

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»,
спеціалізацією «Технологія машинобудування»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Різальний інструмент [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л.М. Данилова, С.В. Лапковський, В.П. Приходько – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – с. 147

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №7 від 27.04.2023 р.)
за поданням Вченої ради Механіко-машинобудівного інституту (протокол №7 від 27.02.2023 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

Різальний інструмент

Автори: *Данилова Людмила Миколаївна, канд. техн. наук, доц.
Лапковський Сергій Вікторович, канд. техн. наук, доц.
Приходько Василь Петрович, канд. техн. наук, доц.*

Відповідальний
редактор *Охріменко Олександр Анатолійович, д-р техн. наук, проф.*

Рецензент: *Кравець Олександр Михайлович, канд. техн. наук, доц.*

У навчальному посібнику розглянуто інструментальне забезпечення технологічних процесів в машинобудуванні, стандартні і спеціальні металорізальні інструменти, доцільність їх застосування для різних умов формоутворення і методи проектування фасонних різальних інструментів. Також викладено методику проведення лабораторних робіт, що побудовані на основі викладеного матеріалу.

Посібник допоможе студентові у підготовці до занять, самостійному виконанні контрольних завдань, оволодінні методикою розв'язування задач в рамках курсу «Різальний інструмент» у вищих інженерних та технічних вузах.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. Різці	7
1.1 Токарні різці	9
1.2 Револьверно-автоматні різці	11
1.2.1. Різці для повздовжнього точіння	11
1.2.2. Різці для прорізних і відрізних робіт	17
1.3. Вибір геометрії різців	18
1.4. Зв'язок між кутами різця в різних перетинах	23
1.5. Конструкції різців з механічним кріпленням пластин із інструментальних матеріалів	25
1.5.1. Багатогранні змінні пластини (БЗП)	26
1.5.1.1. Основні види БЗП і система їх позначення	26
1.5.2. Способи кріплення змінних багатогранних пластин	29
1.5.2.1. Схема механічного кріплення змінних пластин	29
1.5.2.2. Конструкції вузлів кріплення змінних пластин до корпусу інструмента	31
1.5.3. Базування різальних пластин	36
1.5.4. Вибір форми і параметрів установлення багатогранної пластини	37
1.6. Токарні різці для верстатів з ЧПУ	38
1.6.1. Номенклатура токарних різців	38
1.6.2. Різці з механічним кріпленням ріжучої кераміки	40
1.6.3. Різці, оснащені синтетичними надтвердими матеріалами (СНМ)	41
1. 7. Фасонні різці	41
1.7.1. Класифікація фасонних різців	42
1.7.2. Геометричні параметри фасонних різців	44
1.8. Лабораторна робота №1 Дослідження конструкції і геометричних параметрів токарних різців	45
1.9. Лабораторна робота №2 Заточування різців по передній і задній площинам	49
2. Інструменти для оброблення отворів	64
2.1. Свердла	61
2.1.1. Особливості геометрії і конструкції універсального (спірального) свердла	61
2.1.2. Шнекові свердла	65
2.1.3. Свердла зі збільшеним діаметром спинки	67
2.1.4. Спиральні свердла з затилованими стрічками	67
2.1.5. Свердла з механічним кріпленням пластин твердого сплаву	68
2.1.6. Заточування спіральних свердел	69
2.2. Зенкери	71
2.2.1. Конструктивні елементи і геометричні параметри зенкерів	72
2.2.2. Розрахунок виконавчих розмірів зенкерів для циліндричних отворів	73
2.2.3. Конструкції зенкерів з БЗП	74
2.3. Розвертки	75

2.3.1. Конструктивні елементи і геометричні параметри розверток	76
2.3.2. Виконавчі розміри калібруючої частини розверток	78
2.3.3. Деякі конструктивні особливості розверток	79
2.4. Лабораторна робота №3	
Дослідження геометрії спіральних свердел	82
2.5. Лабораторна робота №4	
Заточування свердел по двом площинам	85
3. Інструменти для нарізання різьби	95
3.1. Основні методи нарізання різьби	95
3.2. Різьбові різці	96
3.3. Мітчики	100
3.3.1. Конструктивні елементи мітчиків	101
3.3.2. Розвиток конструкцій мітчиків	102
3.3.5. Заточування мітчиків	105
3.4. Плашки	107
3.5. Різьбові фрези	108
3.6. Різьбонарізні головки	109
3.7. Лабораторна робота №5	
Заточування мітчиків	110
4. Матеріали для виготовлення ріжучого інструменту	114
4.1. Вимоги до властивостей інструментальних матеріалів	114
4.2. Групи й марки інструментальних матеріалів	124
4.3. Лабораторна робота № 6	
Розшифровка марок твердих сплавів	121
5. Фрези	121
5.1. Фрези з гострозаточеними зубами	130
5.1.1. Конструктивні елементи та геометричні параметри фрез	130
5.1.2. Конструктивні особливості деяких типів гострозаточених фрез із швидкорізальної сталі	125
5.1.3. Конструктивні особливості гострозаточених твердосплавний фрез	126
5.1.4. Фрези з механічним кріпленням непереточуваних пластин твердого сплаву та надтвердих матеріалів	127
5.2. Фрези із затилованими зубами	133
5.2.1. Конструктивні особливості затилованих фрез	142
5.2.2. Затилування по логарифмічній спіралі	134
5.2.3. Затилування по спіралі Архімеда	136
5.2.4. Порівняння кривих затилування	137
5.2.5. Задній кут для будь-якої точки профілю зуба затиленої фрези	138
5.3. Плунжерне фрезерування	139
5.4. Лабораторна робота №7 Заточування циліндричних фрез	141
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	146

ВСТУП

На ефективність машинобудівного виробництва впливає ряд чинників і взаємозв'язок між ними. В металообробній машині двигун і передавальний механізм поєднані в єдиний пристрій «верстат», а робочий орган – це інструмент. Отже, це важлива складова металообробної машини і без якісного інструменту не може існувати ніяке виробництво. Тому фахівці, які готуються працювати в металообробній галузі, повинні вміти правильно обирати доцільний різальний інструмент і проектувати спеціальні інструменти. «Проектування різального інструменту» це по-перше створення нової конструкції чи навіть нового виду інструменту, для забезпечення ефективного оброблення створеної конструктором деталі, або по-друге, це вибір необхідного інструменту з існуючого ряду для реалізації розробленої технології. Різальний інструмент можна придбати на спеціалізованих фірмах-виробниках різального інструменту. На спеціальних виробництвах накопичується досвід, застосовуються передові технології, вдосконалюються конструкції. Можна виготовляти різальний інструмент на підприємстві де він планується використовуватись.

Завданнями цього навчального посібника набуття знань студентами з курсу «Різальний інструмент», отримання практичних навичок інструментального забезпечення технологічних процесів машинобудування, розрахунків і конструювання інструментів, а також їх заточування.

Сучасне інструментальне забезпечення формується також на базі інструментів, оснащених багатограничними непереточуваними пластинами, а також на конструкціях, що забезпечують підвищення рівня автоматизації оброблення деталей на верстатах і верстатах з ЧПУ.

Ефективність інструментального забезпечення технологічних процесів залежить від використання теорії формоутворення поверхонь, побудови оптимізаційних математичних моделей інструменту, застосування ЕОМ. Студенти мають використовувати знання з вищої математики, теоретичної і прикладної механіки, опору матеріалів, різання металів, матеріалознавства та ін. Вихідними даними для проектування інструменту є параметри оброблюваної деталі, її матеріал і твердість, форма й розміри оброблюваних поверхонь, вимоги з точності та шорсткості, розміри поверхонь до оброблення, вид оброблення. Оскільки для кожного конкретного випадку можливі різні вирішення поставлених завдань, то спроектований або обраний інструмент повинен оцінюватися за різноманітними критеріями: металоємність і продуктивність інструменту, кількість можливих переточувань, характеристики міцності, собівартість.

Реалізація високих потенційних можливостей верстатів з ЧПУ і досяжна продуктивність значною мірою залежать від правильно обраного різального інструменту, що відповідає особливим вимогам, що пред'являються умовами автоматичної обробки на верстатах з ЧПУ.

Види різальних інструментів

Різальний інструмент - інструмент для обробки різанням, тобто інструмент для формування нових поверхонь відділенням поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки.

Лезовий інструмент

- Різець - Однолезовий інструмент для оброблення з поступальним або обертальним головним рухом різання та можливістю руху подачі у будь якому напрямку.
- Фреза - лезовий інструмент для обробки з обертальним головним рухом різання без зміни радіуса траєкторії цього руху і хоча б з одним рухом подачі, напрям якого не збігається з віссю обертання (крім плунжерної фрези, що є також осьовим інструментом).
- Осьовий різальний інструмент - лезовий інструмент для обробки з обертальним головним рухом різання і рухом подачі вздовж осі головного руху різання.

Свердло - осьовий різальний інструмент для утворення отвору в суцільному матеріалі і (або) збільшення діаметру наявного отвору.

Зенкер - осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми отвору і збільшення його діаметра.

Розвертка - осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми і розмірів отвору і зменшення шорсткості поверхні.

Зенковка- осьовий багатолезовий різальний інструмент для обробки отворів в деталях з метою отримання конічних або зняття фасок центрових отворів.

Цековка - осьовий різальний інструмент для обробки циліндричного та (або) торцевої ділянки отвору заготовки.

- Протяжка - багатолезовий інструмент з рядом послідовно виступаючих одно над іншим лезами, призначений для обробки при поступальному головному русі і відсутності руху подачі.

- Різьбонарізні інструменти - інструменти для утворення різьби, які можна підрозділити на три групи залежно від методу обробки різьби:

- нарізування різьби лезовим інструментом з утворенням стружки: різьбові різці і гребінки; мітчики; різьбонарізні плашки; різьбонарізні головки; різьбові фрези.

- шліфування різьби односторонніми і багаторізними дрібнозернистими шліфувальними кругами;

- накатування різьби : накатні ролики; плоскі накатні плашки; головки з накатними роликами.

- Зуборізний інструмент, металорізальний інструмент для обробки зубчастих коліс, черв'ячних і храпових коліс, шліцьових валиків і ін. деталей із зубами. Залежно від методу зубонарізання застосовують модульні дискові або пальцеві фрези і зуборізні голівки для роботи методом копіювання,

зуборізні гребінки, черв'ячні фрези, довбачі і зубостругальні різці і різцеві голівки для роботи методом обкатки.

Абразивний інструмент - це різальний інструмент, призначений для абразивного оброблення. Залежно від виду використаного абразивного матеріалу розрізняють алмазні, ельборові, електрокорундові, карбідокремнієві та інші абразивні інструменти.

Лезовий інструмент поділяється:

1. За оброблюваним матеріалом
 - Металорізальний інструмент
 - Деревообробний інструмент
2. За оброблюваним елементам
 - Зуборізний інструмент
 - Різьбонарізний інструмент
3. За формою
 - Дисковий різальний інструмент
 - Циліндричний різальний інструмент
 - Конічний різальний інструмент
 - Пластинчастий різальний інструмент
4. По виготовленню
 - Цілісний різальний інструмент
 - Розтискний різальний інструмент - різальний інструмент, в якому передбачено регулювання розміру робочої частини шляхом її деформування
 - Складений різальний інструмент - різальний інструмент із нероз'ємним з'єднанням його частин і елементів
 - Збірний різальний інструмент - різальний інструмент із роз'ємним з'єднанням його частин і елементів
 - Інструментальна головка
5. По застосуванню
 - Ручний різальний інструмент
 - Машинний різальний інструмент
 - Машинно-ручної різальний інструмент
6. За способом кріплення
 - Насадний різальний інструмент
 - Хвостовий різальний інструмент

1. РІЗЦІ

Різець є найбільш розповсюдженим видом різального інструмента, що застосовується на токарних, карусельних, револьверних, стругальних і довбальних верстатах, токарних автоматах і напівавтоматах і спеціальних, наприклад, затилувальних верстатах.

Застосовувані в сучасному машинобудуванні різці можна класифікувати:

за типом верстатного обладнання:

- токарні;
- стругальні;
- довбальні;
- револьверно-автоматні;
- спеціальні;

за способом кріплення різальної частини:

- цілісні, коли головка виготовлена заодно з державкою;
- збірні, з припаяною пластиною або з її механічним кріпленням; з головою, привареною в стик;

- державочні;
- регульовані;

за видом роботи (призначення):

- прохідні (прямі і відігнуті);
- прохідні упорні;
- підрізні;
- відрізні;
- розточувальні;
- фасонні;
- різьбові;

за характером обробки:

- чорнові;
- чистові;
- для тонкого точіння;

за установленням відносно деталі:

- радіальні;
- тангенціальні;

за напрямом подачі:

- праві;
- ліві;

за розташуванням головного різального леза щодо стержня різця:

- прямі;
- відігнуті;
- вигнуті;
- відтягнуті;

за формою перетину державки:

- прямокутні;
- квадратні;
- круглі;

за матеріалом робочої частини:

- з швидкорізальної сталі;
- з твердого сплаву;
- з кераміки;
- з надтвердих матеріалів (ВТМ);

за наявністю пристроїв дроблення стружки .

