ ОБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ISO

Для вибору твердосплавних, керамічних, CBN- та PCD-інструментів застосовують класифікацію ISO 513.

Група ISO	Позначення	Матеріали заготовок	Типові особливості
P	Синій	Вуглецеві, леговані та литі сталі	Утворюють довгу стружку
M	Жовтий	Корозійностійкі сталі	Схильні до наклепу та налипання
K	Червоний	Сірий, ковкий, високоміцний чавун	Утворюють коротку стружку
N	Зелений	Алюміній, мідь, латунь, бронза, пластмаси	Часто потребують гострих різальних кромок
S	Коричневий	Титан, нікелеві та жароміцні сплави	Високі температури, складне різання
H	Сірий	Загартовані сталі та тверді чавуни	Висока твердість матеріалу

Стандарт ISO 513 установлює класифікацію та застосування твердих різальних матеріалів, зокрема твердих сплавів, кераміки, алмазу та нітриду бору, для лезової обробки металів.iso+1

12. ЗАГАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ВИБОРУ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Під час вибору матеріалу різальної частини інструмента необхідно:

1. Визначити матеріал заготовки.
2. Установити твердість і стан матеріалу.
3. Визначити вид обробки: чорнова, напівчистова або чистова.
4. Урахувати безперервність або переривчастість різання.
5. Визначити допустимі швидкості різання.
6. Оцінити жорсткість верстата, пристрою, інструмента та заготовки.
7. Визначити вимоги до шорсткості.
8. Урахувати охолодження та спосіб відведення стружки.
9. Обрати інструментальний матеріал, геометрію та покриття.
10. Уточнити режими різання за каталогом виробника.

Наприклад, для свердління отвору в конструкційній сталі невеликого діаметра в умовах одиничного виробництва доцільним може бути свердло зі швидкорізальної сталі.

Для чорнового точіння сталевих заготовок на верстаті з ЧПК доцільно застосувати твердосплавну пластину групи ISO P.

Для чистового точіння загартованої сталі твердістю 58 HRC доцільно розглядати різець із пластиною PCBN.

Для високошвидкісної обробки алюмінієвого сплаву доцільно використовувати твердосплавний інструмент із полірованими канавками або PCD-інструмент.

Висновок. Інструментальний матеріал визначає працездатність різального інструмента, допустимі режими обробки, стійкість і якість готової поверхні. Швидкорізальні сталі мають достатню міцність і придатні для складнопрофільного інструмента. Тверді сплави забезпечують вищі швидкості різання та широко застосовуються на верстатах із ЧПК. Кераміка, CBN і PCD використовуються для спеціальних умов: високошвидкісної обробки, чистового точіння загартованих сталей, обробки чавуну, кольорових металів і композитів.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які властивості повинен мати інструментальний матеріал?
2. Чим швидкорізальна сталь відрізняється від твердого сплаву?
3. За яких умов доцільно застосовувати різальну кераміку?
4. Для яких матеріалів заготовок використовують CBN і PCD?
5. Які групи оброблюваних матеріалів установлює ISO 513?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструментальний матеріал доцільно застосовувати для чистового точіння загартованої сталі твердістю 58 HRC?

- А. Полікристалічний алмаз PCD
- Б. Кубічний нітрид бору PCBN
- В. Вуглецева інструментальна сталь

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

До якої групи ISO належить обробка алюмінієвих сплавів?

- А. Р
- Б. N
- В. H

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які властивості визначають придатність інструментального матеріалу до різання?

- А. Твердість
- Б. Теплостійкість
- В. Зносостійкість

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти можуть виготовлятися зі швидкорізальної сталі?

- А. Свердла
- Б. Мітчики
- В. Розгортки

ТЕМА. ТОКАРНІ РІЗАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ

Понятійний апарат: токарний різець, державка, різальна частина, прохідний різець, упорний різець, підрізний різець, відрізний різець, канавковий різець, розточувальний різець, різьбовий різець, фасонний різець, правий різець, лівий різець, прямий різець, відігнутий різець, змінна багатогранна пластина, ЗБП, твердосплавна пластина, механічне кріплення, головна різальна кромка, вершина різця, радіус вершини, стружколом, подача, глибина різання.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ

Токарні різці призначені для обробки поверхонь тіл обертання на токарних, токарно-револьверних, токарно-фрезерних верстатах та верстатах із ЧПК.

За допомогою токарних різців виконують:

- обточування зовнішніх циліндричних поверхонь;
- проточування канавок;
- підрізання торців;
- відрізання заготовок;
- обробку уступів;
- зняття фасок;
- розточування отворів;
- нарізання зовнішньої та внутрішньої різьби;
- обробку фасонних поверхонь.

Токарний різець належить до однолезових інструментів. Основне різання виконує головна різальна кромка, а допоміжна кромка формує оброблену поверхню та впливає на її шорсткість.

За призначенням токарні різці поділяють на прохідні, підрізні, відрізні, розточувальні, різьбові, канавкові та фасонні. lib.iitta.gov+1

2. ЗАГАЛЬНА БУДОВА ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Токарний різець складається з двох основних частин:

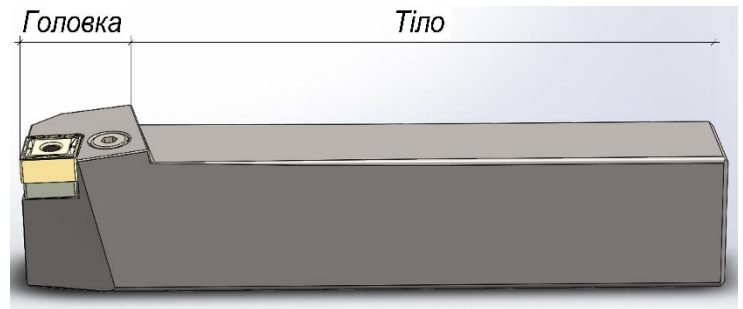
- державки;
- різальної частини.

Державка служить для закріплення різця в різцетримачі верстата та передавання сил різання на супорт.

Різальна частина забезпечує зрізування припуску та утворення обробленої поверхні.

Основними елементами різальної частини є:

- передня поверхня;
- головна задня поверхня;
- допоміжна задня поверхня;
- головна різальна кромка;
- допоміжна різальна кромка;
- вершина різця;
- радіус заокруглення вершини.



3. КЛАСИФІКАЦІЯ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ

ЗА ВИДОМ ОБРОБКИ

Тип різця	Призначення				
Прохідний	Обточування зовнішніх циліндричних і конічних поверхонь				
Упорний	Обробка уступів і поверхонь поблизу буртика				
Підрізний	Обробка торців				
Відрізний	Відрізання готової деталі або частини заготовки				
Канавковий	Проточування канавок				
Розточувальний	Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь				
Різьбовий	Нарізання зовнішньої або внутрішньої різьби				
Фасонний	Обробка фасонних профілів				
Галтельний	Обробка галтельних переходів та радіусів				

ЗА НАПРЯМКОМ ПОДАЧІ

- **праві різці** працюють під час подачі справа наліво;
- **ліві різці** працюють під час подачі зліва направо;
- **нейтральні різці** можуть використовуватися за певних умов в обох напрямках.

Для визначення правого або лівого різця його умовно розглядають у робочому положенні з боку передньої поверхні. Якщо головна різальна кромка розміщена праворуч, різець вважають правим.

ЗА КОНСТРУКЦІЄЮ

- суцільні;
- з напаяною твердосплавною пластиною;
- зі змінною багатогранною пластиною;
- збірні модульні;
- фасонні;
- спеціальні.

4. РІЗЦІ ЗІ ЗМІННИМИ БАГАТОГРАННИМИ ПЛАСТИНАМИ

У сучасному виробництві та на верстатах із ЧПК широко застосовують різці зі змінними багатогранними пластинами.

Змінна багатогранна пластина закріплюється в гнізді корпусу механічно:

- гвинтом;
- прихватом;
- важільним механізмом;
- клиновим затискачем;
- комбінованою системою.

Переваги різців зі ЗБП:

- не потрібно переточувати корпус різця;
- заміна різальної кромки виконується швидко;
- одна пластина має кілька робочих кромок;
- забезпечується повторюваність положення різальної кромки;
- зменшується час переналагодження;
- можливе застосування сучасних покриттів;
- зручно використовувати на верстатах із ЧПК.

Після зношування однієї різальної кромки пластину повертають іншою стороною або замінюють.

5. ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ РІЗЦЯ

Основні кути різця:

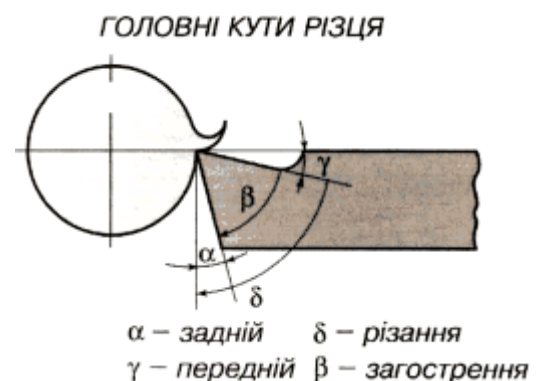
- передній кут γ ;
- задній кут α ;
- кут загострення β ;
- головний кут у плані ϕ ;
- допоміжний кут у плані ϕ_1 ;
- кут нахилу головної різальної кромки λ .

У головній січній площині: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Передній кут впливає на процес стружкоутворення. Збільшення переднього кута може зменшувати сили різання, але водночас зменшує міцність різальної кромки.

Задній кут зменшує тертя задньої поверхні різця об оброблену поверхню.

Радіус вершини впливає на міцність кромки та шорсткість поверхні. Зі збільшенням радіуса вершини зазвичай покращується шорсткість, але зростає радіальна сила різання, що може спричинити вібрації.



6.ВИБІР РІЗЦЯ ЗА ВИДОМ ОПЕРАЦІЇ

ЧОРНОВЕ ТОЧІННЯ

Для чорнового точіння застосовують прохідні різці з міцною різальною кромкою, достатньо великим радіусом вершини та твердосплавними пластинами.

Основні вимоги:

- висока міцність;
- велика допустима глибина різання;
- достатній стружколом;
- стійкість до ударних навантажень;
- можливість відведення великого об'єму стружки.

ЧИСТОВЕ ТОЧІННЯ

Для чистового точіння застосовують різці з гострішою геометрією, меншими подачами та відповідним радіусом вершини.

Основні вимоги:

- висока зносостійкість;
- точне положення пластини;
- мала шорсткість поверхні;
- стабільність розміру;
- відсутність вібрацій.

ВІДРІЗАННЯ ТА ПРОТОЧУВАННЯ КАНАВОК

Для відрізання застосовують вузькі відрізні різці або модульні системи зі змінними пластинами.

Особливості:

- жорстке закріплення;
- мінімальний виліт;
- правильне установлення вершини на осі;
- надійне відведення стружки;
- достатнє охолодження.

РОЗТОЧУВАННЯ

Для розточування застосовують розточувальні різці або борштанги. Зі збільшенням вильоту інструмента зменшується жорсткість, тому виникає ризик вібрацій.

Для зменшення прогину доцільно:

- зменшувати виліт борштанги;
- збільшувати діаметр державки;
- застосовувати демпфовані борштанги;
- зменшувати подачу та глибину різання;
- використовувати жорстке закріплення.

7. ВИБІР ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Під час вибору різця необхідно враховувати:

1. матеріал і твердість заготовки;
2. вид оброблюваної поверхні;
3. тип операції;
4. характер різання;
5. припуск;
6. необхідну точність;
7. вимоги до шорсткості;
8. напрямок подачі;
9. можливості верстата;
10. жорсткість технологічної системи;
11. систему охолодження;
12. тип виробництва.

Наприклад, для чорнового обточування вала зі сталі 45 діаметром 60 мм доцільно вибрати:

- правий прохідний різець;
- державку відповідного перерізу;
- твердосплавну пластину для групи ISO P;
- пластину з міцною геометрією та стружколомом;
- достатній радіус вершини;
- механічне кріплення пластини.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яке призначення мають токарні різці?
2. За якими ознаками класифікують токарні різці?
3. Чим прохідний різець відрізняється від підрізного?
4. Які переваги мають різці зі змінними багатогранними пластинами?
5. Які чинники необхідно враховувати під час вибору токарного різця?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який різець застосовують для обробки торцевої поверхні заготовки?

- А. Підрізний
- Б. Відрізний
- В. Розточувальний

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент застосовують для обробки внутрішньої циліндричної поверхні?

- А. Розточувальний різець
- Б. Прохідний різець
- В. Відрізний різець

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти належать до токарних різців за призначенням?

- А. Прохідний
- Б. Різьбовий
- В. Канавковий

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які переваги мають різці зі змінними багатогранними пластинами?

- А. Швидка заміна різальної кромки
- Б. Відсутність потреби в переточуванні корпусу
- В. Можливість використання кількох різальних кромок пластини

ТЕМА. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ

Понятійний апарат: отвір, свердління, розсвердлювання, зенкерування, зенкування, цекування, розгортання, розточування, протягування, свердло, спіральне свердло, centruвальне свердло, свердло з твердосплавною пластиною, свердло для глибоких отворів, зенкер, зенківка, цеківка, розгортка, розточувальний різець, борштанга, розточувальна головка, протяжка, припуск, точність отвору, шорсткість отвору, кондукторна втулка, охолоджувально-мастильна рідина.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБРОБКИ ОТВОРІВ

Отвори є поширеними конструктивними елементами деталей машин. Вони можуть бути:

- наскрізними;
- глухими;
- гладкими;
- ступінчастими;
- різбовими;
- циліндричними;
- конічними;
- фасонними;
- співвісними;
- точними;
- кріпильними;
- базовими.

Для обробки отворів використовують лезові, абразивні та спеціальні інструменти.

До основних лезових інструментів належать:

- свердла;
- зенкери;
- зенківки;
- цеківки;
- розгортки;
- розточувальні різці;
- борштанги;
- протяжки;
- мітчики.

До лезових інструментів для обробки отворів також відносять свердла, зенкери, розгортки, розточувальні різці та протяжки. [vseosvita](http://vseosvita.com)



2. СВЕРДЛА

Свердло — це осьовий різальний інструмент, призначений для утворення отворів у суцільному матеріалі або для збільшення діаметра наявного отвору.

Найпоширенішим є спіральне свердло.

Спіральне свердло складається з:

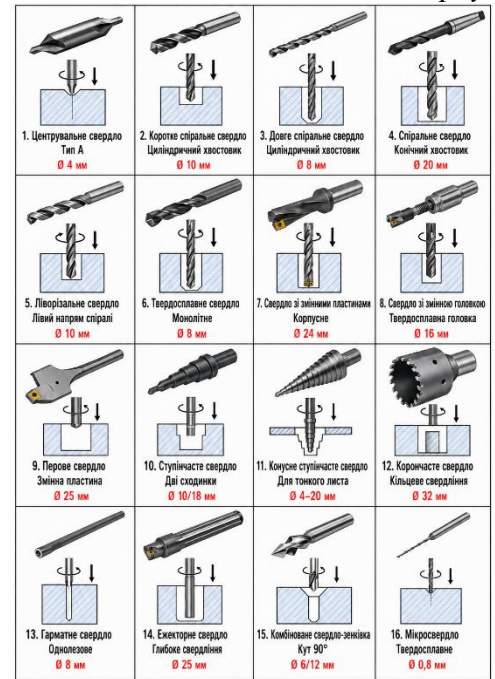
- хвостовика;
- шийки;
- робочої частини;
- різальної частини;



- прямої частини;
- двох головних різальних кромки;
- поперечної кромки;
- стружкових канавок;
- напрямних стрічок.

За конструкцією свердла поділяють на:

- суцільні зі швидкорізальної сталі;
- зі вставними твердосплавними пластинами;
- монолітні твердосплавні;
- зі змінними пластинами;
- центрувальні;
- ступінчасті;
- кільцеві;
- гарматні;
- ежекторні;
- комбіновані.



3. ОСОБЛИВОСТІ СВЕРДЛІННЯ

Під час свердління необхідно забезпечити:

- правильне центрування;
- достатню жорсткість інструмента;
- відведення стружки;
- подавання охолоджувальної рідини;
- правильний вибір подачі;
- правильну частоту обертання;
- контроль глибини отвору.

Для отворів малого діаметра часто застосовують суцільні свердла. Для серійного виробництва й верстатів із ЧПК можуть застосовуватися свердла зі змінними твердосплавними пластинами.

Для глибоких отворів використовують гарматні та ежекторні свердла, які мають спеціальну систему подавання охолоджувальної рідини та відведення стружки.

4. ЗЕНКЕРИ

Зенкер — це багатолезовий інструмент, призначений для напівчистової обробки попередньо отриманих отворів.

Зенкування застосовують для:

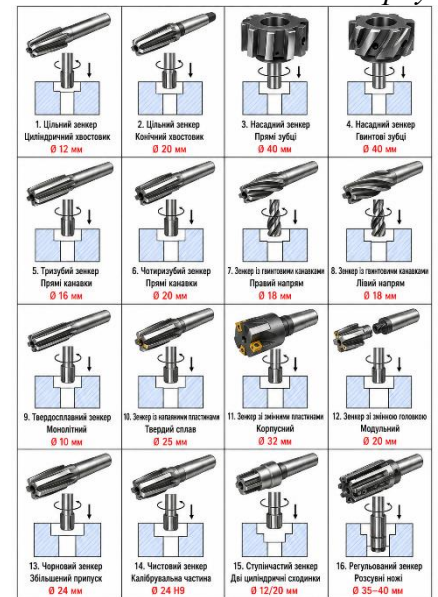
- збільшення діаметра отвору;
- підвищення точності;
- зменшення шорсткості;

- виправлення частини похибок після свердління;
- підготовки отвору до розгортання;
- підготовки отвору до протягування або розточування.

За конструкцією зенкери бувають:

- суцільні;
- насадні;
- збірні;
- зі змінними пластинами;
- регульовані;
- фасонні.

Зенкерування може забезпечувати точність приблизно 8–9
квалітетів і шорсткість у межах
 $Ra=6,3 \dots 3,2$ $Ra=6 \dots 3,2$ мкм, але
фактичний результат залежить від матеріалу, верстата, інструмента та режиму. [buklib](#)



5. ЗЕНКІВКИ ТА ЦЕКІВКИ

Зенківка — інструмент для утворення конічних або
циліндричних заглиблень, фасок і місць під головки гвинтів.

Зенківки застосовують для:

- зняття фасок;
- утворення конічних заглиблень;
- обробки місця під потайну головку гвинта;
- зачищення входу в отвір;
- підготовки отвору до нарізання різьби.

Цеківка — інструмент для утворення торцевих циліндричних
заглиблень навколо отвору. Її застосовують для формування
площини під головку болта, шайбу або гайку.



6. РОЗГОРТКИ

Розгортка — це багатолезовий осьовий інструмент, який
застосовують для чистової обробки попередньо отриманих
отворів.

Розгортання забезпечує:

- підвищення точності діаметра;
- зменшення шорсткості;
- покращення форми отвору;
- отримання точного посадкового отвору.



Розгортки поділяють на:

- ручні;
- машинні;
- циліндричні;
- конічні;
- суцільні;
- розсувні;
- регульовані;
- насадні;
- з прямими зубами;
- з гвинтовими зубами.

Розгортка має більшу кількість зубів, ніж зенкер, і знімає невеликий припуск. Розгортання є чистовою операцією; у сприятливих умовах воно може забезпечувати точність до 7 квалітету. [vseosvita](http://vseosvita.com)

7. РОЗТОЧУВАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ

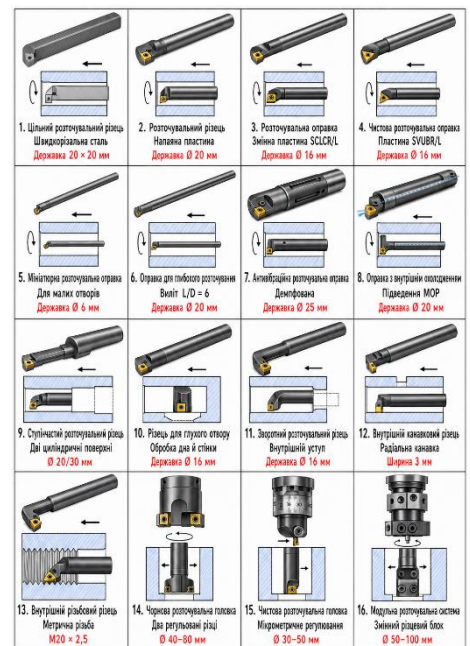
Розточування — це обробка отворів однолезовим або багатолезовим інструментом.

Для розточування застосовують:

- розточувальні різці;
- борштанги;
- розточувальні блоки;
- розточувальні головки;
- модульні системи;
- змінні твердосплавні пластини.

Розточування дає можливість:

- отримувати точні отвори;
- коригувати положення осі отвору;
- обробляти отвори великого діаметра;
- обробляти ступінчасті й фасонні отвори;
- забезпечувати точну відстань між осями отворів.



На токарних верстатах заготовка обертається, а розточувальний різець здійснює подачу. На розточувальних верстатах часто обертається інструмент.

Довгий виліт борштанги знижує жорсткість системи. Тому рекомендовано застосовувати мінімально можливий виліт і максимально можливий діаметр борштанги.

8. ПРОТЯЖКИ

Протяжка — багатолезовий інструмент із послідовно зростаючими зубцями, який застосовується для обробки внутрішніх або зовнішніх поверхонь.

Протягування використовують для:

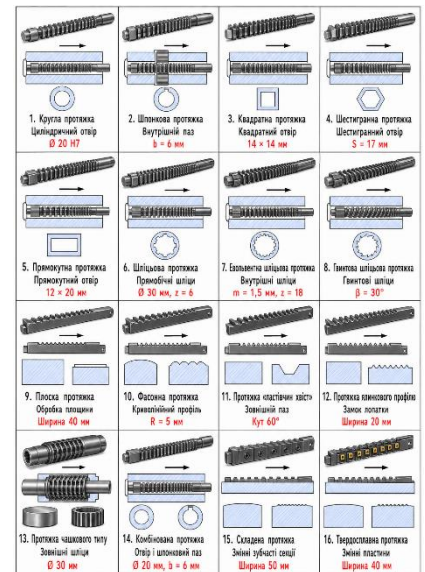
- шліцьових отворів;
- шпонкових пазів;
- багатограних отворів;
- профільних отворів;
- отворів точної форми.

Переваги протягування:

-висока продуктивність;
-висока точність;
-можливість отримання складного профілю за один робочий хід.

Недоліки:

-висока вартість протяжок;
-доцільність переважно для серійного та масового виробництва;
-потреба в спеціальному обладнанні.



9. ПОСЛІДОВНІСТЬ ОБРОБКИ ТОЧНОГО ОТВОРУ

Вибір послідовності залежить від вимог креслення.

Наприклад, потрібно отримати отвір Ø20H7 у сталевій втулці.