Взаємне розташування робочої частини і державки різне для різних типів різців: у токарних різців вершина різця зазвичай розташовується на рівні верхньої площини державки, у стругальних- на рівні опорної площини державки, у розточувальних різців з державкою круглого перерізу - по осі корпусу або нижче її. Державка відрізних різців в зоні різання має трохи більшу висоту - для збільшення міцності і жорсткості.

Незважаючи на величезну різноманітність різців, стандартизовано як багато конструкцій різців в цілому, так і їх окремі конструктивні елементи.

Для уніфікації конструкцій і приєднувальних розмірів державок прийнятий наступний ряд їх перетинів, мм: квадратні зі стороною $a = 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40$; прямокутні $16 \times 10; 20 \times 12; 20 \times 16; 25 \times 16; 25 \times 20; 32 \times 20; 21 \times 25; 40 \times 25; 40 \times 32; 50 \times 32; 50 \times 40; 63 \times 50$ (відношення сторін $H/B=1,6$ використовується для напівчистої і чистої обробки, а $H/B = 1,25$ - для чорнової обробки); круглі діаметром від 10 до 40 мм.

Крім того, стандартизовано 150 типорозмірів пластин з швидкорізальної сталі для всіх типів різців, близько 500 типорозмірів твердосплавних напайних пластин, 32 види багатограних непереточуваних пластин (понад 130 типорозмірів).

1.1.Токарні різці

Токарні різці складають найбільш численне сімейство загальної кількості різців. Стандартами передбачається три великі групи різців: різці токарні та стругальні з різальною частиною з швидкорізальної сталі; різці твердо-сплавні токарні та стругальні з напайними пластинами, а також різці з механічним кріпленням пластин з твердого сплаву, кераміки і надтвердих матеріалів.

Розглянемо найбільш типові види токарних різців.

Прохідні різці - прямі і відігнуті, праві і ліві (рис. 1.1, $a-d$) призначені для обробки циліндричних поверхонь. Відігнуті різці більш універсальні, вони дозволяють обробляти також торцеві поверхні з поперечною подачею. Кути $\varphi = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$.

Прохідні упорні різці - праві і ліві (рис. 1.2, a) - призначені для обточування ступінчастих деталей, підрізування торців, буртиків; кут $\varphi = 90^\circ$.

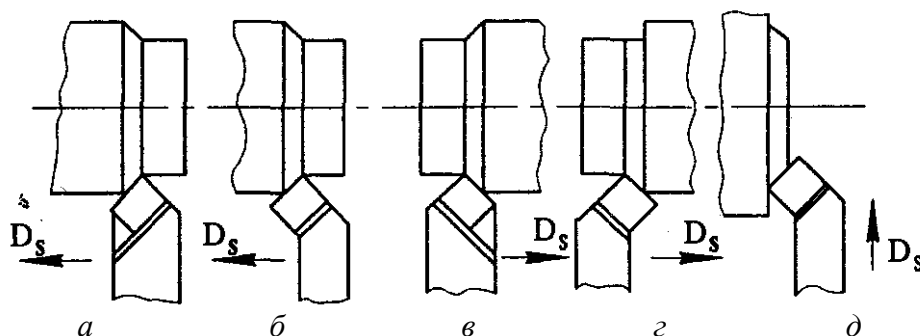


Рис. 1.1. Прохідні різці: a - прямий правий; $б$ - відігнутий правий; $в$ - прямий лівий; $г$ - відігнутий лівий; $д$ - відігнутий різець, що оброблює торцеву поверхню

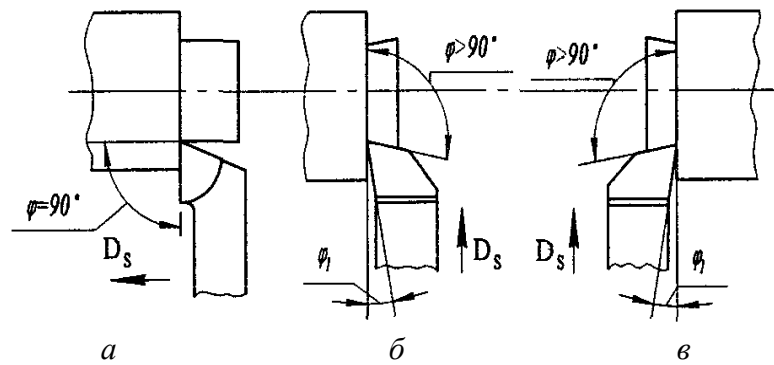


Рис. 1.2. Прохідний упорний і підрізний різці: *а* - правий прохідний упорний різець; *б* і *в* - правий і лівий підрізні різці

Підрізні різці (рис. 1.2, *б*, *в*) призначені для обточування ступінчастих деталей, у тому числі з великим відношенням довжини до діаметра, підрізування торців, буртиків; кути $\varphi \approx 100^\circ$, $\varphi_l \approx 10^\circ$.

Розточувальні різці призначені для збільшення діаметрів попередньо підготовлених отворів. Для обробки наскрізних отворів використовуються різці з кутами в тих же межах (рис. 1.3, *а*).

Недоліком таких різців є більш висока радіальна сила P_y , яка прагне відтиснути різець від оброблюваної поверхні.

Для обробки глухих отворів використовуються різці, показані на рис. 1.3.

Кут φ для таких різців зазвичай вибирається в межах $90 \dots 95^\circ$, що зменшує радіальну складову сили різання до нуля або навіть спрямовує її в сторону оброблюваної поверхні (при $\varphi = 90^\circ$), що може компенсувати втрату розміру при зносі різця. Однак міцність таких різців менше, ніж різців, використовуваних для обробки наскрізних отворів. Тому вони рекомендуються для розточування отвору до упору або в умовах підвищеного зносу, наприклад, для розточування отворів по ливарної кірці.

Різці з кутом $\varphi = 90^\circ$ зручні для розточення отворів малого діаметра (до 15 мм), коли потрібно обробити уступ або дно отвору під кутом 90° до осі і немає можливості дати різцю поперечне переміщення для підрізування торця отвору.

Для обробки отворів великого діаметру і довжини використовуються жорсткі державки (борштанги), в пазу яких прямо або косо закріплюється один або декілька різців круглого або квадратного перетину (рис. 1.3).

Для отримання точних отворів застосовуються борштанги або розточувальні головки спеціальних конструкцій (мікробори), що дозволяють встановлювати розмір інструменту за допомогою мікрометричних гвинтів.

Відрізні (прорізні) різці загального призначення виготовляються з швидкорізальної сталі і твердих сплавів і призначені для відрізання матеріалу під прямим кутом до осі обертання або прорізання вузьких пазів і канавок. Залежно від розташування різальної частини різця відносно корпусу такі різці бувають асиметричні (праві і ліві) і симетричні (рис. 1.4, *а-в*.)

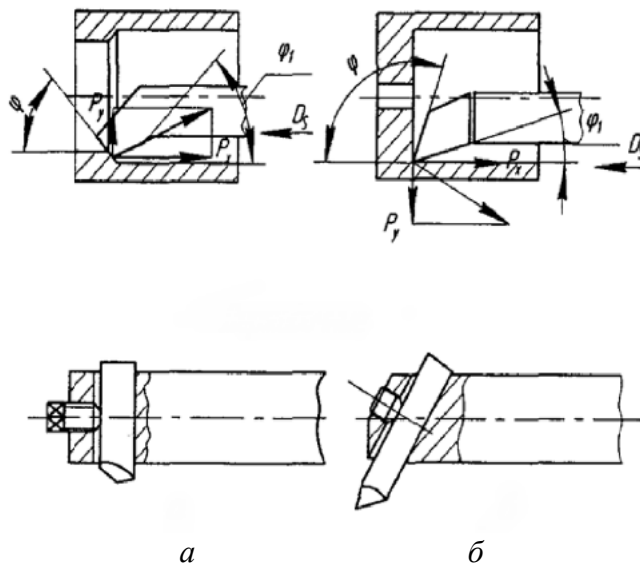


Рис. 1.3. Розточувальні різці цільні і державочні: для наскрізних (а) і для глухих (б) отворів

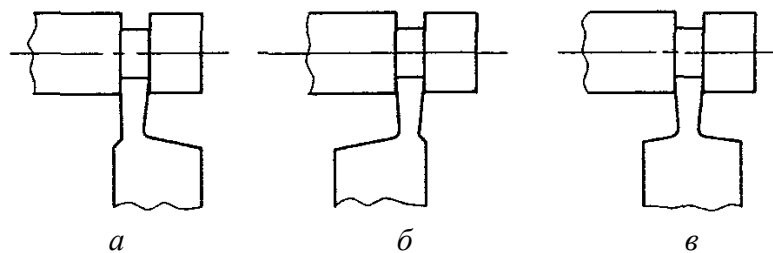


Рис. 1.4. Відрізні (прорізні) різці: а - правий; б - лівий; в - симетричний

1.2.Револьверно-автоматні різці

Під різцями такого типу розуміється інструмент, широко застосовуваний на верстатах токарної групи, використовуваних в умовах серійного і масового автоматизованого виробництва (токарно-револьверні верстати та автомати, верстати з ЧПУ). Спільним для цих верстатів є наявність на поздовжньому супорті револьверної головки з гніздами циліндричної форми. Для поперечних робіт на верстатах, що мають револьверну головку з віссю, перпендикулярною осі шпинделя, використовуються поперечні або балансирні супорти з різцетримачами типу токарних. На верстатах, забезпечених револьверною головкою з віссю, паралельною осі шпинделя, поперечні роботи проводяться шляхом повороту головки навколо своєї осі; при цьому різець рухається в площині, перпендикулярній осі шпинделя, описуючи дугову траєкторію.

1.2.1. Різці для поздовжнього точіння

Автоматні різці для зовнішнього точіння і підрізування торців виготовляються з швидкорізальної сталі, з припаяними пластинами твердого

сплаву, або з механічним кріпленням таких пластин. Залежно від установки щодо деталі ці різці поділяються на радіальні та тангенціальні, що забезпечується як конструкцією державки, так і заточуванням різця.

Типова конструкція державки для радіальних різців, установлюваної в гнізді револьверної головки з віссю, перпендикулярної осі шпинделя, показана на рис. 1.5.

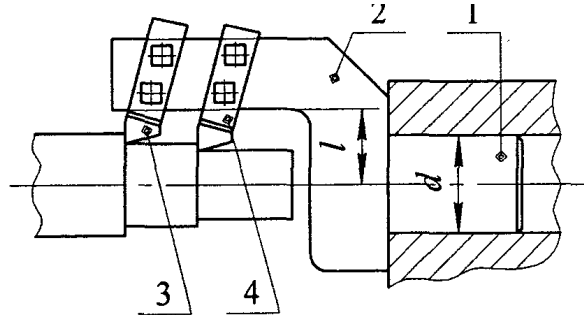


Рис. 1.5. Державка для обточування зовнішніх поверхонь, що встановлюється в гнізді револьверної головки: 1 - хвостовик; 2 - тіло державки; 3 і 4 - різці

У зв'язку із стисненими габаритами державок і робочої зони різці, застосовувані на револьверних верстатах, мають тіло, перетин якого зазвичай менше, ніж на токарних верстатах з такою ж висотою центрів. Стандартний ряд передбачає наступні розміри. Стандартний ряд передбачає наступні розміри (табл.1.1) сторони квадрату і вильоту для прохідних різців.

Таблиця 1.1

Розміри сторони квадрату і вильоту для прохідних різців.

Сторона квадрату a , мм	8	10	12	16	20
Виліт L , мм	50	60	70	80	100

Останні розміри відносяться до важких револьверним верстатів.

Повертаючи державку в циліндричному гнізді револьверної головки, можна отримати різні варіанти установки радіального різця щодо оброблюваної деталі (рис. 1.6).