Можлива послідовність:

1. Свердління отвору меншим діаметром.
2. Зенкерування з припуском під чистову операцію.
3. Розгортання розгорткою номінального розміру або регульованою розгорткою.
4. Контроль отвору калібром-пробкою або нутроміром.

Конкретний припуск та остаточна послідовність визначаються матеріалом заготовки, типом виробництва, точністю, обладнанням і довідковими даними.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які інструменти застосовують для обробки отворів?
2. Яке призначення має спіральне свердло?
3. Чим зенкерування відрізняється від розгортання?
4. Для чого використовують зенківки та цеківки?
5. У яких випадках застосовують розточування?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент застосовують для чистової обробки отвору з підвищеною точністю?

- А. Розгортка
- Б. Спіральне свердло
- В. Відрізний різець

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент застосовують для утворення конічного заглиблення під потайну головку гвинта?

- А. Зенківка
- Б. Розгортка
- В. Борштанга

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти належать до інструментів для обробки отворів?

- А. Свердло
- Б. Зенкер
- В. Розгортка

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які операції можуть виконуватися під час обробки точного отвору?

- А. Свердління
- Б. Зенкерування
- В. Розгортання

ТЕМА. ФРЕЗЕРНІ ІНСТРУМЕНТИ

Понятійний апарат: фреза, фрезерування, багатолезовий інструмент, зуб фрези, різальна кромка, циліндрична фреза, торцева фреза, кінцева фреза, дискова фреза, прорізна фреза, відрізна фреза, кутова фреза, фасонна фреза, шпонкова фреза, Т-подібна фреза, модульна фреза, насадна фреза, хвостова фреза, суцільна фреза, збірна фреза, змінна багатогранна пластина, попутне фрезерування, зустрічне фрезерування, подача на зуб, глибина різання, ширина фрезерування.

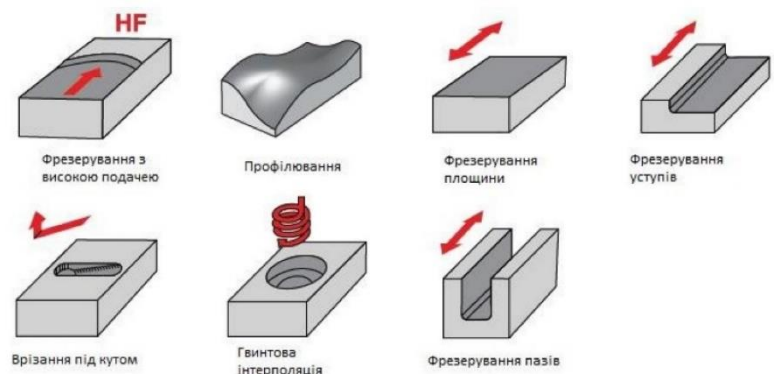
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ФРЕЗЕРНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Фреза — це багатолезовий різальний інструмент, зуби якого розташовані на твірній, торцевій або одночасно на твірній і торцевій поверхнях.

Фрезеруванням називають процес обробки заготовки фрезою, що обертається. Подачу при цьому здійснює заготовка, інструмент або одночасно обидва елементи технологічної системи.

Фрези застосовують для обробки:

- плоских поверхонь;
- уступів;
- пазів;
- шпонкових пазів;
- Т-подібних пазів;
- криволінійних контурів;
- фасонних поверхонь;
- зубчастих коліс;
- різьбових поверхонь;
- отворів;
- просторових поверхонь на верстатах із ЧПК.



За формою й призначенням фрези поділяють на циліндричні, торцеві, кінцеві, дискові, відрізні, шліцьові, кутові та фасонні. elib.lntu.edu

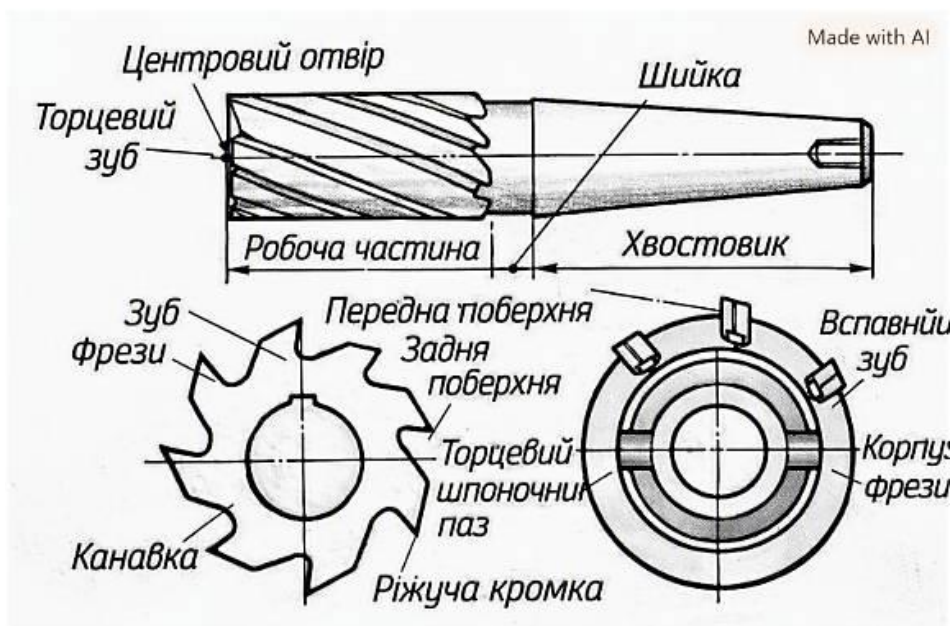
2. ОСНОВНІ ЧАСТИНИ ФРЕЗИ

У загальному випадку фреза складається з:

- корпусу;
- зубів;
- різальних кромок;
- передніх поверхонь зубів;
- задніх поверхонь зубів;
- стружкових канавок;
- отвору для оправки або хвостовика;
- змінних різальних пластин, якщо конструкція збірна.



Схема кінцевої фрези:



У збірних торцевих фрезах різальні кромки розміщують на змінних багатограних пластинах, закріплених у корпусі.

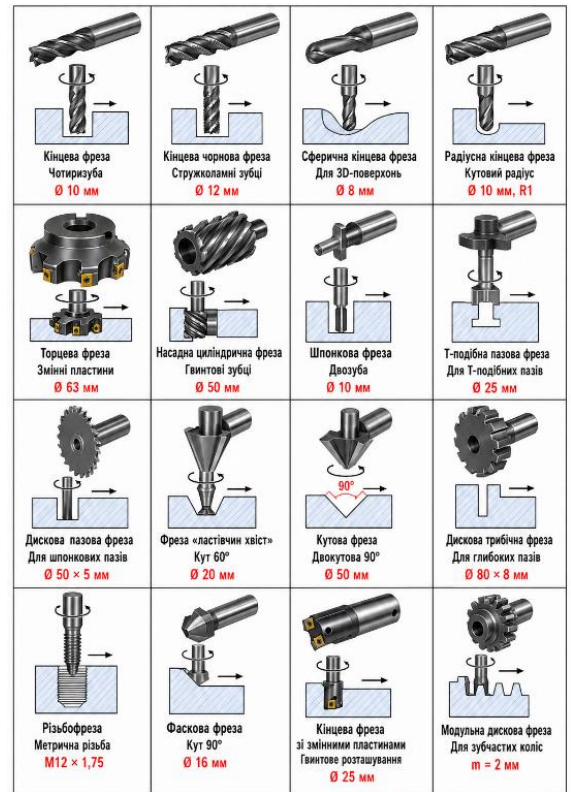
3. КЛАСИФІКАЦІЯ ФРЕЗ

ЗА РОЗТАШУВАННЯМ ЗУБІВ

- циліндричні;
- торцеві;
- кінцеві;
- дискові;
- кутові;
- фасонні.

ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРИЗНАЧЕННЯМ

Вид фрези	Призначення
Циліндрична	Обробка площин периферійними зубами
Торцева	Обробка площин торцевими й периферійними зубами
Кінцева	Обробка пазів, уступів, контурів, кишень
Дискова	Обробка пазів, шліців, канавок
Відрізна	Відрізання заготовок, прорізування вузьких пазів
Кутова	Обробка кутових пазів і похилих поверхонь
Фасонна	Обробка профільних поверхонь
Шпонкова	Обробка шпонкових пазів
Т-подібна	Обробка Т-подібних пазів
Модульна	Нарізання зубців зубчастих коліс
Різьбова	Фрезерування зовнішньої або внутрішньої різьби



Фрези також поділяють на хвостові та насадні за способом кріплення. [studfile](#)

4. ЦИЛІНДРИЧНІ ТА ТОРЦЕВІ ФРЕЗИ

Циліндричні фрези мають зуби на циліндричній поверхні. Їх використовують переважно на горизонтально-фрезерних верстатах для обробки площин.

Торцеві фрези мають різальні зуби на торцевій та периферійній поверхнях. Їх застосовують для обробки площин на вертикально-фрезерних верстатах та обробних центрах.

Зуби по периферії

Торцеві фрези можуть бути суцільними, зі вставними ножами або зі змінними багатограними пластинами. Для обробки площин на верстатах із ЧПК переважно використовують торцеві фрези зі змінними пластинами. [edu](#)



5. КІНЦЕВІ ФРЕЗИ

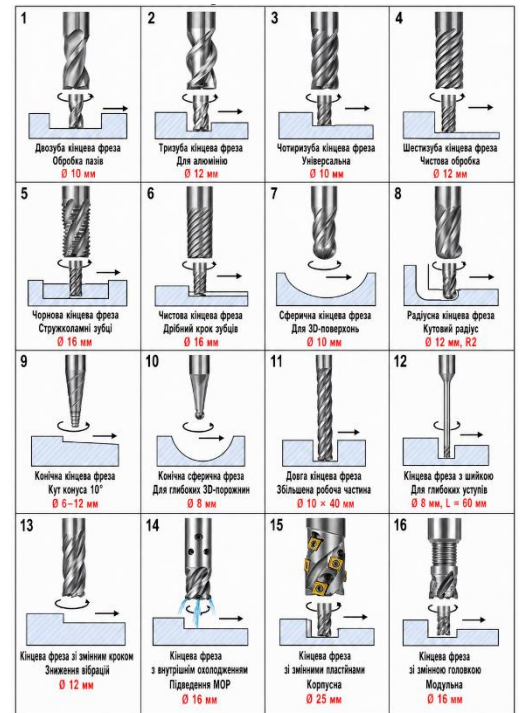
Кінцева фреза — це хвостовий інструмент, що має зуби на циліндричній і торцевій поверхнях.

Кінцеві фрези застосовують для:

- обробки уступів;
- фрезерування пазів;
- фрезерування кишень;
- контурної обробки;
- обробки криволінійних поверхонь;
- обробки поверхонь на верстатах із ЧПК;
- фрезерування шпонкових пазів;
- обробки похилих поверхонь.

За формою робочої частини кінцеві фрези можуть бути:

- циліндричні;
- сферичні;
- радіусні;
- конічні;
- чорнові;
- чистові;
- шпонкові;
- фасонні.



Сферичні кінцеві фрези застосовують для 3D-обробки штампів, прес-форм та інших складних просторових поверхонь.

6. ДИСКОВІ, ПРОРІЗНІ ТА ВІДРІЗНІ ФРЕЗИ

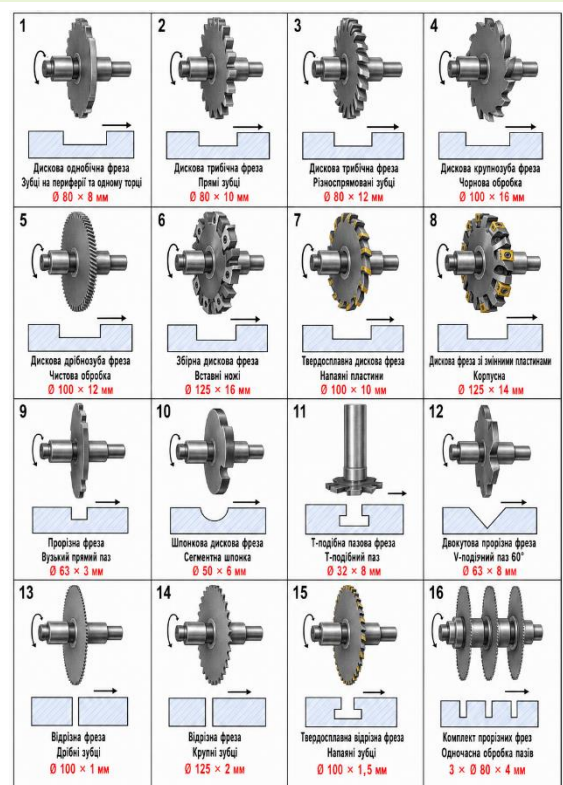
Дискові фрези мають форму диска. Їх застосовують для обробки пазів, шліців, уступів і канавок.

Прорізні фрези призначені для обробки вузьких пазів.

Відрізні фрези застосовують для відрізання заготовок.

Під час роботи дисковими й відрізними фрезами необхідно забезпечити:

- жорстке кріплення заготовки;
- мінімальне биття інструмента;
- надійне відведення стружки;
- достатнє охолодження;
- правильний вибір подачі.



7. КУТОВІ ТА ФАСОННІ ФРЕЗИ

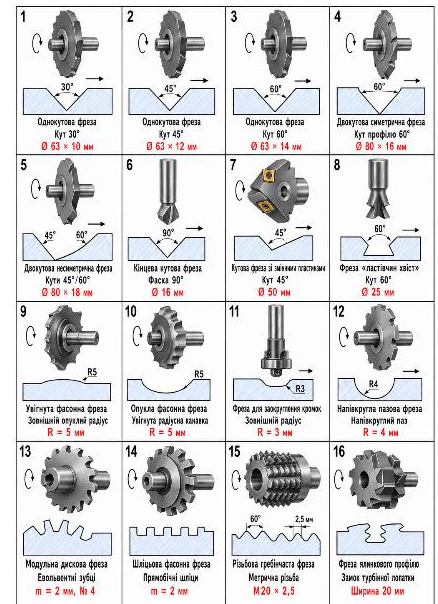
Кутові фрези застосовують для обробки кутових пазів, фасок і похилих площин.

Вони бувають:

- одно-кутові;
- двокутові;
- симетричні;
- несиметричні.

Фасонні фрези мають профіль зубів, який відповідає профілю оброблюваної поверхні. Їх застосовують для отримання радіусних, профільних і складних поверхонь.

Фасонні фрези доцільно використовувати в серійному виробництві, коли форма профілю часто повторюється.



8. СУЦІЛЬНІ ТА ЗБІРНІ ФРЕЗИ

Суцільні фрези виготовляють із одного матеріалу або з напаяною твердосплавною частиною. Найчастіше це швидкорізальні або монолітні твердосплавні кінцеві фрези.

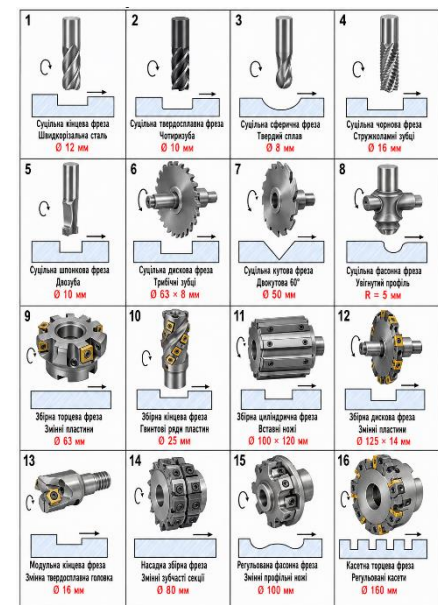
Збірні фрези складаються з корпусу та змінних різальних пластин.

Переваги збірних фрез:

- швидка заміна зношених пластин;
- відсутність потреби в переточуванні корпусу;
- можливість застосування сучасних покриттів;
- висока продуктивність;
- економічність у серійному виробництві.

Недоліками можуть бути

- вища вартість корпусу,
- вимоги до чистоти посадкових місць пластин і
- можливість похибок биття за неправильного встановлення.



9. СХЕМИ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Розрізняють два основні способи фрезерування.

ЗУСТРІЧНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ

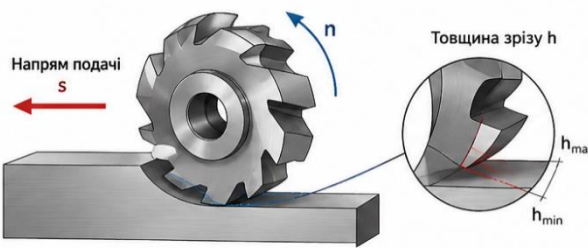
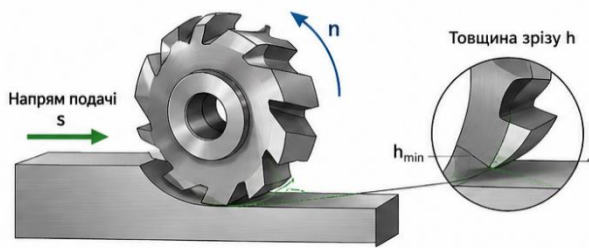
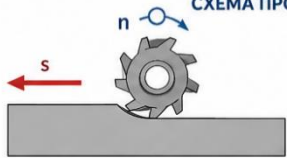
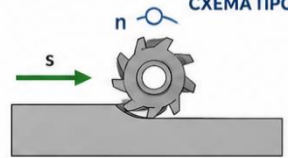
За зустрічного фрезерування напрямок руху подачі заготовки протилежний напрямку руху зуба фрези в зоні різання.

Товщина стружки зростає від нуля до максимального значення.

ПОПУТНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ

За попутного фрезерування напрямок руху подачі збігається з напрямком руху зуба фрези в зоні різання.

Товщина стружки зменшується від максимальної до нуля.

1. ЗУСТРІЧНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ (ТРАДИЦІЙНЕ)	2. ПОПУТНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ (КОПІЮВАЛЬНЕ)																				
 Товщина зрізу: від $h_{\max}$ (на вході) до $h_{\min}$ (на виході)	 Товщина зрізу: від $h_{\min}$ (на вході) до $h_{\max}$ (на виході)																				
СХЕМА ПРОЦЕСУ  Напрямок обертання фрези протилежний напрямку подачі. Зріз починається з максимальної товщини і зменшується до нуля.	СХЕМА ПРОЦЕСУ  Напрямок обертання фрези співпадає з напрямком подачі. Зріз починається з нульової товщини і збільшується до максимальної.																				
ОСОБЛИВОСТІ <table border="1"> <tr> <td>✗</td> <td>Ударне навантаження на зуб фрези при вході в заготовку.</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>Можливий відрив заготовки від столу (підйом деталі).</td> </tr> <tr> <td>✖</td> <td>Більше тертя, гірша якість поверхні.</td> </tr> <tr> <td>⚙</td> <td>Менша зносостійкість інструмента.</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Підходить для чорнової обробки, окалини, литої поверхні.</td> </tr> </table>	✗	Ударне навантаження на зуб фрези при вході в заготовку.	↓	Можливий відрив заготовки від столу (підйом деталі).	✖	Більше тертя, гірша якість поверхні.	⚙	Менша зносостійкість інструмента.	✓	Підходить для чорнової обробки, окалини, литої поверхні.	ОСОБЛИВОСТІ <table border="1"> <tr> <td>✓</td> <td>Плавний вхід зуба в різання (без удару).</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>Надійне притискання заготовки до столу.</td> </tr> <tr> <td>🏗</td> <td>Краща якість обробленої поверхні.</td> </tr> <tr> <td>⚙</td> <td>Більша стійкість інструмента.</td> </tr> <tr> <td>✓</td> <td>Підходить для чистої та напівчистої обробки.</td> </tr> </table>	✓	Плавний вхід зуба в різання (без удару).	↓	Надійне притискання заготовки до столу.	🏗	Краща якість обробленої поверхні.	⚙	Більша стійкість інструмента.	✓	Підходить для чистої та напівчистої обробки.
✗	Ударне навантаження на зуб фрези при вході в заготовку.																				
↓	Можливий відрив заготовки від столу (підйом деталі).																				
✖	Більше тертя, гірша якість поверхні.																				
⚙	Менша зносостійкість інструмента.																				
✓	Підходить для чорнової обробки, окалини, литої поверхні.																				
✓	Плавний вхід зуба в різання (без удару).																				
↓	Надійне притискання заготовки до столу.																				
🏗	Краща якість обробленої поверхні.																				
⚙	Більша стійкість інструмента.																				
✓	Підходить для чистої та напівчистої обробки.																				
n – частота обертання фрези s – подача заготовки h – товщина зрізу	$h_{\max}$ – максимальна товщина зрізу $h_{\min}$ – мінімальна товщина зрізу																				

На верстатах із ЧПК, оснащених безлюфтовими кулькогвинтовими передачами, часто застосовують попутне фрезерування, оскільки воно може забезпечувати менше тертя, нижчу шорсткість і стабільнішу обробку. Водночас вибір схеми залежить від матеріалу, стану поверхні заготовки, жорсткості системи та вимог виробника інструмента.

10. ПАРАМЕТРИ РЕЖИМУ ФРЕЗЕРУВАННЯ

Під час вибору фрези та режимів різання враховують:

- швидкість різання v_c ;
- частоту обертання шпинделя n ;
- подачу на зуб f_z ;
- подачу за оберт f_n ;
- хвилинну подачу v_f ;
- глибину фрезерування a_p ;
- ширину фрезерування a_e ;
- кількість зубів z .

Хвилинна подача:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n,$$

де:

- v_f — хвилинна подача, мм/хв;
- f_z — подача на зуб, мм/зуб;
- z — кількість зубів;
- n — частота обертання, об/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000v_c}{\pi D},$$

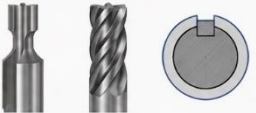
де D — діаметр фрези, мм.

11. ВИБІР ФРЕЗИ

Під час вибору фрези необхідно враховувати:

- форму та розміри оброблюваної поверхні;
- матеріал і твердість заготовки;
- вид обробки: чорнова, напівчистова або чистова;
- припуск;
- точність і шорсткість;
- тип верстата;
- потужність шпинделя;
- жорсткість технологічної системи;
- спосіб закріплення;
- систему охолодження;
- умови відведення стружки;
- тип виробництва.

Наприклад, для фрезерування площини сталеві заготовки на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК доцільно застосувати торцеву фрезу зі змінними твердосплавними пластинами.

ВИБІР ФРЕЗИ ДЛЯ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ			
Для фрезерування площини сталеві заготовки на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК доцільно застосувати торцеву фрезу зі змінними твердосплавними пластинами.		ТОРЦЕВА ФРЕЗА ІЗ ЗМІННИМИ ПЛАСТИНАМИ 	
Для обробки шпонкового паза у валі — шпонкову або кінцеву фрезу .		ШПОНКОВА АБО КІНЦЕВА ФРЕЗА 	
Для фрезерування кишені прямокутної форми — кінцеву фрезу відповідного діаметра.		КІНЦЕВА ФРЕЗА 	
Для обробки сферичної поверхні — сферичну кінцеву фрезу .		СФЕРИЧНА КІНЦЕВА ФРЕЗА 	

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають фрезою?
2. Які основні види фрез застосовують у машинобудуванні?
3. Чим торцева фреза відрізняється від циліндричної?
4. Де застосовують кінцеві та дискові фрези?
5. Які параметри враховують під час вибору фрези?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Яку фрезу доцільно застосувати для обробки площини на вертикально-фрезерному верстаті?