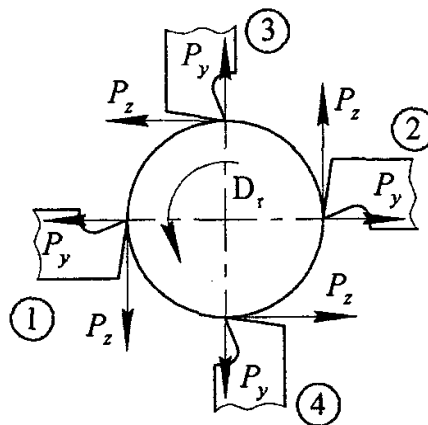


Рис. 1.6. Основні варіанти установаження радіального різця щодо оброблюваної деталі

Варіанти 2 і 4 застосовуються обмежено, так як при варіанті 2 сила P_z прагне відірвати супорт від напрямних, а при варіанті 4 державка може не пройти над поперечним супортом. Для верстатів, які мають вісь револьверної головки перпендикулярну осі шпинделя, найбільш часто зустрічається варіант 3 ("різець по верху"). В цьому випадку сила P_z сприймається механізмом затиску і фіксації револьверної головки, а виникаючі при цьому пружні відтискання спрямовані по дотичній до деталі. На точність оброблюваного діаметру впливають тільки теплові деформації шпиндельної бабки.

Схема 1 найбільш характерна для верстатів, що мають барабанну револьверну головку з віссю, паралельною осі шпинделя (рис. 1.7). Сила P_z притискає супорт до напрямних, підвищуючи жорсткість системи, хоча при цьому дія сил P_y і P_z переноситься на механізм фіксації головки.

Для розточувальних робіт використовуються різці з утримувачами круглого перерізу, встановлювані у втулках з ексцентрично розташованим отвором. Втулки затискаються в гніздах револьверної головки (рис.1.8).

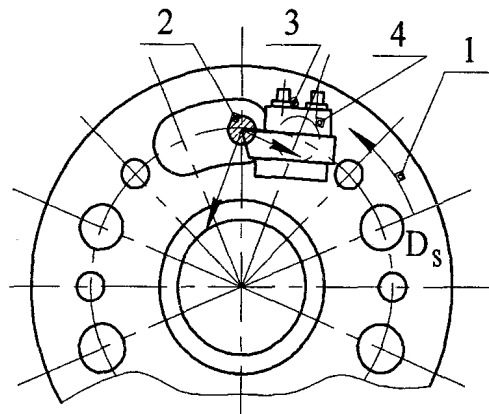


Рис. 1.7. Установка радіального різця на револьверних верстатах з паралельними осями шпинделя і револьверної головки: 1 - револьверна головка; 2 - оброблювана заготовка; 3 - різець; 4 - державка для різця

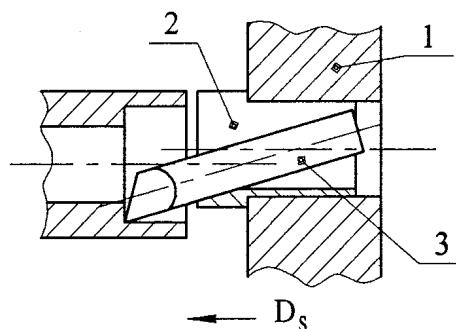


Рис. 1.8. Установка розточувального різця в револьверній голівці:
1 - тіло револьверної головки; 2 - розрізна втулка з ексцентричним отвором;
3 - розточувальний різець

Для розточувальних робіт використовуються різці з утримувачами круглого перерізу, встановлювані у втулках з ексцентрично розташованим отвором. Втулки затискаються в гніздах револьверної головки (рис.1.8).

При тангенціальній установці різця (рис. 1.9) створюється ряд переваг в порівнянні з радіальною:

- сила P_z , спрямована в тіло різця, створює на утримувачі менший, ніж при радіальній установці, згинальний момент, у зв'язку з чим можна вести оброблення з більш інтенсивними режимами різання;
- по тій же причині система "різець-утримувач-супорт" є більш вібростійкою, що знижує шорсткість обробленої поверхні;
- простота заточування; заточування проводиться тільки по передній поверхні, а задній кут забезпечується установленням різця в утримувачі;
- відтискання утримувача, викликане дією сили P_z , практично не впливає на похибку оброблення, так як воно діє по дотичній. На revolverних верстатах з барабанною revolverною головкою, де тангенціальні різці встановлюються вершиною по горизонтальній осі деталі (Рис.1.7), послаблюється також вплив теплових деформацій шпиндельної бабки верстата на точність оброблення.

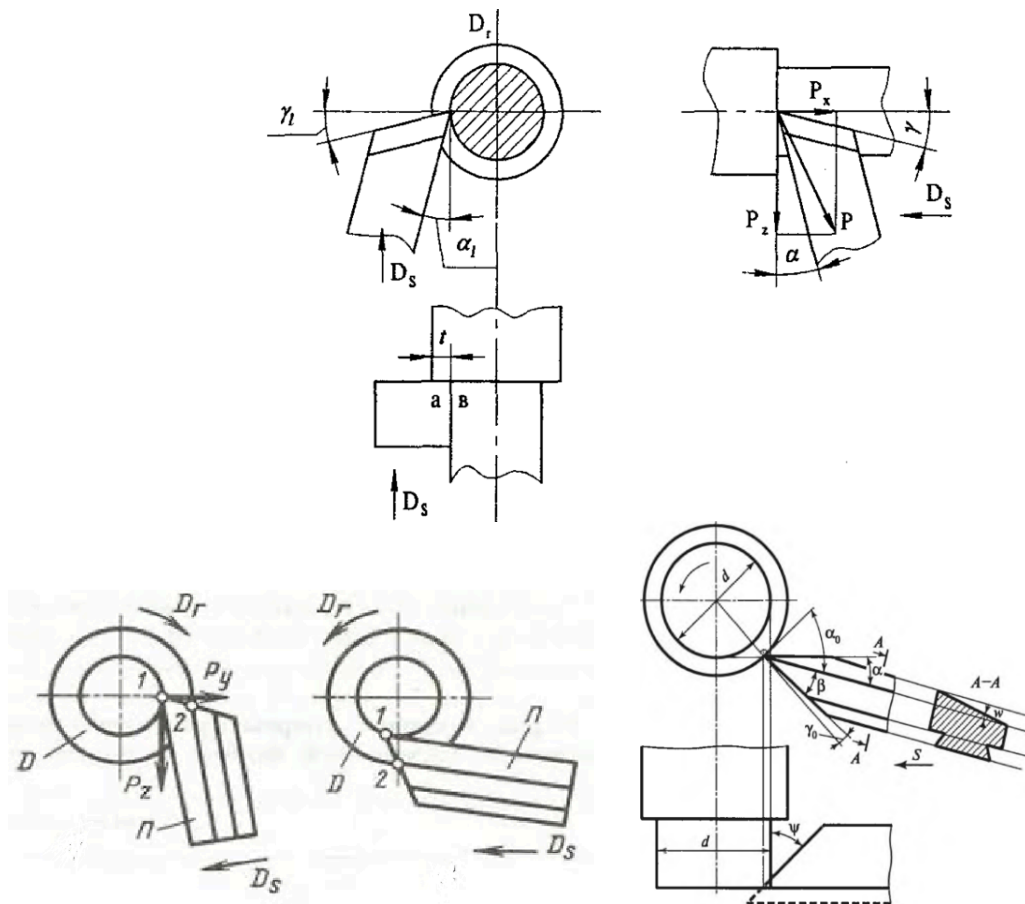


Рис. 1.9. Установлення тангенціального різця щодо оброблюваної деталі

Врізання тангенціального різця на глибину може бути виконано, як показано на рис. 1.9, що дозволяє, в принципі, обточити і торець деталі під кутом 90° до осі. Тангенціальні різці можуть бути виконані з кутом $\varphi < 90^\circ$, при цьому його конструкція ускладнюється за рахунок більш складного заточення передньої поверхні (рис.1.10).

Правильне положення тангенціального різця щодо заготовки можна отримати і за рахунок його установки в спеціальній тангенціальній державці.

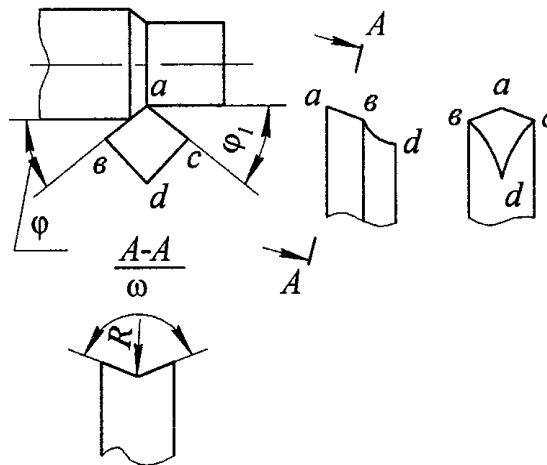


Рис. 1.10. Тангенціальний різець з кутом $\varphi < 90^\circ$ із спеціальним заточуванням передньої поверхні (мм)

На верстатах з револьверною головкою, що має вісь, паралельну осі шпинделя, за допомогою тангенціальних різців можна виконувати поздовжнє точіння за буртом. В цьому випадку різець працює спочатку як прорізний, а потім як прохідний (рис. 1.11), при цьому спочатку працює лезо bc , а потім ab .

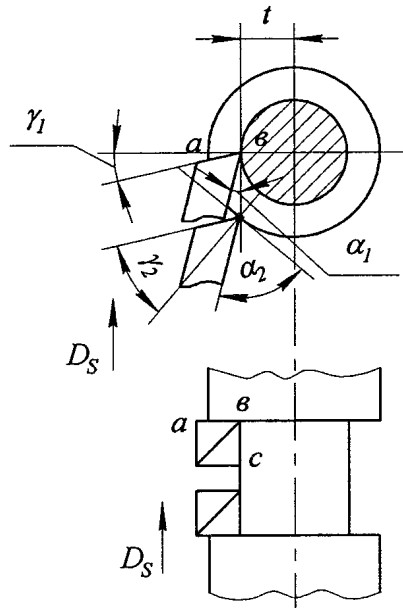


Рис.1.11. Робота тангенціального різця при врізанні і обточуванні за буртом: α_1, γ_1 - задній і передній кути в кінці врізання при поздовжньому точінні; α_2, γ_2 - задній і передній кути на початку врізання

При великій глибині різання t кути α_2 і γ_2 в момент врізання різко відрізняються від кутів α_1 і γ_1 . Наведемо залежності для кутів α_2 і γ_2 (рис. 1.12):

$$\begin{aligned}\gamma_2 &= \omega + \gamma_1 - 90^\circ, \\ \alpha_2 &= 90^\circ - (\omega - \alpha_1), \\ \sin \omega &= \frac{r_1}{r_1 + t}.\end{aligned}$$

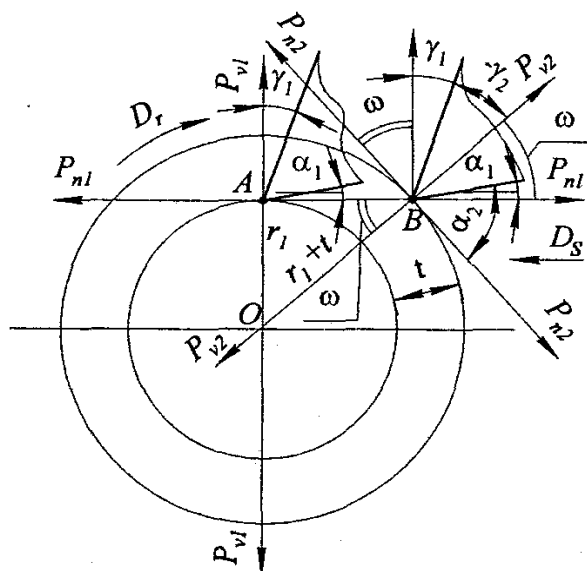


Рис. 1.12. Зміна переднього і заднього кутів при врізанні тангенціального різця: α_2 , γ_2 - задній і передній кути на початку врізання

Чим більше припуск t , тим менше кут ω . Тому при збільшенні t від'ємне значення кута γ_2 зростає так само, як і зростає позитивне значення кута α_2 . Такі зміни кутів істотно погіршують умови різання. Якщо прийняти в якості граничного випадку задовільних умов різання $\gamma_2 = 0$, то отримуємо:

$$\begin{aligned} 0 &= \omega + \gamma_1 - 90^\circ, \\ \omega &= 90^\circ - \gamma_1, \\ \arcsin \frac{r_1}{r_1 - t} &= 90^\circ - \gamma_1, \\ \frac{r_1}{r_1 - t} &= \sin(90^\circ - \gamma_1) = \cos \gamma_1, \\ t &= \frac{r_1 - r_1 \cos \gamma_1}{r_1 \cos \gamma_1}. \end{aligned}$$

Ця величина є граничним припуском, перевищення якого призводить до негативного значення кута γ_2 при різанні тангенціальними різцями. Тому різці цього типу зазвичай використовуються при роботі з невеликими припусками, щоб не надто різнилися умови різання на початку і кінці обробки.

Тангенціальні різці для автоматно-револьверних робіт виконуються тільки квадратного перетину (табл. 1.2.).

Таблиця 1.2.

Розміри тангенціальних різців.			
Сторона квадрата a , мм	8	10	12
Граничний виліт L , мм	60	65	70

1.2.2. Різці для прорізних і відрізних робіт

Конструкція прорізних і відрізних різців, що встановлюються на поперечних супортах токарно-револьверних автоматів і токарно-револьверних верстатів, що мають револьверну головку з перпендикулярною

осі шпинделя віссю обертання, може не відрізнятися від аналогічних за призначенням різців для токарних верстатів. Однак переважне використання на розглянутих верстатах пруткових заготовок втілило в життя специфічну конструкцію відрізних різців, які не тільки відрізають оброблену деталь від прутка, але і обробляють торець заготовки для подачі її до упору. На цьому торці не повинно бути "бобишки" в центрі, а по зовнішньому діаметру повинна бути знята фаска (рис. 1.13). Особливість такого різця - наявність кута $\varphi = 75...80^\circ$.

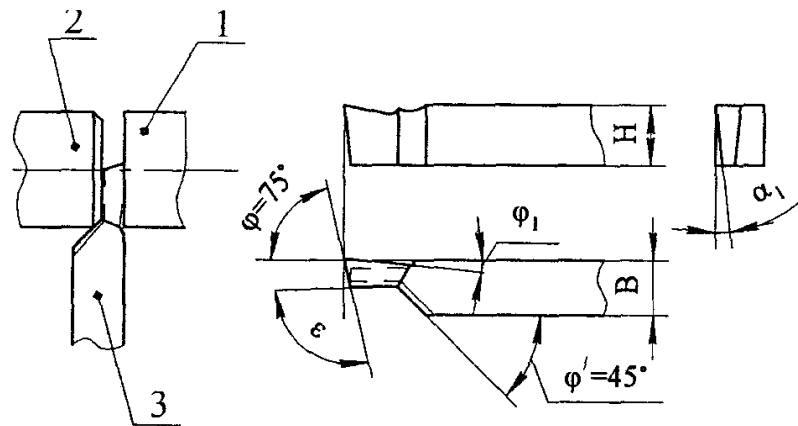


Рис. 1.13. Різець для відрізки деталі від пруткової заготовки: 1 відрізається деталь; 2 - пруткова заготовка; 3 - допоміжне лезо

Скошена різальна кромка дозволяє зрізати конічну бобишку, що залишається після відрізки обробленої деталі. Збільшений кут сприяє зниженню шорсткості на поверхні торця; допоміжна різальна кромка 3 одночасно обробляє фаску на деталі. Розміри таких різців дані у табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

Стандартні розміри різців для прорізних і відрізних робіт.

$B \times H$, мм	8×8	10×10	12×12
Виліт L , мм	100	120	150

Для верстатів, забезпечених револьверною головкою з віссю, паралельною осі шпинделя, державка з відрізним різцем встановлюється в гнізді револьверної головки поруч з пазом. Різець отримує кругове поперечне переміщення за рахунок обертання револьверної головки (рис. 1.14).

При такій схемі відрізки можуть бути використані різці, показані на рис. 1.13, хоча для них необхідні досить громіздкі державки. Більш компактне рішення забезпечують пластинчасті відрізні різці з швидкорізальної сталі (рис. 1.15). Стандартні розміри пластинчастих різців наведені в табл. 1.4.

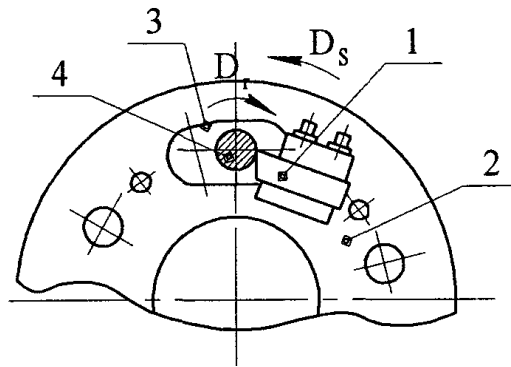


Рис. 1.14. Схема відрізки деталі на верстаті з револьверною голівкою, вісь якої паралельна осі шпинделя: 1 - відрізний різець; 2 - револьверна голівка; 3 - паз, 4 - заготованка

Таблиця 1.4.

Розміри пластинчастих різців.

B , мм	3	4	4	5	5	5
H , мм	12	18	24	12	25	30
Виліт L , мм	100...125	125	150...180	125...150	125...150	200

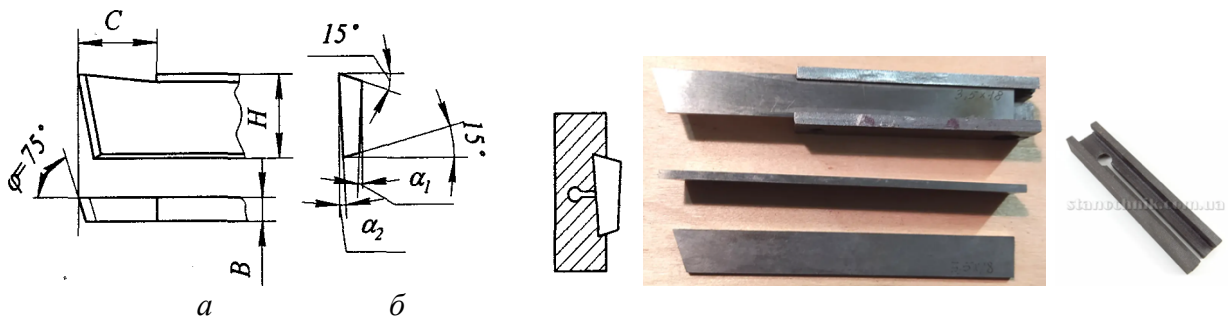


Рис. 1.15. Відрізний пластинчастий різець: а - ескіз різця; б - схема кріплення різця в державці

1.3. Вибір геометрії різців

Незважаючи на те, що різець по конструкції є порівняно простим інструментом, до нього пред'являється ряд серйозних вимог, які покликані забезпечити високу продуктивність і точність оброблення:

- правильний вибір матеріалу різальної частини різця;
- правильний вибір геометрії різальної частини;
- міцність і вібростійкість державок і різальних кромок;
- правильний вибір форми і розмірів пластини інструментального матеріалу;
- правильний вибір способу і конструкції кріплення пластини інструментального матеріалу (для пластин з механічним кріпленням);
- правильний вибір способу стружколанання;

- правильний вибір розмірів, шорсткості, геометрії та конструкції гнізда для кріплення пластини інструментального матеріалу.

Перераховані фактори так само, як матеріал і стан заготовки оброблюваної деталі, вимоги до точності, шорсткості поверхні і продуктивності обробки, визначають вибір оптимальних режимів різання - глибини, подачі і швидкості різання.

Загальні міркування щодо вибору геометричних параметрів різця

Вибір геометричних параметрів повинен відповідати деяким критеріям, головними з яких є:

- стійкість інструменту, або час утворення на його задній або передній поверхні допустимої величини площадки зносу;

- розмірна стійкість інструменту, або припустима зміна його настроювального розміру, що особливо важливо в умовах роботи автоматизованого обладнання та ГПС;

- підтримка заданої шорсткості обробленої поверхні;

- зменшення амплітуди автоколивань, породжуваних процесом різання.

Ці критерії в багатьох випадках суперечливі. Тому завдання вибору оптимальних геометричних параметрів є багатокритеріальною задачею оптимізації, рішенням якої завжди є певний компроміс, який досягається з урахуванням вагомості кожного окремого критерію для конкретних випадків оброблення. Наприклад, при вільному точінні сталі 30ХГСА різцями з пластинами Т15К6 збільшення кута λ від 0 до 30^0 призводить до зміни оптимального значення переднього кута γ від - 1 до - 6^0 , а оптимального значення α від +9 до + 13^0 .

Розглянемо основні геометричні параметри різця з урахуванням сказаного вище.

Задній кут

Призначення заднього кута α - зменшити тертя задньої поверхні о заготовку та забезпечити безперешкодне переміщення різця по оброблюваній поверхні.

Вплив величини заднього кута на умови різання обумовлено тим, що на різальну кромку з боку заготовки діє нормальна сила пружного відновлення поверхні різання і сила тертя.

При збільшенні заднього кута зменшується кут загострення і тим самим знижується міцність леза, зростає шорсткість обробленої поверхні, погіршується тепловідвід в тіло різця.

При зменшенні заднього кута збільшується тертя об оброблювану поверхню, що призводить до збільшення сил різання, збільшується знос різця, зростає тепловиділення на поверхні контакту, хоча і поліпшуються умови тепловіддачі, зростає товщина деформованого шару на оброблюваній поверхні. При настільки суперечливих умовах повинен існувати оптимум для величини заднього кута в залежності від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, матеріалу різального леза і параметрів зрізуваного шару. Досліди показують, що оптимальне значення заднього кута

визначається головним чином, товщиною зрізу, яка, як відомо, пов'язана з подачею співвідношенням

$$a = S \sin \varphi,$$

де φ - головний кут в плані.

Оптимальний за стійкістю задній кут α зростає зі зменшенням товщини зрізу. Для пластичних матеріалів значення кута можна визначити за формулою, запропонованою проф. М.Н. Ларіним:

$$\alpha = \arcsin \frac{0,13}{a^{0,3}}$$

де α - задній кут виражений в градусах;

a - товщина зрізу виражена в міліметрах.

Вплив властивостей оброблюваного матеріалу на задній кут такий, що при обробленні твердих матеріалів високої міцності величини задніх кутів знижуються, а при обробленні легких сплавів - збільшуються.

В довідниках наводяться усереднені значення оптимальних величин кутів, підтверджені результатами промислових випробувань. Рекомендовані значення задніх кутів різців приведені в табл.1.5.

Таблиця 1.5

Рекомендовані значення задніх кутів

Оброблюваний матеріал	Кут α , град
Прохідні і підрізні різці при $S \geq$ мм / об	
Легкі і кольорові сплави	12...20
Чавуни, вуглецеві, леговані і інструментальні сталі	8...10
Теплотривкі і корозійно-стійкі сталі	8
Жароміцні сталі	6
Жароміцні і жаростійкі сплави на нікелевій основі, високоміцні сталі	10
Відрізні різці	
Кольорові сплави	12...20
Чорні метали та сплави	8...10

У ряді специфічних випадків, наприклад, у фасонних різців, задній кут α доводиться приймати малим, порядку 1,5 ... 2°.

Передній кут

Призначення переднього кута γ - зменшити деформацію зрізаного шару і полегшити схід стружки. Вплив величини переднього кута на умови різання: збільшення кута γ полегшує процес різання, знижуючи сили різання. Однак у цьому випадку знижується міцність різального клину і погіршується тепловідвід в тіло різця. Зменшення кута γ підвищує стійкість різців, в тому числі розмірну.

На величину переднього кута і форму передньої поверхні великий вплив мають не тільки фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, а й

властивості інструментального матеріалу. Застосовуються плоска і криволінійна (з фасками або без них) форми передньої поверхні (рис. 1.16).

Плоска передня поверхня застосовується для різців всіх типів інструментальних матеріалів, при цьому у леза заточується зміцнююча фаска під кутом $\gamma_f = 0...5^\circ$ для різців зі швидкорізальної сталі і $\gamma_f = -5...-10^\circ$ для різців з твердих сплавів, всіх видів кераміки і синтетичних надтвердих матеріалів.

Ширина фаски f зазвичай береться рівною $0,3S$, де S - подача на оберт, але не більше 0,25 мм. Фаска застосовується при товщинах зрізу $a \geq 0,25$ мм. При $a < 0,25$ мм замість фаски виконується притуплення кромки радіусом $\rho \leq 0,2$ мм.

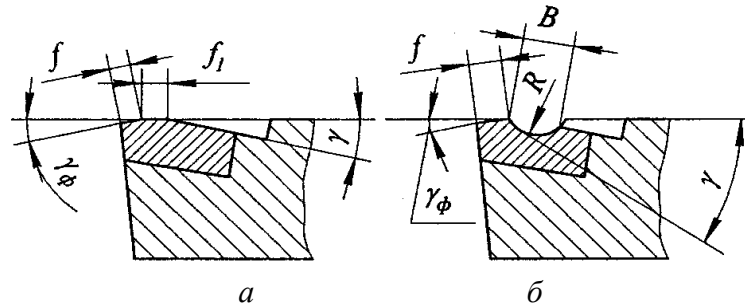


Рис. 1.16. Форма передньої поверхні різців: а - плоска з фаскою; б - криволінійна з фаскою

В цілому із збільшенням міцності і твердості оброблюваного матеріалу передній кут необхідно зменшувати, а з підвищенням міцності інструментального матеріалу - збільшувати.