- А. Торцеву
- Б. Відрізну
- В. Різьбову

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який тип фрези застосовують для обробки пазів і кишень?

- А. Кінцеву
- Б. Циліндричну
- В. Фасонну обкатну

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які фрези застосовують для обробки пазів?

- А. Кінцеві
- Б. Дискові
- В. Прорізні

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які параметри впливають на хвилинну подачу під час фрезерування?

- А. Подача на зуб
- Б. Кількість зубів фрези
- В. Частота обертання шпинделя

ТЕМА. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ

Понятійний апарат: різьба, різьбове з'єднання, зовнішня різьба, внутрішня різьба, метрична різьба, трубна різьба, трапецеїдальна різьба, крок різьби, профіль різьби, номінальний діаметр, мітчик, плашка, різьбовий різець, різьбова гребінка, різьбонарізна головка, різьбова фреза, різбошліфувальний круг, різьбонакатний ролик, заходна частина, калібрувальна частина, стружкова канавка, різьбоутворення, накочування різьби.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІЗЬБОВИХ ПОВЕРХОНЬ

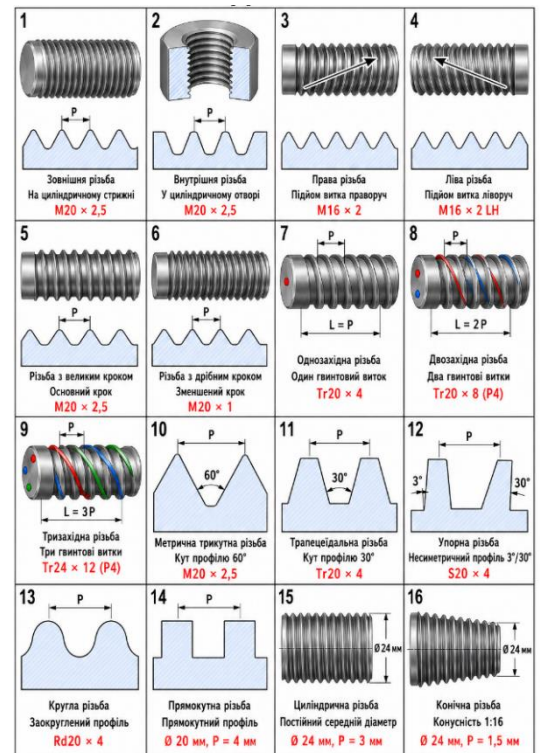
Різьба — це гвинтова поверхня, утворена переміщенням плоского профілю по гвинтовій лінії навколо циліндричної або конічної поверхні.

Основними параметрами різьби є:

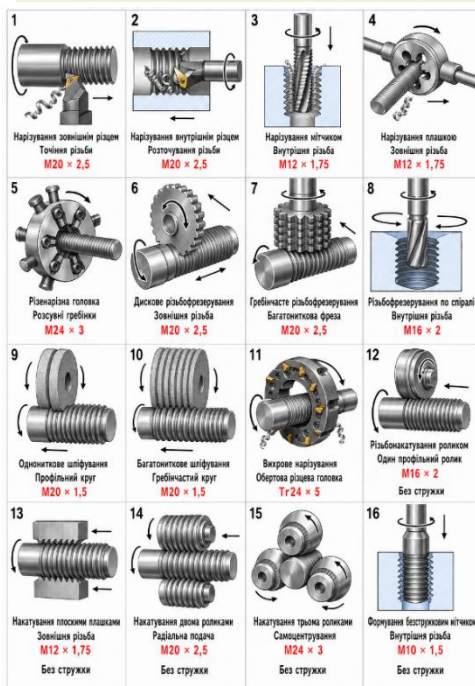
- номінальний діаметр;
- зовнішній діаметр;
- внутрішній діаметр;
- середній діаметр;
- крок;
- хід;
- профіль;
- кут профілю;
- напрямок різьби;
- кількість заходів.

Різьби можуть бути:

- зовнішні;
- внутрішні;
- праві;
- ліві;
- однозахідні;
- багатозахідні;
- циліндричні;
- конічні;
- кріпильні;
- ходові;
- спеціальні.



2. СПОСОБИ УТВОРЕННЯ РІЗЬБИ



Різьбу можна отримувати:

- різанням;
- накочуванням;
- шліфуванням;
- литтям;
- пресуванням;
- пластичним деформуванням.

У межах дисципліни основну увагу приділяють інструментам для отримання різьби різанням.

Для різання різьби застосовують:

- мітчики;
- плашки;
- різьбові різці;
- різьбові гребінки;
- різьбонарізні головки;
- різьбові фрези;
- різбошліфувальні круги.

Основні групи різьбонарізних інструментів включають різьбові різці та гребінки, мітчики, плашки, різьбонарізні головки і різьбові фрези. www.cdl.bmstu

3. МІТЧИКИ

Мітчик — це різальний інструмент для нарізання внутрішньої різьби в отворі.

Мітчик має вигляд гвинта з поздовжніми або гвинтовими стружковими канавками, які формують різальні зуби.

Основні елементи мітчика:

- Хвостовик
 - Квадрат
- Робоча частина:
 - Калібруюча частина
 - Забірна частина
 - Різальні зуби

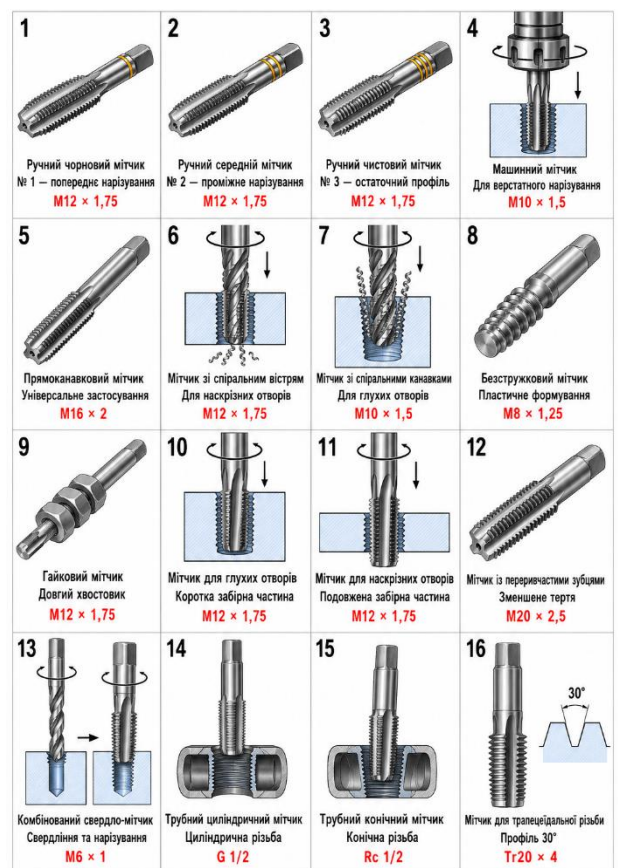


Мітчик складається з:

- хвостовика;
- квадрата для передавання крутного моменту;
- шийки;
- робочої частини;
- заходної частини;
- калібрувальної частини;
- стружкових канавок;
- різальних зубів.

За призначенням мітчики поділяють на:

- ручні;
- машинні;
- гайкові;
- машинно-ручні;
- безстружкові;
- трубні;
- для глухих отворів;
- для наскрізних отворів;
- спеціальні.



Для наскрізних отворів часто використовують мітчики з прямими канавками або спіральним напрямом відведення стружки вперед. Для глухих отворів доцільно застосовувати мітчики зі спіральними канавками, що виводять стружку назовні.

4. ПЛАШКИ

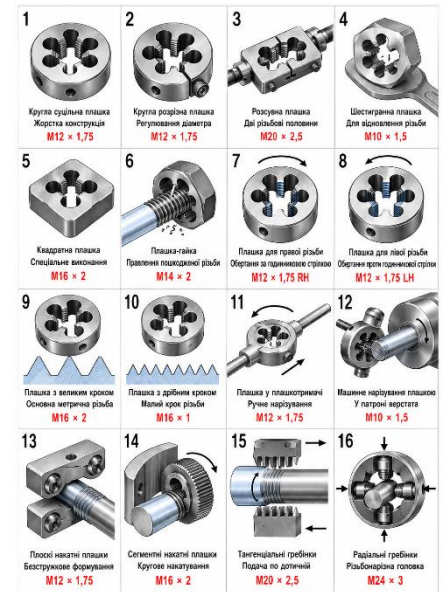
Плашка — це різальний інструмент для нарізання зовнішньої різьби на стержнях, валах, шпильках і трубах.

Плашка має отвір із профілем різьби та стружкові отвори, які утворюють різальні кромки.

Плашки поділяють на:

- круглі;
- розрізні;
- розсувні;
- трубні;
- шестигранні;
- спеціальні.

Круглі плашки застосовують переважно для нарізання зовнішніх різьб невеликого діаметра та невисокої точності.



5. РІЗЬБОВІ РІЗЦІ

Різьбовий різець — це однолезовий фасонний інструмент, профіль різальної кромки якого відповідає профілю різьби.

Різьбові різці застосовують на токарних верстатах для нарізання:

- зовнішньої різьби;
- внутрішньої різьби;
- метричної різьби;
- трапецеїдальної різьби;
- упорної різьби;
- спеціальної різьби.

Під час нарізання різьби різцем необхідно синхронізувати обертання заготовки та поздовжню подачу інструмента.

Для однозахідної різьби подача за один оберт заготовки повинна дорівнювати кроку різьби: $f=p$,

де:

- f — поздовжня подача за оберт;
- p — крок різьби.

На верстатах із ЧПК синхронізація забезпечується системою керування за сигналом енкодера шпинделя.



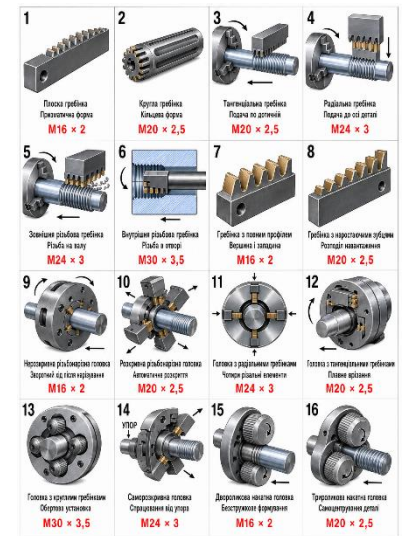
6. РІЗЬБОВІ ГРЕБІНКИ ТА ГОЛОВКИ

Різьбова гребінка має кілька профільних різальних зубів, які поступово формують профіль різьби.

Різьбонарізна головка — це пристрій із кількома різальними гребінками або різцями. Вона застосовується у серійному та масовому виробництві для підвищення продуктивності.

Переваги різьбонарізних головок:

- одночасна робота кількох різальних елементів;
- висока продуктивність;
- швидке відведення інструмента;
- можливість автоматизації циклу.