Для роботи у важких умовах (різання з ударами, з нерівномірним припуском, при обробленні твердих і загартованих сталей), при використанні твердих і крихких різальних матеріалів (мінералокераміка, надтверді синтетичні матеріали, тверді сплави з малим вмістом кобальту) різці можуть обиратись з плоскою передньою поверхнею, без фаски з негативним переднім кутом $\gamma = -5...-25^\circ$.

Різці з швидкорізальної сталі і твердих сплавів з плоскою передньою поверхнею без фаски з $\gamma = 8...15^\circ$ застосовуються для оброблення крихких матеріалів, що дають стружку надлому (чавун, бронза).

Слід враховувати, що при різанні з $\gamma < 0$ сили різання зростають, і створюються більш сприятливі умови для виникнення вібрацій.

Криволінійна передня поверхня з фаскою (або без неї) застосовується на різцях, оброблюючих в'язкі матеріали, що дають зливну стружку. Викружка радіусом R сприяє завиванню і дробленню стружки і видаленню її із зони різання.

Розміри викружки залежать від товщини зрізуваного шару: чим більше товщина зрізу, тим більше радіус R і ширина викружки. Для даної форми передньої поверхні необхідно прийняти таку геометрію: $\gamma = 25...30^\circ$ для швидкорізальних різців і $\gamma = 16...20^\circ$ - для твердосплавних різців.

При малій товщині зрізу, наближеній до величини радіуса округлення різальної кромки ρ , величина переднього кута γ практично не впливає на

процес різання, так як деформування зрізаного шару і перетворення його в стружку виконується закругленою кромкою радіусом ρ . В цьому випадку передні кути γ для всіх типів інструментальних матеріалів приймаються в межах $0 \dots 5^\circ$.

Величина переднього кута γ істотно впливає на стійкість різців. Так, відхилення величини переднього кута на 5° від рекомендованих оптимальних значень може викликати зниження стійкості різців майже в три рази.

Головний кут в плані

Призначення головного кута в плані φ - змінювати співвідношення між шириною і товщиною зрізу при постійних глибині різання t і подачі s

Зменшення кута φ підвищує міцність вершини різця, покращує тепловідведення, підвищує стійкість, але збільшує складові сили різання P_z і P_y , збільшує відтискання і тертя об оброблювану поверхню, створює умови для виникнення вібрацій. При збільшенні φ стружка стає товще і краще ламається.

Ці дані свідчать про те, що вибір величини кута φ диктується умовами оброблення: точіння напрохід, підрізання торця і т.п. Конструкції різців, особливо з механічним кріпленням твердосплавних пластин, передбачають ряд значень кута φ : 90° ; 75° ; 63° ; 60° ; 50° ; 45° ; 35° ; 30° ; 20° ; 10° , що дозволяє підібрати кут φ , найбільш відповідний до конкретних умов.

Різці з кутами $\varphi = 10 \dots 20^\circ$ можна застосовувати при обробленні масивних деталей на важких жорстких верстатах, що вигідно з точки зору отримання найбільшої стійкості. При обробленні нежорстких деталей слід працювати з кутами $\varphi = 60 \dots 75^\circ$; при наявності на деталях ступенів з торцями, перпендикулярними осі, використовують різці з $\varphi = 90^\circ$.

Допоміжний кут в плані φ_1 і радіус округлення вершини різця r_b

При зменшенні кута φ_1 шорсткість обробленої поверхні знижується. До ще більшого зниження шорсткості призводить округлення вершини різця радіусом $r_b = 0,2 \dots 2$ мм. Зменшення φ_1 так само, як збільшення r_b , покращує тепловідведення, завдяки чому зростає стійкість різця, хоча при цьому і підвищується сила P_y . Найбільше зниження шорсткості оброблення дає введення при вершині різця додаткового леза з $\varphi_1 = 0$ і довжиною не менше $1,2S$.

Кут нахилу різальної кромки

Міняючи величину і знак кута нахилу різальної кромки λ , можна керувати напрямком сходу стружки з передньої поверхні різця і умовами контакту різця і заготовки. Кут λ дуже впливає на процес стружкоутворення і співвідношення складових P_z , P_y , P_x за рахунок появи сил, що діють уздовж різальної кромки, на рівномірність процесу різання і напрямку сходу стружки.

При $\lambda > 0$ місце контакту зміщене від вершини різця, що сприяє зміцненню кромки і поліпшенню умов тепловідведення. Тому $\lambda = +12 \dots 15^\circ$ рекомендується застосовувати при чорновій обробці і при переривчастому різанні з ударами. При точінні загартованої сталі кут λ підвищується до $+25 \dots +35^\circ$; для стругальних різців $\lambda = +10 \dots +15^\circ$. Однак при $\lambda > 0$ збільшується

шорсткість обробленої поверхні і погіршуються умови різання на вершині і допоміжній кромці, так як в цих місцях зменшуються значення передніх кутів. Крім того, стружка сходиться на оброблену поверхню, що може викликати її пошкодження. Тому при чистовому точінні різці з позитивними кутами λ не застосовуються. Для цих умов приймають зазвичай різці з $\lambda \leq 0$. Токарні різці універсального призначення зазвичай мають $\lambda = 0$; виняток становлять прохідні і підрізні різці, оснащені пластинками з мінералокераміки, в яких $\lambda = 0 \dots 5^\circ$ у зв'язку з підвищеною крихкістю цього матеріалу.

1.4. Зв'язок між кутами різця в різних перетинах

Геометричні параметри різців згідно їх стандартним визначенням вимірюються в різних перетинах і прив'язані до умов різання. Однак різці необхідно виготовити так, щоб дотримати прийняті величини геометричних параметрів з необхідною точністю. Технологічні бази обробки, заточування і контролю різців не збігаються з базами, від яких задається більшість геометричних параметрів. Тому необхідно вміти виражати геометричні параметри, задані від технологічних баз, через параметри, задані з умов оптимального різання в відповідних перетинах.

Для зручності виготовлення, заточування і контролю передній і задній кути задають в поздовжньому перетині AN або в поперечному P_sPs : $\gamma_{повзд}$, $\alpha_{повзд}$ і $\gamma_{поп}$, $\alpha_{поп}$, (рис. 1.17).

Отримаємо залежності для розрахунку поздовжніх і поперечних передніх і задніх кутів різця за умови, що відомі кути в головній січній площині γ і α і кут нахилу головної різальної кромки λ не дорівнює нулю. Розташуємо в передній поверхні вектори A_1C_1 , A_2C_2 , A_3C_3 , і A_4C_4 , що виходять з точки A на різальний кромці (див. рис. 1.17), і визначимо їх величини через проекції на координатні осі відповідно до залежності

$$\vec{a} = \vec{i}a_x + \vec{j}a_y + \vec{k}a_z,$$

де $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - одиничні вектори;

a_x, a_y, a_z - координати вектора $\vec{a}$.

Беручи модулі всіх векторів, що лежать в основній площині, рівними одиниці, тобто $|\overrightarrow{A_1B_1}| = 1$; $|\overrightarrow{A_2B_2}| = 1$; $|\overrightarrow{A_3B_3}| = 1$; $|\overrightarrow{A_4B_4}| = 1$; отримаємо:

$$\begin{aligned} \overrightarrow{A_1C_1} &= \overrightarrow{A_1B_1} + \overrightarrow{B_1C_1} = \vec{j} - \vec{k} \cdot \tan \gamma, \\ \overrightarrow{A_2C_2} &= \overrightarrow{A_2B_2} + \overrightarrow{B_2C_2} = \overrightarrow{AN} + \overrightarrow{B_2C_2} = \overrightarrow{AD} + \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{B_2C_2} \\ &= \vec{i} \sin \varphi + \vec{j} \sin \varphi - \vec{k} \cdot \tan \gamma_{пов}, \\ \overrightarrow{A_3C_3} &= \overrightarrow{A_3B_3} + \overrightarrow{B_3C_3} = \overrightarrow{AF_3} + \overrightarrow{B_3C_3} = \overrightarrow{AE} + \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{B_3C_3} \\ &= \vec{i} \cos \varphi + \vec{j} \sin \varphi - \vec{k} \cdot \tan \gamma_{пов}, \\ \overrightarrow{A_4C_4} &= \overrightarrow{A_4B_4} + \overrightarrow{B_4C_4} = \vec{i} \pm \vec{k} \cdot \tan \lambda. \end{aligned}$$

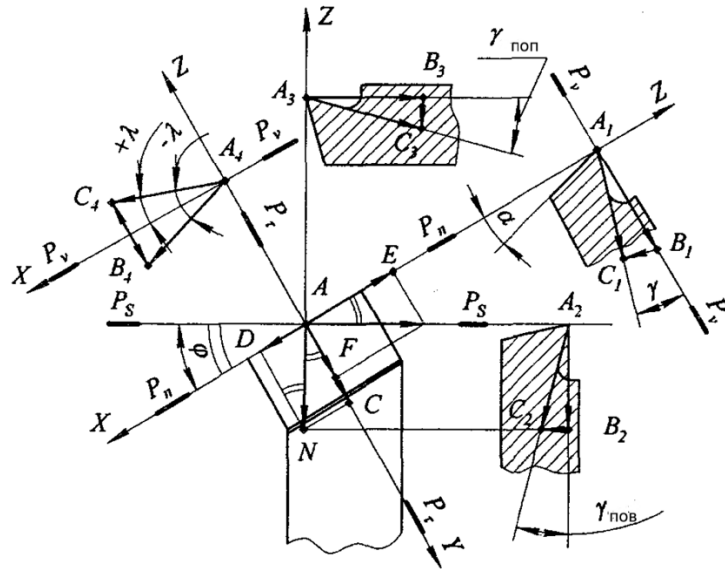


Рис.1.17.Схема к розрахунку кутів різця в різних перетинах

Так як вектори $\overrightarrow{A_i C_i}$ колінеарні, то їх змішані добутки дорівнюють нулю, тобто

$$\overrightarrow{A_1 C_1} \cdot \overrightarrow{A_2 C_2} \cdot \overrightarrow{A_4 C_4} = 0, \quad \overrightarrow{A_1 C_1} \cdot \overrightarrow{A_3 C_3} \cdot \overrightarrow{A_4 C_4} = 0.$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & -tg\gamma \\ \sin\varphi & \cos\varphi & -tg\gamma_{пов} \\ 1 & 0 & \pm tg\gamma \end{vmatrix} = 0,$$

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & -tg\gamma \\ -\cos\varphi & \sin\varphi & -tg\gamma_{пов} \\ 1 & 0 & \pm tg\lambda \end{vmatrix} = 0.$$

Розкриваючи визначники, після перетворень отримаємо:

$$tg\gamma_{пов} = tg\gamma \cos\varphi \pm tg\lambda \sin\varphi, \\ tg\gamma_{поп} = tg\gamma \sin\varphi \pm tg\lambda \cos\varphi.$$

Розташовуючи аналогічним чином вектори по задній поверхні і вважаючи, що їх проекції в площині різання по модулю рівні одиниці, після математичних процедур отримаємо:

$$ctg\alpha_{пов} = ctg\alpha \cdot \cos\varphi \pm tg\lambda \cdot \sin\varphi, \\ ctg\gamma_{поп} = tg\alpha \cdot \sin\varphi \pm tg\lambda \cdot \cos\varphi.$$

1.5. Конструкції різців з механічним кріпленням пластин з інструментальних матеріалів

Сучасне автоматизоване виробництво пред'являє до різального інструменту такі вимоги, як надійність, точність, пристосованість до автоматизації. Цим вимогам відповідає збірний інструмент з механічним кріпленням різальних пластин. Заміна складеного, зокрема напайного

інструменту, збірним є однією з найважливіших тенденцій розвитку технології в машинобудуванні.

Відмінні особливості конструкції сучасних інструментів можна звести до наступного:

- використання в якості різальних елементів механічно закріплених багатогранних змінних непереточуваних пластин (БНП);
- застосування при виготовленні інструменту БНП з твердого сплаву, ріжучої кераміки і надтвердих синтетичних матеріалів (ЗТБ змінні твердосплавні багатогранні);
- підвищення точності виконавчих розмірів, форми і взаємного розташування як робочих, так і кріпильних поверхонь і ріжучих елементів;
- особливе конструктивне виконання приєднувальних місць інструментів;
- розробка різних модульних систем інструментів.

Реалізація високих потенційних можливостей верстатів з ЧПУ і досяжна продуктивність значною мірою залежать від правильно обраного різального інструменту, що відповідає особливим вимогам, що пред'являються умовами автоматичної обробки на верстатах з ЧПУ.

1.5.1. Багатогранні непереточувані пластини

Тверді сплави, ріжуча кераміка і надтверді інструментальні матеріали є основними матеріалами, використовуваними для оснащення ріжучої частини інструментів в автоматизованому виробництві, в тому числі на верстатах з ЧПУ і ГПС. На універсальному обладнанні в даний час широко використовуються різці з напайною робочою частиною, або цілком виготовлені з інструментального матеріалу. Для автоматизованого обладнання застосування напайного інструменту нераціонально через великі втрати часу на його заміну.

Новий підхід, характерний для організації інструментального забезпечення сучасного металообробного обладнання, полягає в застосуванні багатогранних непереточуваних пластин, що механічно закріплюються на корпусах різальних інструментів. Створення БНП дозволило зробити якісний стрибок у розвитку інструменту.

По-перше, інструменти з механічним кріпленням БНП не вимагають заточування, так як геометрія інструменту забезпечується формою пластинки і її відповідною установкою в корпусі, а після затуплення пластина повертається новою різальною кромкою. Це зменшує час на заміну інструменту, підвищує якість інструменту, так як зменшується можливість появи тріщин. По-друге, з'являється можливість багаторазового використання державки інструменту, що дозволяє підвищити якість і точність виготовлення державок, застосувати термообробку, антикорозійні і декоративні покриття, удосконалювати конструкції державок і корпусів. По-третє, відсутність пайки виключає можливість появи напружень і мікротріщин, що підвищує термін служби пластин. По-четверте, скорочуються втрати вольфраму, танталу, титану і кобальту за рахунок вторинного використання твердосплавних

пластин. По-п'яте, з'являється можливість ефективного застосування для інструментів ріжучих матеріалів, які погано піддаються пайці (безвольфрамкові тверді сплави і ріжуча кераміка).

1.5.1.1. Основні види БНП і система їх позначень

Багатогранні твердосплавні пластини поділяються на ріжучі; опорні і стружколоми.

Перша група безпосередньо бере участь в процесі різання оброблюваного матеріалу, друга служить опорою для пластин першої групи, забезпечує їх більш точне базування і збільшує загальний термін служби державки. Стружколомом дозволяють дробити стружку, коли це неможливо зробити іншими способами.

Різальні пластини розрізняють по конструкції, точності виготовлення і розмірам. За першою ознакою розрізняють тип пластини, форму, вид різальної кромки. Основні типи пластин показані на рис.1.18, а. Вони поділяються за такими конструктивними ознаками:

- по числу робочих граней - односторонні (R, M) і двосторонні (N, A, F, G);
- за формою передньої поверхні - з плоскою гранню (N, A) і стружколомаючими канавками (R, M, F, G);
- за наявністю отвору - без отвору (M, F, G) і з отвором (A, M, G);
- за наявністю заднього кута - пластини з заднім кутом, рівним нулю (N), і з кутом більше нуля (рис. 1.18, б).

За формою (рис. 1.18, в) пластини діляться на рівносторонні і рівнокутні (Y, P, O, R, S, T); рівносторонні і нерівнокутні (C, D, E, M, V, W); нерівносторонні і нерівнокутні (A, B, K, F). Кожному буквеному позначенню відповідає кут при вершині (табл.1.6).

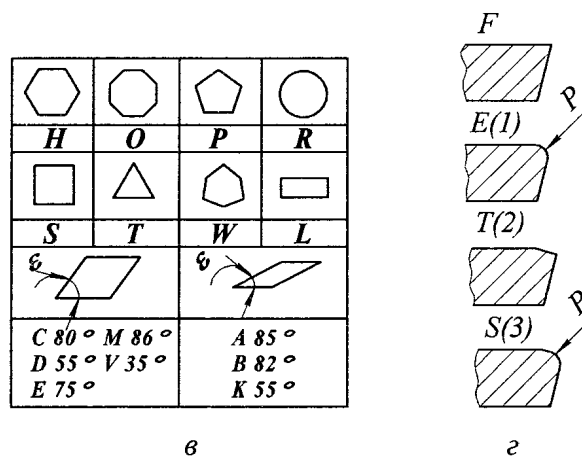
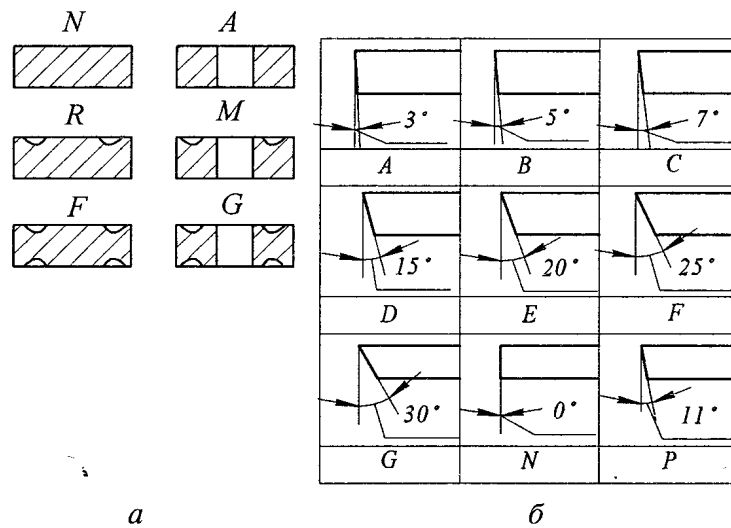
Таблиця 1.6

Значення кутів при вершині пластин

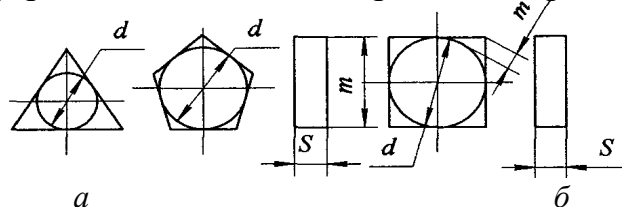
Позначення пластин	A	B	C	D	E	F	K	M	V	W
Значення ϵ , град	85	82	80	55	75	84	55	86	35	80

По виду різальної кромки (рис. 1.18, г) пластини діляться на гострі F (з радіусом округлення $\rho \leq 0,02$ мм), округлені E, з фаскою T, з фаскою і округлені S. Після букви вказано радіус в сотих долях міліметра.

Пластини класифікують за розмірами: довжині різальної кромки; товщині пластини; радіусу при вершині. Для кожної форми пластин встановлена довжина різальної кромки, яка визначається теоретично без урахування заокруглення вершини. Для пластин форми T встановлено такі розміри (мм): 11; 16,5; 22; 27,5, для пластин форми S: 9,525; 12,7; 15,875 і т.п. Регламентовані: товщина пластини (3,18; 4,76; 6,35; 7,93), радіус при вершині (0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4). Встановлено п'ять класів точності виготовлення пластин: C, E, G, M, U. Розміри, що визначають точність пластин, показані на рис.1.19.



Ріс. 1.18. Багатогранні непереточувані пластини: *а* - тип пластин; *б* - значення заднього кута; *в* - форма пластин; *г* - види різальної кромки



Ріс. 1.19. Розміри, що визначають точність пластин: *а* - з непарних; *б* - з парним числом граней

Допуски по класам точності викладені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Розміри пластини,	Класи допусків пластин			
	Клас точності			
	C	E	M	U
m	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,08...0,180$	$\pm 0,13...0,38$
S		$\pm 0,025$	$\pm 0,130$	
d		$\pm 0,025$	$\pm 0,05...0,130$	$\pm 0,08...0,250$

Розрізняють три типи пластин у напрямку різання: R - тільки правого; Z - тільки лівого; N - правого і лівого.

Для позначення БНП застосовують 13-розрядний індекс, причому 10 розрядів є обов'язковими (рис. 1.20). Перші чотири розряди позначають: 1 - форму; 2 - задній кут; 3 - точність пластин; 4 - тип. Далі через тире ідуть шість цифрових розрядів: довжина різальної кромки (5,6); товщина пластини (7,8); радіус при вершині (9,10). Розміри вказують в міліметрах, дрібна частина при цьому опускається. Якщо розмір виражається однією цифрою, то в старшому розряді ставиться нуль. При позначенні радіуса при вершині вказується число десятих міліметра. 11-й розряд вказує вид різальної кромки; 12-й - напрямок різання; 13-й - позначення заводу-виготовлювача. Наприклад, квадратна пластина з заднім кутом класу точності G без отвору і стружколамаючих канавок, що має розміри, гострі різальні кромки, правого і лівого спрямування різання, позначається в буквенному коді: SBCN - 120404 FN (рис. 1.20). Опорні пластини позначаються літерою O, стружколам - літерою C (OSN - чотиригранна опорна пластина без заднього кута; СТ - трикутний стружколам).

Удосконалення конструкцій БНП йде в трьох напрямках: підвищення точності їх лінійних розмірів, забезпечення надійного ламання і завивання стружки в широкому діапазоні режимів різання, розширення діапазону можливих технологічних операцій.

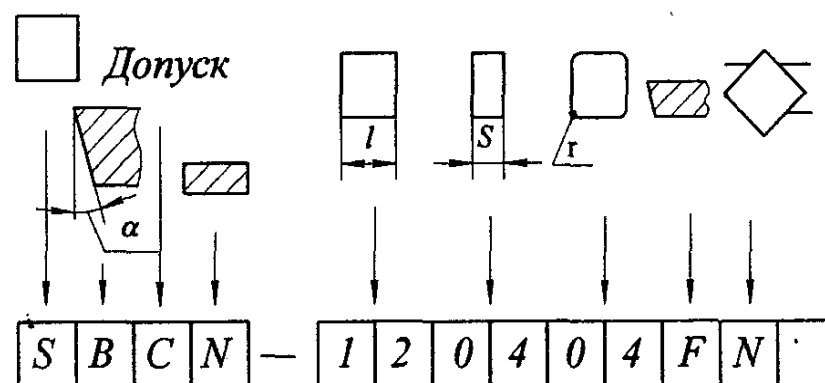


Рис. 1.20. Позначення різальних пластин

1.5.2. Способи кріплення багатограних непереточуваних пластин

1.5.2.1. Схема механічного кріплення БНП

Багатогранні непереточувані пластини закріплюються в корпусах металорізальних інструментів механічно. Існує два різновиди механічного кріплення: без заточування і з подальшим заточуванням. До першої групи належать інструменти, у яких задані з умов обробки параметри ріжучої частини утворюються за рахунок вибору відповідної форми і розмірів різальних вставок і гнізд. У цю групу інструментів, які отримали в останні роки широке поширення, входять інструменти, оснащені БНП з твердих сплавів, ріжучої кераміки і надтвердих матеріалів. До другої групи належать

інструменти, у яких геометричні параметри різальної частини попередньо утворюються за рахунок форми і розмірів ріжучих елементів і корпусу, а остаточно, шляхом заточування інструменту в зборі. Відповідно до цих особливостей вимоги до корпусів і механічно закріплених різальних елементів різні.

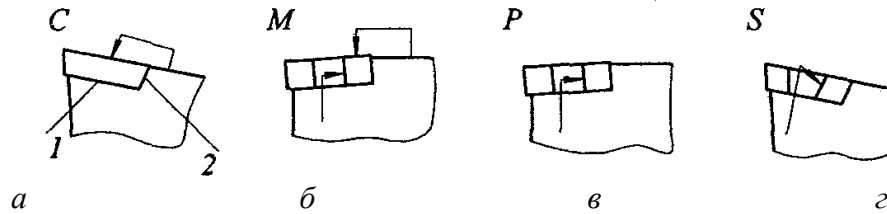


Рис. 1.21. Схеми кріплення ріжучих пластин: 1 - опорна площа, 2 - упорна площа

Перша група - найбільш поширена. Вона відрізняється раціональним використанням інструментального матеріалу, швидкістю зміни зношеного леза, як правило, без зняття інструменту з верстата, підвищеними режимами при експлуатації, і скороченням запасів інструменту на складах, ліквідацією операцій заточування і переточування інструменту, широкими технологічними можливостями, так як на один і той ж корпус можна встановлювати пластини з різних інструментальних матеріалів.

На рис. 1.21 показані варіанти кріплення пластин: притискачем пластини до опорної площини з боку передньої грані або з боку опорної площадки (рис. 1.21, а); ця схема застосовується для кріплення пластин без отворів, особливо з ріжучої кераміки і синтетичних надтвердих матеріалів; підтисканням пластинки через отвір до опорної поверхні і з одночасним підтисканням до опорної площини (рис. 1.21, б); підтисканням пластини через конічний отвір або фаску до опорної поверхні (рис. 1.21, г); притиском пластини через отвір до опорної поверхні (рис. 1.21, в).