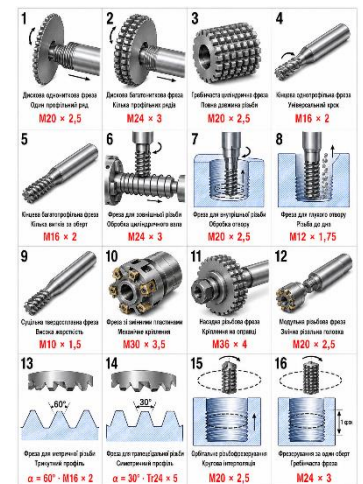
7. РІЗЬБОВІ ФРЕЗИ

Різьбова фреза — багатолезовий інструмент для нарізання різьби методом фрезерування.

Різьбове фрезерування застосовують переважно на верстатах із ЧПК.

Переваги різьбових фрез:

- можливість нарізання внутрішньої та зовнішньої різьби;
- можливість обробки різьби великого діаметра;
- менший ризик поломки інструмента в отворі;
- можливість одним інструментом нарізати різьби різних діаметрів з однаковим кроком;
- добра керованість на верстатах із ЧПК;
- можливість коригувати діаметр різьби програмно.



Для нарізання коротких різьб із малим кроком використовують гребінчасті різьбові фрези, а для великих кроків — дискові різьбові фрези. kvrc.in

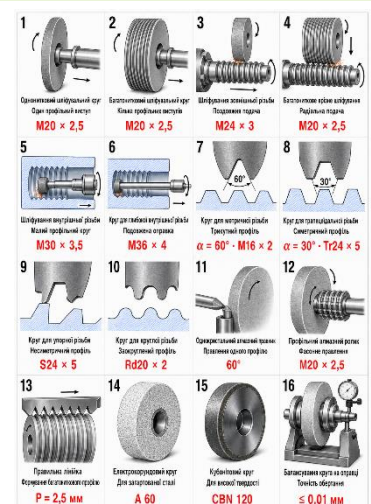
8. РІЗЬБОШЛІФУВАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ

Для високоточних різьб застосовують шліфувальні круги.

Різьбошліфування використовують для:

- ходових гвинтів;
- калібрів;
- високоточних різьбових деталей;
- загартованих деталей;
- деталей із високими вимогами до шорсткості та точності.

Різьбошліфувальні круги можуть мати профіль, який відповідає профілю різьби.



9. НАКОЧУВАННЯ РІЗЬБИ

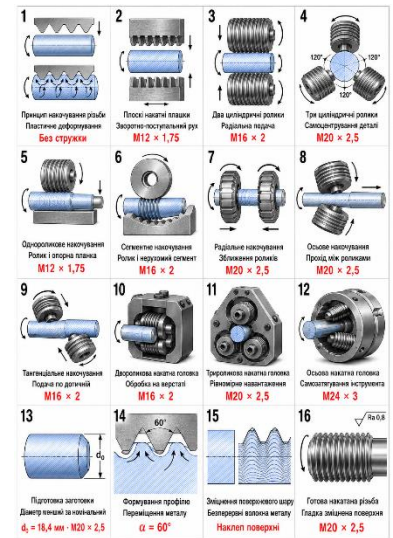
Накочування різьби виконується без зняття стружки шляхом пластичного деформування поверхневого шару заготовки.

Інструменти для накочування:

- різьбонакатні ролики;
- плоскі плашки;
- накатні головки.

Переваги накочування:

- висока продуктивність;
- зміцнення поверхневого шару;
- зменшення витрат матеріалу;
- відсутність стружки;
- підвищення втомної міцності різьби.



Накочування застосовують для пластичних матеріалів, переважно в серійному та масовому виробництві.

10. ВИБІР РІЗЬБОНАРИЗНОГО ІНСТРУМЕНТА

Під час вибору інструмента необхідно враховувати:

1. вид різьби;
2. внутрішня або зовнішня різьба;
3. номінальний діаметр;
4. крок;
5. довжина різьби;
6. матеріал заготовки;
7. вимоги до точності;
8. тип виробництва;
9. тип верстата;
10. наявність ЧПК;
11. глухий чи наскрізний отвір;
12. можливість відведення стружки.

Наприклад, для нарізання внутрішньої метричної різьби M10 у наскрізному отворі сталевій деталі можна застосувати машинний мітчик відповідного типу.

Для нарізання зовнішньої різьби на валу на токарному верстаті застосовують різьбовий різець або різбову пластину.

Для виготовлення внутрішньої різьби великого діаметра на обробному центрі з ЧПК доцільно застосувати різбову фрезу.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які способи отримання різьби застосовують у машинобудуванні?
2. Яке призначення має мітчик?
3. Для чого використовують плашку?
4. У яких випадках застосовують різьбові фрези?
5. Які параметри необхідно враховувати під час вибору різьбонарізного інструмента?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент призначений для нарізання внутрішньої різьби?

- А. Мітчик
- Б. Плашка
- В. Відрізна фреза

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти застосовують для нарізання різьби різанням?

- А. Мітчики
- Б. Різьбові різці
- В. Різьбові фрези

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент застосовують для нарізання зовнішньої різьби на стержні вручну або на верстаті?

- А. Плашка
- Б. Розгортка
- В. Зенківка

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які переваги має різьбове фрезерування на верстаті з ЧПК?

- А. Можливість нарізання різьби великого діаметра
- Б. Можливість коригування діаметра різьби програмно
- В. Менший ризик заклинювання інструмента в отворі

ТЕМА. АБРАЗИВНІ ІНСТРУМЕНТИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ

Понятійний апарат: абразивна обробка, шліфування, абразивний інструмент, шліфувальний круг, абразивне зерно, електрокорунд, карбід кремнію, кубічний нітрид бору, ельбор, алмаз, зернистість, твердість круга, структура круга, зв'язка, керамічна зв'язка, бакелітова зв'язка, вулканітова зв'язка, металева зв'язка, пористість, самозаточування, правлення круга, балансування, окружна швидкість, припік, засолювання круга.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Абразивні інструменти призначені для обробки матеріалів великою кількістю твердих абразивних зерен. Кожне зерно має дрібні різальні кромки, які зрізують мікростружку з поверхні заготовки.

Абразивні інструменти застосовують для:

- шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь;
- шліфування внутрішніх отворів;
- плоского шліфування;
- безцентрового шліфування;

- заточування різального інструмента;
- шліфування профільних поверхонь;
- доведення;
- хонінгування;
- суперфінішування;
- полірування.

Абразивні інструменти використовують переважно для чистової та фінішної обробки, коли необхідно забезпечити високу точність, малу шорсткість, правильну геометричну форму або обробити загартовану поверхню.

2. ВИДИ АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

До основних видів абразивних інструментів належать:

- шліфувальні круги;
- відрізні круги;
- шліфувальні головки;
- абразивні бруски;
- хонінгувальні бруски;
- шліфувальні стрічки;
- абразивні шкурки;
- пасти;
- порошки;
- алмазні та ельборові круги;
- шліфувальні сегменти.



За видом абразивного матеріалу інструменти поділяють на:

- електрокорундові;
- карбідкремнієві;
- алмазні;
- ельборові, або CBN;
- інші спеціальні.

Абразивний інструмент характеризують формою, розмірами, абразивним матеріалом, зернистістю, твердістю, структурою, зв'язкою та допустимою окружною швидкістю. elib.Intu+1

3. БУДОВА ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

Шліфувальний круг складається з:

- абразивних зерен;
- зв'язки;
- пор;
- наповнювачів, якщо вони передбачені складом.

Абразивні зерна виконують різання.

Зв'язка утримує зерна в заданому положенні та визначає здатність круга до самозаточування.

Пори створюють простір для розміщення стружки, проходження охолоджувальної рідини та відведення тепла.

Шліфувальні круги з електрокорунду, карбіду кремнію та ельбору складаються саме з абразивних зерен, зв'язки й пор. crust.ust

5. АБРАЗІВНІ МАТЕРІАЛИ

ЕЛЕКТРОКОРУНД

Електрокорунд застосовують переважно для шліфування сталей.

Основні різновиди:

- нормальний електрокорунд;
- білий електрокорунд;
- хромистий електрокорунд;
- монокорунд;
- цирконієвий електрокорунд.

Електрокорунд доцільно застосовувати для:

- вуглецевих сталей;
- легованих сталей;
- конструкційних сталей;
- інструментальних сталей;
- деяких видів чавуну.

КАРБІД КРЕМНІЮ

Карбід кремнію має високу твердість і крихкість.

Розрізняють:

- чорний карбід кремнію;
- зелений карбід кремнію.

Його застосовують для:

- чавуну;
- кольорових металів;
- твердих сплавів;
- кераміки;
- скла;
- графіту;
- неметалевих матеріалів.

КУБІЧНИЙ НІТРИД БОРУ

Кубічний нітрид бору, або ельбор, застосовують для шліфування:

- загартованих сталей;
- швидкорізальних сталей;
- інструментальних сталей;
- твердих чавунів.

CBN має високу теплостійкість та хімічну стійкість до чорних металів.

АЛМАЗ

Алмаз має найвищу твердість серед відомих абразивних матеріалів.

Алмазні круги застосовують для:

- твердих сплавів;
- кераміки;
- скла;
- графіту;
- кольорових металів;
- композитів;
- напівпровідникових матеріалів;
- інструменту з твердого сплаву.

Алмазні круги не застосовують для шліфування сталей за високих температур через можливу хімічну взаємодію алмазу із залізом.

5. ЗЕРНИСТІСТЬ АБРАЗИВНОГО КРУГА

Зернистість характеризує розмір абразивних зерен.

- Велика зернистість застосовується для чорнового шліфування, великого припуску та швидкого зняття матеріалу.
- Мала зернистість застосовується для чистового шліфування, малої шорсткості та точних поверхонь.

Загальна залежність:

Велике зерно → велика продуктивність → більша шорсткість

Дрібне зерно → менша продуктивність → менша шорсткість

Орієнтовно:

- зернистість 40–80 — для чорнової, обдирної обробки;
- зернистість 25–40 — для чистового шліфування;
- дрібніші зерна — для доведення, заточування та фінішних операцій.

Остаточний вибір зернистості залежить від матеріалу заготовки, твердості, форми поверхні, припуску, вимог до шорсткості й конкретного каталогу виробника. [inner](#)

6. ТВЕРДІСТЬ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

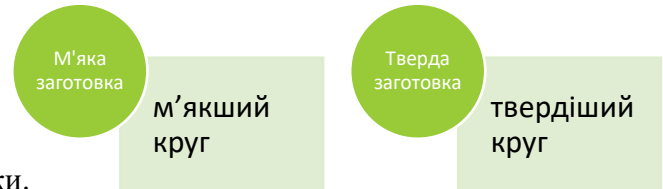
Твердість круга характеризує здатність зв'язки утримувати абразивні зерна.

Вона не означає твердість самих зерен.

- М'який круг швидше втрачає затуплені зерна та краще самозаточується.
- Твердий круг довше утримує зерна, але може засолюватися або перегрівати поверхню.

Основне правило вибору:

Для шліфування твердого матеріалу потрібен м'якший круг, щоб затуплені зерна своєчасно викришувалися й відкривали нові гострі кромки.



Твердість абразивного інструмента визначається силою утримання зерен зв'язкою та впливає на його здатність до самозаточування.[wikipedia+1](#)

7. СТРУКТУРА КРУГА

Структура круга характеризує співвідношення об'єму абразивних зерен, зв'язки та пор.

Розрізняють:

- щільні структури;
- середні структури;
- відкриті, пористі структури.

Щільні круги застосовують для чистової обробки, коли потрібна мала шорсткість.

Відкриті структури застосовують для:

- чорнового шліфування;
- обробки в'язких матеріалів;
- обробки м'яких металів;
- обробки поверхонь із великим припуском;
- операцій, де потрібне інтенсивне відведення стружки та тепла.