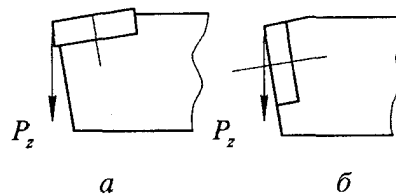


Рис. 1.22. Способи розташування пластини: а - радіально; б – тангенціально

Суттєво впливає на умови експлуатації спосіб розташування різальної пластини на корпусі інструменту. При радіальному розташуванні (рис. 1.22, а) сила, що виникає при обробці, діє на менший перетин пластини, обмежуючи допустиму подачу. Якщо різальна пластинка розташована тангенціально, дію сили сприймає більший перетин пластини, і тому допускається значне збільшення подачі. Однак кріплення пластин в цьому випадку (рис. 1.22, б) ускладнене, особливо пластин без отвору.

1.5.2.2. Конструкції вузлів кріплення БНП до корпусу інструменту

Інструменти, в яких використовуються БНП без центрального отвору, представляють собою корпус з гніздом для установки і базування пластини і притискачів. Зазвичай застосовуються двуплечі притискачі і затискні гвинти з головкою. Розглянемо кілька найбільш поширених конструкцій кріплення пластин без отворів.

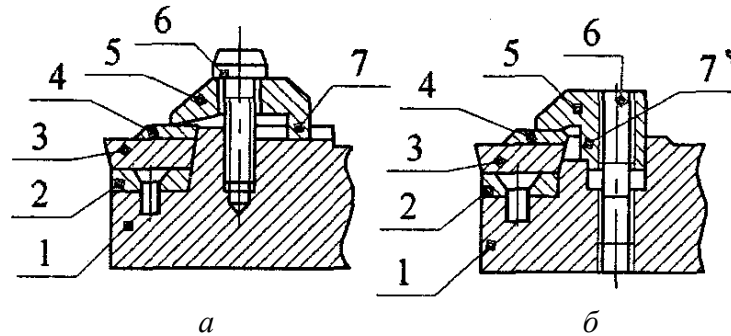


Рис. 1.23. Кріплення пластин до корпусу інструменту:
а - двоплечім притискачем; б - Г-образним притискачем

На рис. 1.23, а наведена конструкція з механічним кріпленням БНП двоплечім притискачем 5 за допомогою гвинта 6. Притискач одним плечем установлюється в гніздо 7 корпусу 1 інструменту, іншим плечем притискає різальну пластину 3 разом зі стружколомом 4. Пластина може спиратися на твердосплавну опорну пластину 2 або безпосередньо на опорну площину гнізда корпусу. Таке кріплення універсальне і забезпечує високі міцність і надійність.

Конструкція кріплення різальних пластин з консольним Г-образним притискачем (рис. 1.23, б) більш компактна. Притискач 5 базується по отвору корпусу інструменту своєю циліндричною частиною, а в кутовому положенні фіксується виступом 7, що знаходяться в пазу корпусу. Кріпильний гвинт 6 диференційний, що створює зручність при заміні або повороті пластини, так як при розтиску притискач відходить від пластини. Недоліком такої конструкції є невелика сила затиску (при відповідному компактному виконанні), тому таку конструкцію рекомендують для легких робіт.

Конструкція, що показана на рис. 1.24, поєднує в собі компактність і значно більшу надійність затиску пластини. Г-подібний притискач 3 центрується в отворі корпусу 1 інструменту своєї циліндричної частиною. Особливістю конструкції є те, що різьбова ділянка на притискачу утворена з зовнішньої сторони циліндричної частини, а в корпусі виконано гладкий глухий отвір, вісь якого збігається з віссю різблення на циліндричній частині притискача. При обертанні гвинта 4 за годинниковою стрілкою він накручує на себе притискач, переміщує його і тим самим затискає пластину 2. При такому розташуванні гвинта його діаметр, а отже, і надійність притиску значно вище, ніж в раніше описаних конструкціях.

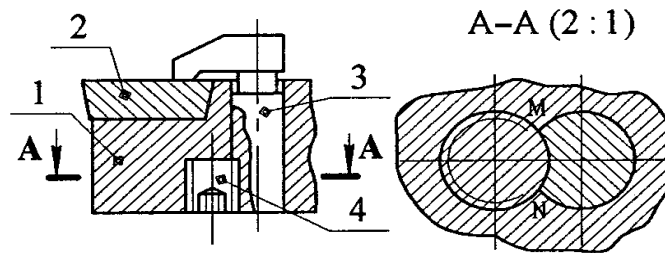


Рис. 1.24. Кріплення БНП Г- образним притиском і спеціальним гвинтом

Вельми проста конструкція кріплення різальної пластини, що складається з одного затискного гвинта, показана на рис.1.25. Гвинт 3 розташований в корпусі 1 інструменту під кутом 70° , що забезпечує точковий контакт його головки з передньою поверхнею різальної пластини 2. Найбільш ефективним є застосування гвинтового затиску при використанні пластин з стружколомаючими канавками, що виключають можливе чіплення стружки за головку гвинта. Залежно від умов використання інструменту розмір різьби гвинта може змінюватися, тим самим забезпечується можливість вибору оптимальної умови затиску різальної пластини при відповідних габаритах інструменту.

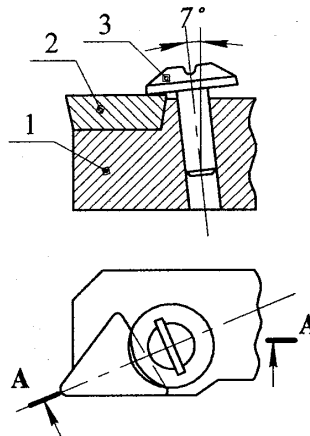


Рис. 1.25. Кріплення БНП головкою затискного гвинта

Основні конструкції різців з механічним кріпленням пластин з циліндричним отвором, наведені на рис. 1.26. Конструкція кріплення заснована на розклинюванні різальної пластини 3, що має отвір, між скосом корпусу 1 і бочкоподібною головкою штифта 4 під дією гвинта 5 і клинової планки 6. Бочкоподібна форма головки штифта забезпечує точковий контакт головки з пластиною і знижує вимоги до точності виготовлення як штифта, так і отвору в упорній поверхні гнізда корпусу. Різальна пластинка в даній конструкції спирається на твердосплавну опорну пластину 2 (рис. 1.26, а).

Одна з найпоширеніших конструкцій представлена на рис. 1.26, б. Тут різальна пластина 3 притискається до упорної поверхні корпусу 1 інструменту головкою важеля 4 під дією гвинта 5, на корпусі інструменту встановлена опорна пластина 2.

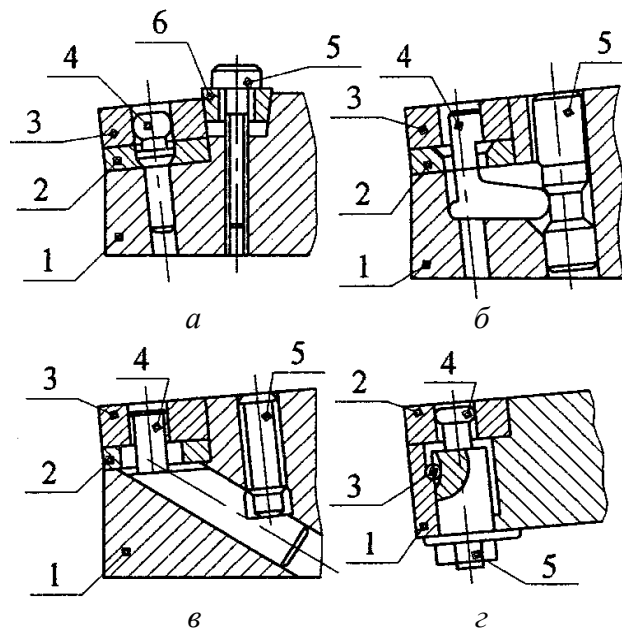


Рис. 1.26. Основні конструкції кріплення БНП з циліндричним отвором

Широке застосування знайшли інструменти з механізмом кріплення, показаним на рис. 1.26, в. В якості затискного елемента використовується коса тяга 3, встановлена в корпусі 1 під кутом до опорної площини гнізда під пластину 2. У тязі є уступ, в який впирається гвинт 5. При обертанні гвинта тяга переміщується вниз і своєю затискною головкою 4 притягує різальну пластину до бічних і опорних поверхонь гнізда в корпусі.

На рис. 1.26, г показаний механізм кріплення, що відрізняється простотою виготовлення і високою надійністю закріплення різальної пластини 2. Тут хитання пальця 4 здійснюється при взаємодії його радіусної канавки з поверхнею кульки 3, поміщеної в гніздо корпусу 1 інструменту. Це відбувається при закручуванні гайки 4 і переміщенні пальця вниз. Це кріплення дозволяє уникнути установки опорної пластини.

Для кріплення пластинок з конічним отвором в основному використовують притиск гвинтом. У такій конструкції (рис. 1.27, а) різальна пластина 3 притискається до стінок гнізда корпусу 1 інструменту за допомогою гвинта 4, що вкручується в різьбову втулку 5. Ця втулка в свою чергу притискає до корпусу опорну пластинку 2. Головка гвинта і отвір різальної пластини виконані конусними, а ось гвинта зміщена в сторону бічних стінок гнізда. В результаті при закручуванні гвинта різальна пластина притискається одночасно до бічних стінок і основи гнізда корпусу інструменту.

У конструкції механізму кріплення, представленої на рис. 1.27, б, затиск різальної пластини 3 здійснюється гвинтом 4 з головкою складної форми, вісь якого нахилена відносно осі різальної і опорної 2 пластин і пружинної втулки 5. Нахил осі гвинта 4 дозволяє при його повороті притиснути різальну пластину до опорної поверхні гнізда корпусу 1 і одночасно до упорних стінок корпусу інструменту.

Більш проста конструкція кріплення (рис. 1.27, в) знайшла широке застосування через те, що кількість деталей кріплення зведено до мінімуму. Різальна пластина 2 притискається спеціальним гвинтом 3 з двома конічними поясами до упорного гнізда корпусу 1 інструменту. У корпусі інструменту є конічний отвір, вісь якого зміщена щодо осі гвинта, і один з конічних поясів, контактуючи з цим отвором за рахунок пружної деформації гвинта, тисне на різальну пластину.

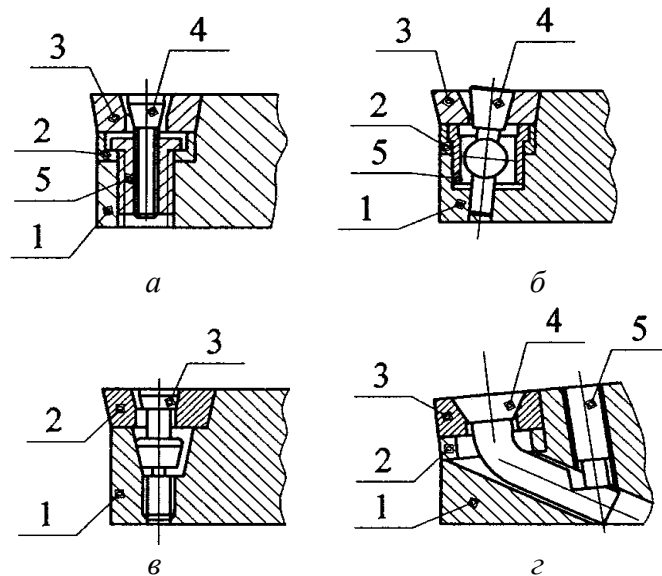


Рис. 1.27. Основні конструкції кріплення БНП з конічним отвором

До недоліків кріплення різальних пластин гвинтом слід віднести необхідність повністю викручувати його з корпусу і потім знову закручувати при зміні пластини.

Оригінальна конструкція кріплення пластини 3 з конічним отвором показана на рис. 1.27, г. Закріплення проводиться силовим замиканням за допомогою затискного стержня 4 в напрямку рівнодіючої сили різання. Притиск пластини до гнізда корпусу 1 інструменту здійснюється переміщенням вигнутого стержня при обертанні гвинта 5. У конструкції передбачено використання опорних пластин 2.

Кріплення різальних пластин з центральним циліндричним отвором може здійснюватися з одночасним притиском через отвір до упорної і опорної поверхонь (рис. 1.28).

У конструкції, представлений на 1.28, а, прихват 5 входить в гніздо корпусу 1 інструменту і притискається за допомогою гвинта 6 одночасно до стінок гнізда і бічної площини різальної пластини 3. В результаті різальна пластина притискається до штифта 4, на якому крім різальної, встановлена опорна пластина 2; штифт 4 фіксується в корпусі гвинтом 7. Ця конструкція має ряд недоліків, основним з яких є часте ушкодження пластин при затиску.