8. ЗВ'ЯЗКИ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ

Основні види зв'язок:

Вид зв'язки	Позначення	Властивості та застосування
Керамічна	V	Жорстка, пориста, придатна для точного шліфування
Бакелітова	B	Пружніша, застосовується для відрізних кругів і високих швидкостей
Вулканітова	R	Еластична, застосовується для тонких відрізних кругів
Металева	M	Висока міцність утримання зерен, часто для алмазних і CBN-кругів
Електролітична	—	Використовується для окремих алмазних і CBN-інструментів

Зв'язка повинна міцно утримувати зерна, але дозволяти їм своєчасно викришуватися після затуплення.

9. МАРКУВАННЯ ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

Маркування може містити:



Наприклад, 25A 40 CM1 6 V 35 400×40×127 35 m/s
де:

- 25A — абразивний матеріал;
- 40 — зернистість;
- CM1 — твердість;
- 6 — структура;
- V — керамічна зв'язка;
- 35 — форма круга;
- 400×40×127 — зовнішній діаметр, ширина та діаметр отвору;
- 35 m/s — допустима окружна швидкість.

Позначення можуть відрізнятися залежно від виробника та системи стандартів. Перед установленням круга потрібно обов'язково перевірити його паспортні дані та маркування.

Маркування шліфувальних кругів містить повну інформацію про їхні геометричні параметри, тип абразиву, зернистість, жорсткість, структуру та тип зв'язки. Сучасні виробники здебільшого використовують міжнародний стандарт **EN 12413** або національний **ДСТУ** (старі позначення все ще часто зустрічаються на ринку). [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#)

МІЖНАРОДНЕ МАРКУВАННЯ (ЗА СТАНДАРТОМ EN 12413)

Це лаконічна специфікація, яка зазвичай складається з чотирьох основних елементів (наприклад, **A 24 R BF**): [\[1\]](#)

Елемент коду	Що означає	Приклади та розшифровка
1. Тип зерна	Матеріал абразиву	A — Оксид алюмінію (для сталі); C — Карбід кремнію (для каменю, бетону); ZA — Цирконій-корунд (для важких робіт); AS — Керамічне зерно (для нержавійки).
2. Зернистість	Розмір фракції	24–30 — грубе зерно (зачищення швів); 36–46 — середнє (універсальні відрізи); 60–80 — тонке (чистове шліфування); 100–120 — фінішна обробка.
3. Твердість	Утримання зерна зв'язкою	Позначається літерами від A (найм'якша) до Z (найтвердіша). Для звичайної сталі найчастіше беруть R–T .
4. Тип зв'язки	Матеріал, що скріплює зерно	BF — бакелітова армована склосіткою (для КШМ); V — керамічна (вітрифікована, для стаціонарних точил); B — бакелітова без армування.

ВІТЧИЗНЯНЕ МАРКУВАННЯ (ЗА ГОСТ 2424-83 / ДСТУ)

Тут маркування є довшим і детальнішим.

Приклад напису на крузі: **ПП 250x25x32 25А 40-П СМ2 6 К5 35 м/с 2 кл. А:** [1, 2, 3]



Тип профілю (форма круга):

ПП (або цифра **1**) — плоский прямий профіль (найпопулярніший).

ЧЦ (6) / ЧК (11) — чашковий циліндричний або конічний.

Т (12) — тарілчастий. [1, 2, 3]

Геометричні розміри (D x T x H): Зовнішній діаметр × товщина × посадковий отвір у мм (наприклад, 250x25x32). [1, 2]

Марка абразивного матеріалу:

14А — електрокорунд нормальний (для чорних металів).

25А — електрокорунд білий (для чистової обробки та заточування інструменту).

54С / 64С — карбід кремнію чорний / зелений (для чавуну, кольорових металів, твердих сплавів). [1, 2]

Зернистість: Вказується розмір у десятках мікрон за старим стандартом (наприклад, 40 відповідає 400 мкм) або за стандартом FEPA (наприклад, F46 або P80). Літера поруш (наприклад, П, В, Н) означає вміст основної фракції. [1, 2, 3]

Ступінь твердості:

М1, М2, М3 — м'які.

СМ1, СМ2 — середньом'які.

С1, С2 — середні.

СТ1, СТ2, СТ3 — середньотверді.

Т1, Т2 — тверді. [1, 2]

Структура (від 1 до 12+): Показує щільність абразивних зерен у крузі (чим більша цифра, тим більша відстань між зернами, тобто більше пор). [1, 2]

Вид зв'язки: **К** (або **V**) — керамічна; **Б** (або **В**) — бакелітова; **В** — вулканітова. [1, 2]

Максимальна швидкість: Вказується у метрах на секунду (наприклад, 35 м/с або 80 м/с). Додатково може вказуватися ліміт обертів — **RPM**. [1, 2]

Клас точності: **АА, А** або **Б** (геометрична точність виготовлення круга). [1, 2]

Клас нерівноваженості (1, 2, 3): Показує рівень допустимого дисбалансу круга (1 — найменший дисбаланс, для високоточних робіт). [1]

Додаткові важливі позначки на кругах:

Кольорові смуги: На кругах для болгарок часто наносять кольорову смугу безпеки, яка дублює максимальну швидкість: **жовта** — 60 м/с, **червона** — 80 м/с, **зелена** — 100 м/с.

Термін придатності: На металевому кільці посадкового отвору зазвичай вибито дату (наприклад, V 2029), до якої круг на бакелітовій зв'язці потрібно використати. Бакелітова смола з часом старіє та втрачає міцність.

10. ВИБІР ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА

Під час вибору враховують:

1. матеріал заготовки;
2. твердість матеріалу;
3. вид шліфування;
4. форму поверхні;
5. припуск;
6. вимоги до точності;
7. вимоги до шорсткості;
8. потужність верстата;
9. жорсткість системи;
10. спосіб охолодження;
11. допустиму швидкість круга;
12. тип зв'язки.

Наприклад, для зовнішнього круглого шліфування загартованого сталюого вала можна обрати:

- абразив — кубічний нітрид бору або якісний електрокорунд залежно від вимог;
- зернистість — середню або дрібну;
- твердість — м'яку або середньом'яку;
- зв'язку — керамічну;
- форму круга — пряму;
- охолодження — інтенсивне, за вимогами технологічного процесу.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Яке призначення мають абразивні інструменти?
2. З яких основних складових частин складається шліфувальний круг?
3. Чим твердість абразивного круга відрізняється від твердості абразивного зерна?
4. Для яких матеріалів застосовують електрокорунд, карбід кремнію, CBN і алмаз?
5. Які параметри необхідно враховувати під час вибору шліфувального круга?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який абразивний матеріал доцільно застосовувати для шліфування загартованих сталей?

- А. Кубічний нітрид бору
- Б. Алмаз
- В. Латунь

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Що характеризує твердість шліфувального круга?

- А. Здатність зв'язки утримувати абразивні зерна
- Б. Геометричний розмір круга
- В. Швидкість обертання шпинделя

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які основні компоненти має шліфувальний круг?

- А. Абразивні зерна
- Б. Зв'язка
- В. Пори

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які параметри враховують під час вибору шліфувального круга?

- А. Абразивний матеріал
- Б. Зернистість
- В. Твердість і вид зв'язки

ТЕМА. АЛМАЗНИЙ ТА НАДТВЕРДИЙ РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Понятійний апарат: надтвердий матеріал, алмаз, природний алмаз, синтетичний алмаз, полікристалічний алмаз, PCD, монокристалічний алмаз, MCD, кубічний нітрид бору, CBN, полікристалічний кубічний нітрид бору, PCBN, різальна пластина, алмазний круг, ельборовий круг, твердість, теплостійкість, хімічна інертність, зносостійкість, дифузійне зношування, адгезійне зношування, чистове точіння, високошвидкісна обробка.

1. ПОНЯТТЯ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ

Надтвердими називають інструментальні матеріали, твердість яких значно перевищує твердість традиційних твердих сплавів і кераміки.

У машинобудуванні до найважливіших надтвердих матеріалів належать:

- природний алмаз;
- синтетичний алмаз;
- полікристалічний алмаз PCD;
- кубічний нітрид бору CBN;
- полікристалічний кубічний нітрид бору PCBN.

Надтверді матеріали застосовують у вигляді:

- різальних пластин;
- наконечників різців;
- фрезерних пластин;
- розточувальних інструментів;
- шліфувальних кругів;
- хонінгувальних брусків;
- правлячих інструментів;
- інструментів для тонкого точіння.

2. АЛМАЗНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Алмаз має найвищу твердість серед матеріалів, що використовуються у промисловому різанні та шліфуванні.

Алмазний інструмент може бути:

- природним;
- синтетичним;
- монокристалічним;
- полікристалічним;
- у вигляді порошку;
- у вигляді зерен у зв'язці;
- у вигляді різальної вставки.

Алмазні інструменти застосовують для:

- обробки алюмінієвих сплавів;
- обробки міді, латуні та бронзи;
- обробки магнієвих сплавів;

- обробки твердих сплавів;
- обробки графіту;
- обробки пластмас;
- обробки композитів;
- обробки кераміки;
- обробки скла;
- правлення шліфувальних кругів.

PCD-інструмент застосовують, зокрема, для кольорових металів, алюмінієвих сплавів із високим вмістом кремнію, металоматричних композитів і пластиків, армованих вуглецевим волокном. [almaz-inst](#)

3. ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ АЛМАЗ PCD

Полікристалічний алмаз складається з великої кількості дрібних алмазних кристалів, з'єднаних між собою.

Переваги PCD:

- дуже висока твердість;
- висока зносостійкість;
- можливість високошвидкісної обробки;
- мала шорсткість готової поверхні;
- тривала стійкість під час обробки абразивних матеріалів;
- придатність для серійного виробництва.

Недоліки:

- висока вартість;
- крихкість;
- чутливість до ударних навантажень;
- обмежене застосування для чорних металів.

Алмазні інструменти не рекомендується застосовувати для обробки сталей за високих температур, тому що алмаз містить вуглець, який може взаємодіяти із залізом за нагрівання.

4. КУБІЧНИЙ НІТРИД БОРУ CBN

Кубічний нітрид бору — синтетичний надтвердий матеріал, який має дуже високу твердість і значно вищу теплостійкість під час обробки залізовмісних матеріалів, ніж алмаз.

CBN застосовують для обробки:

- загартованих сталей;
- високоміцних сталей;
- інструментальних сталей;
- вибілених чавунів;
- твердих чавунів;
- наплавлених поверхонь;
- порошкових матеріалів із високою твердістю.

5. ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ КУБІЧНИЙ НІТРИД БОРУ PCBN

PCBN — це полікристалічний матеріал на основі кубічного нітриду бору зі зв'язкою. Його використовують переважно для:

- чистового точіння загартованих сталей;
- твердого точіння замість шліфування;
- обробки сталей твердістю понад 45 HRC;
- обробки чавунів;
- обробки твердих покриттів;
- високоточної обробки.

PCBN особливо ефективний для загартованих сталей і чавунів, коли потрібні висока теплостійкість, зносостійкість і стабільна точність. [inner](#)

6. ПОРІВНЯННЯ PCD ТА PCBN

Ознака	PCD	PCBN
Основний матеріал	Полікристалічний алмаз	Полікристалічний кубічний нітрид бору
Основне застосування	Кольорові метали, композити, графіт	Загартовані сталі, чавуни
Робота зі сталлю	Недоцільна за високих температур	Доцільна
Зносостійкість	Дуже висока для Al, Si-Al, композитів	Дуже висока для сталей і чавунів
Теплостійкість у контакті зі сталлю	Обмежена	Висока
Тип операції	Чистова, високошвидкісна	Чистова, тверде точіння
Чутливість до ударів	Висока	Висока або середня, залежно від марки

7. КОНСТРУКЦІЇ НАДТВЕРДОГО ІНСТРУМЕНТА

Надтвердий матеріал рідко використовується як суцільний інструмент. Частіше його застосовують як робочий елемент:



- пластина, напаяна на твердосплавну основу;
- вставка з PCD або PCBN;
- сегмент у корпусі фрези;
- шар абразивного матеріалу на кругу;
- наконечник різця;
- пластина зі змінною кромкою.



8. ВИБІР НАДТВЕРДОГО ІНСТРУМЕНТА

Під час вибору необхідно враховувати:

1. матеріал заготовки;
2. твердість;
3. наявність заліза у складі матеріалу;
4. тип операції;
5. безперервність різання;
6. жорсткість верстата;
7. жорсткість закріплення;
8. припуск;
9. вимоги до шорсткості;
10. потрібну продуктивність;
11. наявність охолодження;
12. економічну доцільність.

Наприклад, для точіння алюмінієвого сплаву з високим вмістом кремнію доцільним є інструмент із PCD, оскільки кремній спричиняє інтенсивне абразивне зношування традиційного твердосплавного інструмента.

Для чистового точіння загартованої сталі твердістю 60 HRC доцільно застосувати пластину PCBN.

Для заточування твердосплавного свердла застосовують алмазний шліфувальний круг.

Для заточування інструмента зі швидкорізальної сталі доцільно застосовувати круг із CBN.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які матеріали належать до надтвердих інструментальних матеріалів?
2. Для яких матеріалів заготовок застосовують PCD?
3. Чому PCD не рекомендується для обробки сталей?
4. Для яких операцій і матеріалів застосовують PCBN?
5. Чим відрізняються алмазні та CBN-абразивні інструменти?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який надтвердий матеріал доцільно застосувати для чистового точіння загартованої сталі твердістю 60 HRC?

- А. PCD
- Б. PCBN
- В. Латунь

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Для яких матеріалів заготовок доцільно застосовувати PCD-інструмент?

- А. Алюмінієві сплави
- Б. Композитні матеріали
- В. Графіт

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який матеріал доцільно застосувати для високошвидкісного точіння алюмінієвого сплаву з високим вмістом кремнію?

- А. PCD
- Б. Швидкорізальна сталь
- В. Вуглецева інструментальна сталь

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які чинники враховують під час вибору надтвердого інструмента?

- А. Твердість заготовки
- Б. Характер різання
- В. Жорсткість технологічної системи

ТЕМА. СПЕЦІАЛЬНИЙ ТА КОМБІНОВАНИЙ РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Понятійний апарат: спеціальний інструмент, комбінований інструмент, стандартний інструмент, спеціалізований інструмент, фасонний інструмент, профільний інструмент, багатолезовий інструмент, комбіноване свердло, свердло-зенківка, центрувальне свердло, свердло-розгортка, свердло-мітчик, комбінований мітчик, ступінчасте свердло, комбінована розгортка, інструментальна головка, модульний інструмент, групова обробка, продуктивність, переналагодження, універсальність.

1. ПОНЯТТЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ТА КОМБІНОВАНОГО ІНСТРУМЕНТА

Спеціальний різальний інструмент — це інструмент, призначений для виконання конкретної операції або обробки певної поверхні деталі, яка не може бути ефективно оброблена стандартним інструментом.

Комбінований різальний інструмент — це інструмент, який поєднує в одній конструкції дві або більше різальні частини для виконання кількох технологічних переходів за один робочий хід або одне встановлення.

Застосування комбінованого інструмента дає можливість:

- зменшити кількість переходів;
- скоротити допоміжний час;
- підвищити продуктивність;
- забезпечити співвісність поверхонь;
- зменшити кількість інструментальних позицій;
- підвищити повторюваність;
- скоротити кількість перевстановлень заготовки.

2. КЛАСИФІКАЦІЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА

До спеціального інструмента належать:

- фасонні різці;
- фасонні фрези;
- спеціальні розгортки;
- профільні протяжки;
- зуборізні інструменти;
- інструменти для шліцьових поверхонь;
- інструменти для глибоких отворів;
- спеціальні різьбові інструменти;
- інструменти для обробки складних профілів;
- модульні інструментальні системи.

Фасонний інструмент застосовують, коли потрібно забезпечити заданий профіль поверхні за один або кілька проходів.

3. ВИДИ КОМБІНОВАНОГО ІНСТРУМЕНТА

До поширених комбінованих інструментів належать:

- центрувальне свердло;
- свердло-зенківка;
- свердло-розгортка;
- свердло-мітчик;
- ступінчасте свердло;
- комбінована зенківка-цеківка;
- комбінований різець;
- комбінована фреза;
- комбінований інструмент для отворів;
- багатопозиційні інструментальні головки.

Комбіноване свердло та зенківка можуть виконувати дві операції: свердління отвору та формування конічної фаски. [kodiakcuttingtools](http://kodiakcuttingtools.com)

4. КОМБІНОВАНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ОТВОРІВ

Комбіновані інструменти для отворів є поширеним видом спеціального інструмента.

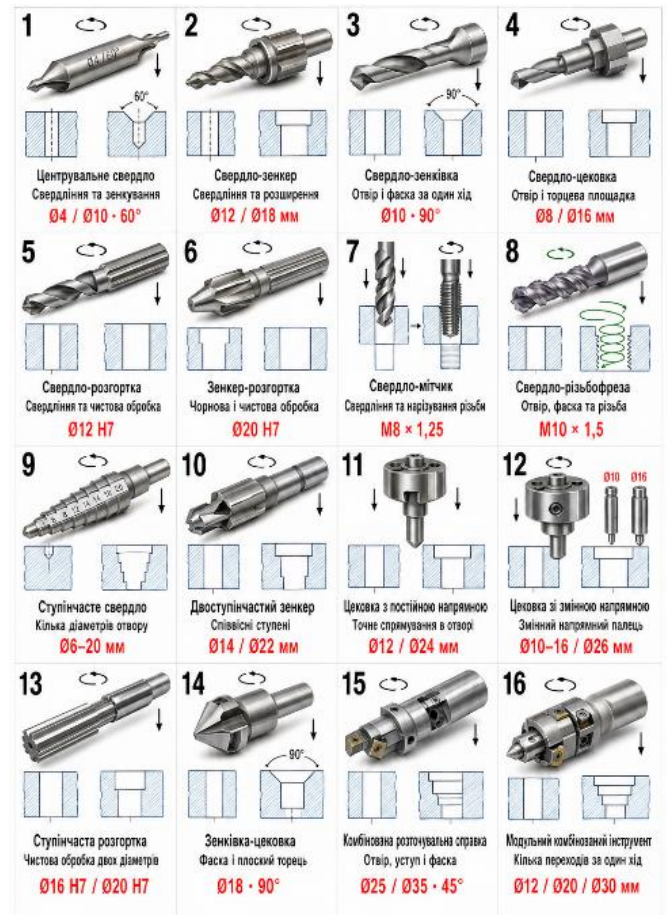
Приклади:

- свердло-зенківка;
- свердло-цеківка;
- свердло-розгортка;
- свердло-мітчик;
- центрувальне свердло;
- комбінована зенківка;
- ступінчасте свердло.

Центрувальне свердло застосовують для утворення центрових отворів і часто поєднує коротке свердло та конічну частину.

Свердло-розгортка може виконувати попереднє свердління й чистову обробку отвору.

Свердло-мітчик дає змогу одним інструментом свердлити отвір і нарізати різьбу. Існують комбіновані інструменти, які поєднують центрування, зенкування, свердління й нарізання різьби, особливо для верстатів із ЧПК та токарно-револьверних автоматів.dcswiss



5. ФАСОННІ ІНСТРУМЕНТИ

Фасонний інструмент має профіль різальної кромки, який відповідає профілю оброблюваної поверхні.

До фасонних інструментів належать:

- фасонні токарні різці;
- фасонні фрези;
- профільні розгортки;
- профільні протяжки;
- фасонні шліфувальні круги.

Переваги фасонного інструмента:

- висока продуктивність;
- точне відтворення профілю;
- зменшення кількості проходів;
- можливість обробки складної форми.

Недоліки:

- складність виготовлення;
- висока вартість;
- обмежена універсальність;
- доцільність переважно в серійному та масовому виробництві.

6. МОДУЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Модульний інструмент складається з окремих взаємозамінних частин:

- державки;
- адаптера;
- подовжувача;
- різальної головки;
- змінної пластини;
- інструментального хвостовика.

Модульні системи дають змогу:

- швидко змінювати інструментальні головки;
- зменшувати номенклатуру державок;
- адаптувати інструмент до різних операцій;
- застосовувати інструмент у верстатах із ЧПК;
- скорочувати час переналагодження.

7. УМОВИ ДОЦІЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Комбінований або спеціальний інструмент доцільно застосовувати, якщо:

- виготовляється велика серія деталей;
- обробляються однотипні поверхні;
- потрібно забезпечити високу співвісність;
- кількість переходів велика;
- допоміжний час значний;
- верстат має обмежену кількість інструментальних позицій;
- потрібне скорочення циклу обробки;
- профіль поверхні складний.

Недоцільно застосовувати дорогий спеціальний інструмент у дрібносерійному або одиничному виробництві, якщо ту саму операцію можна виконати стандартними інструментами без істотної втрати продуктивності.

8. ВИБІР СПЕЦІАЛЬНОГО ТА КОМБІНОВАНОГО ІНСТРУМЕНТА

Під час вибору враховують:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. форму оброблюваної поверхні; | 7. глибину обробки; |
| 2. кількість переходів; | 8. серійність виробництва; |
| 3. матеріал заготовки; | 9. економічний ефект; |
| 4. точність; | 10. можливості верстата; |
| 5. шорсткість; | 11. спосіб кріплення; |
| 6. співвісність поверхонь; | 12. можливість відведення стружки. |

Наприклад, для отвору під гвинт із потайною головкою можна застосувати:

1. окреме свердло;
2. окрему зенківку.

Але в серійному виробництві доцільно застосувати свердло-зенківку, яка виконає отвір і фаску за один робочий хід.

Для нарізання внутрішньої різьби малого діаметра в тонколистовій деталі на верстаті із ЧПК можна застосувати комбінований свердло-мітчик, якщо інструмент і матеріал заготовки відповідають умовам операції.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що називають спеціальним різальним інструментом?
2. Що називають комбінованим різальним інструментом?
3. Які переваги забезпечує комбінований інструмент?
4. Які приклади комбінованих інструментів для отворів ви знаєте?
5. За яких умов доцільно використовувати спеціальний інструмент?

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Який інструмент поєднує операції свердління та утворення конічної фаски?

- А. Свердло-зенківка
- Б. Розгортка
- В. Прохідний різець

2. ОДНЕ ПРАВИЛЬНЕ ПИТАННЯ

Для якого типу виробництва найдоцільніше застосовувати дорогий фасонний спеціальний інструмент?

- А. Серійного або масового
- Б. Одиничного за будь-яких умов
- В. Лише ремонтного

3. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які переваги має комбінований інструмент?

- А. Скорочення кількості переходів
- Б. Скорочення допоміжного часу
- В. Підвищення співвісності поверхонь

4. ДЕКІЛЬКА ПРАВИЛЬНИХ ВІДПОВІДЕЙ

Які інструменти належать до комбінованих?

- А. Свердло-зенківка
- Б. Свердло-мітчик
- В. Свердло-розгортка