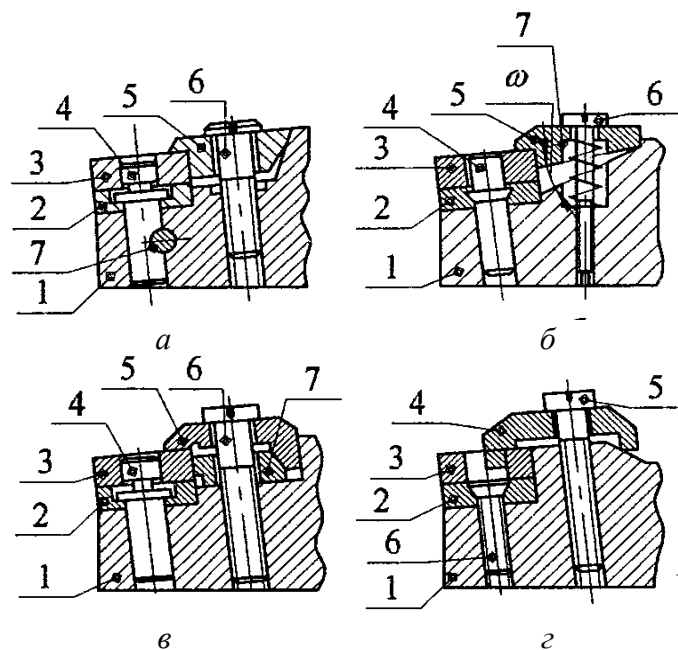


Рис. 1.28. Основні конструкції кріплення БНП з комбінованим замиканням

Більш складний механізм кріплення показаний на рис. 1.28, б. Різальна пластина 3 притискається одночасно до штифта 4 і до опорної пластини 2, що забезпечує високі точність і надійність затиску. Притискач 5 виконаний у вигляді клину з отвором під гвинт 6. Своїми кромками притискач 5 контактує з верхньою і бічною поверхнями різальної пластини і спирається на похилу поверхню корпусу 1 інструменту. Завдяки похилій поверхні корпусу, пружині 7 і кутовому зазору при затягуванні гвинта притискач зміщується і тисне на пластину зверху. Число полумок таких інструментів скорочується в 2 рази, а продуктивність збільшується в 1,2 рази в порівнянні з інструментами, описаними вище.

В іншому варіанті кріплення пластин (рис. 1.28, в) прихват 5 своїм скосом діє на клин 7, який при повороті гвинта 6 переміщується вліво і притискає різальну пластину 3 до штифта 4. Одночасно прихват тисне на різальну пластину зверху, притискаючи її до опорної пластини 2, встановленої в гнізді корпусу 1 інструменту і зафіксованої штифтом 4. Така конструкція використовується для інструментів, що працюють з великими зрізами.

Більш надійна, проста і така, що забезпечує високу точність базування пластини конструкція представлена на рис. 1.28, г. Тут кріплення різальної пластини 3 здійснюється притискачем 4 з силовим замиканням на опорну і бічну поверхні. Притискач має виступ у вигляді зрізаного циліндра, яким він встановлюється в отвір пластини. Протилежна опора притискача 4 спирається на скіс корпусу 1 інструменту. При затягуванні гвинта 5 притискач діє на пластину зверху, притискаючи її до опорної пластини 2, прикріпленої гвинтом 6 до бічних граней гнізда державки.

Це найбільш досконала конструкція з точки зору базування.

1.5.3. Базування різальних пластин

До базування різальних пластин в корпусі інструменту пред'являють ряд вимог: забезпечення точного позиціонування (фіксація пластини в просторі) і запобігання викривування ріжучих граней, що примикають до базових поверхонь корпусу. Найкраще позиціонування забезпечується при точковому або лінійному контакті по задній поверхні нижче різальної кромки. Шляхом додаткової обробки необхідно виключати зіткнення нижніх ребер пластини з фаскою в кутах гнізда корпусу під пластину. Гнізда під пластини виконують з постійними для даного типорозміру координатами щодо базових поверхонь корпусу, тому фактичні розміри f і l_1 можуть змінюватися в залежності від величини радіуса при вершині різальної пластини r (рис. 1.29). Ця обставина грає роль при використанні різців з механічним кріпленням пластин в змінних інструментальних блоках для верстатів з автоматичною зміною інструменту, так як при незмінному базування різця в змінному блоці верстата зміна розмірів призводить до зміни розмірів оброблюваної деталі. Тому необхідно вміти обчислювати зміни цих розмірів для відповідного корегування позиціонування різця в інструментальному блоці. Під час налаштування інструменту розташування гнізда контролюють за допомогою еталонних пластин, для кожної з яких передбачено одне певне значення, при цьому висота еталонної пластини дорівнює сумі товщин різальної і опорної пластин. Залежно від кута в плані і радіусу різальної пластини r величини f і l_1 розраховують таким чином.

Для трикутних пластин форми Т (рис. 1.29, а):

$$x = y \cos \theta, y = r / \sin 30^\circ, q = x - r,$$

де $\theta = 45^\circ - \varphi$ - для корекції розмірів l_1 і f .

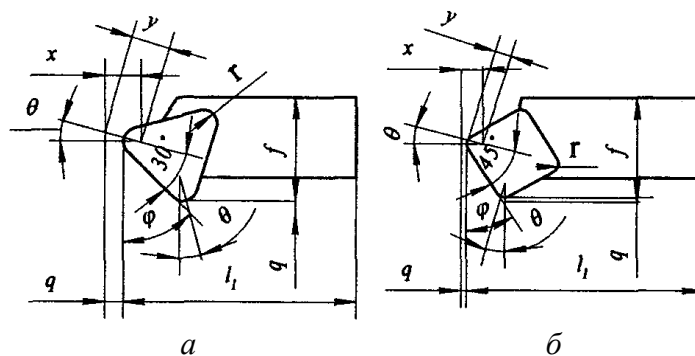


Рис. 1.29. Координати гнізда під пластину

1.5.4. Вибір форми та параметрів установки багатогранної пластини

Методика розрахунку параметрів установки БНП в корпусі різця зводиться до вирішення наступних завдань (для пластин без задніх кутів):

1. Визначення форми пластини, тобто числа n її граней. Вибір форми пластини обумовлений кутами в плані φ і φ_1 головної і допоміжної різальних кромки:

$$n = \frac{360^0}{\varphi + \varphi_1}$$

У разі, якщо значення n за формулою виходить дробовим, то його округляють до цілого числа, коригуючи кут φ_1 , який повинен становити 5 ... 30°:

$$\varphi_1 = \frac{360^0 - n + \varphi}{r}$$

2. Визначення положення площини $N-N$, розташованої під кутом β щодо головної різальної кромки, в якій слід повернути пластину на кут, необхідний для отримання заданих головного α і допоміжного α_1 задніх кутів. Цих даних достатньо для виготовлення паза під пластину.

Положення БНП на різці визначається поворотом її відносно площини навколо осі $O-O$, яка становить з напрямком подачі кут φ (рис. 1.30). Поворотом на кут λ забезпечуються необхідні задні кути α і α_1 що визначаються відповідно до головної $P\tau$ і допоміжної P_N січних площин (нестандартне значення).

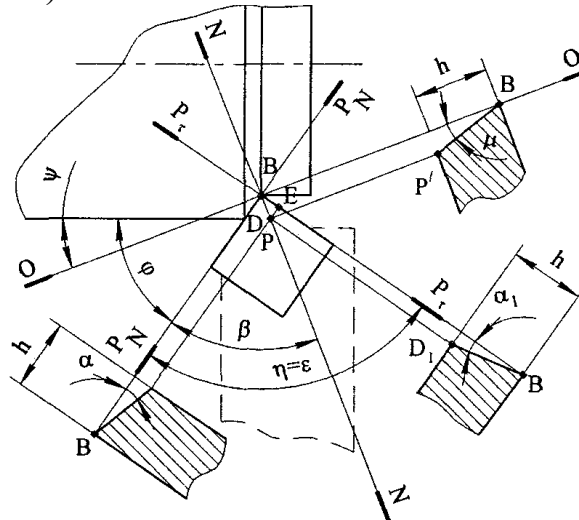


Рис. 1.30. Схема к розрахунку параметрів установки БНП

Завдання визначення параметрів установки багатогранної пластинки на корпусі різця зводиться до знаходження кутів μ і β . Розріжемо пластину площиною, паралельною основній площині і віддаленою від вершини B на відстані h . У перетинах $P\tau$ і P_N точки E_1 і D_1 є слідами перетину цієї площини з задніми поверхнями. З прямокутників BDP і BEP (не враховуючи кута λ) маємо:

$$BP = BE/\sin\beta = BD/\sin(\eta - \beta)$$

Так як $BD = h \cdot \operatorname{tg}\alpha_1$, $BE = h \cdot \operatorname{tg}\alpha$,

то $h \cdot \operatorname{tg}\alpha/\sin\beta = h \cdot \operatorname{tg}\alpha_1/\sin(\eta - \beta)$,

Після перетворень отримаємо

$$\operatorname{tg}\beta = \operatorname{tg}\alpha \cdot \sin\eta / (\operatorname{tg}\alpha_1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos\eta)$$

де $\eta = 180^0 - (\varphi + \varphi_1) \approx \varepsilon$, $\psi = \varphi + \beta - 90^0$.

Значення кута μ визначається по формулі

$$\operatorname{tg}\mu = BP/h = BE/h \cdot \sin\varphi = h \cdot \operatorname{tg}\alpha/h \cdot \sin\varphi = \operatorname{tg}\alpha/\sin\beta.$$

1.6. Токарні різці для верстатів з ЧПУ

До різців для верстатів з ЧПУ пред'являється ряд специфічних вимог, основними з яких є:

- 1) максимальне використання непереточуваних пластин з механічним кріпленням на корпусах і державках різців, що забезпечує сталість їх конструктивних і геометричних параметрів в процесі експлуатації;
- 2) використання найбільш раціональних форм пластин, що забезпечують універсальність інструменту, тобто можливість обробки одним різцем максимального числа поверхонь деталі;
- 3) уніфікація основних і приєднувальних розмірів інструменту; різці з різними кутами в плані повинні мати одні й ті ж основні координати, що створює зручність для програмування технологічних операцій;
- 4) можливість роботи в прямому і перевернутому положенні;
- 5) можливість застосування різців в лівому виконанні;
- 6) підвищена точність інструменту, особливо різцевих вставок, в порівнянні з універсальним інструментом для верстатів з ручним керуванням; це необхідно для підвищення точності попередньої настройки і попадання інструменту в розмір після його закріплення на верстаті або в різцевому блоці;
- 7) задовільне формування стружки має забезпечуватися канавками, отриманими при виготовленні пластин з твердого сплаву, або канавками, заточеними алмазним кругом на передніх поверхнях пластин.

1.6.1. Номенклатура токарних різців

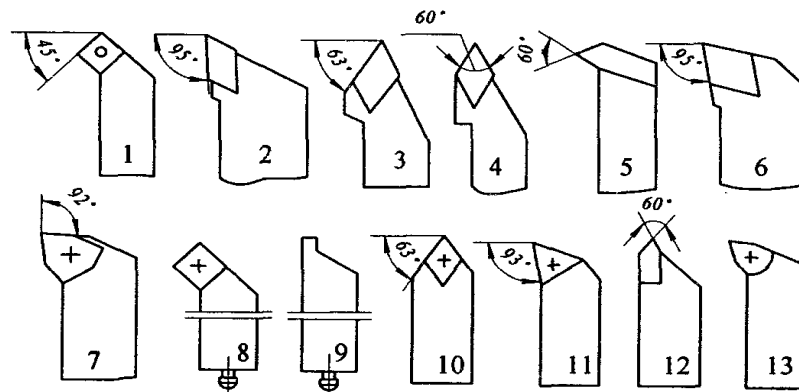
Для виконання різноманітних операцій на токарних верстатах з ЧПУ розроблені типові конструкції різців. Всі вони є збірними і оснащуються багатогранними пластинками з твердого сплаву, ріжучої кераміки або надтвердих матеріалів.

Залежно від моделі токарних верстатів передбачено застосування різців з перетином від 16×16 до 40×40 мм. Номенклатура різців (рис. 1.31) повинна забезпечувати обробку типових поверхонь деталей і включає в себе наступні різновиди:

- 1) прохідні відігнуті різці з кутом $\varphi = 45^{\circ}$ для зовнішньої обточування, обробки торців, зняття фасок, обробки виточок
- 2) контурні різці з $\varphi = 95^{\circ}$, паралелограмними пластинами і кутом спаду до 30° для обточування деталей по циліндру, торцю, зворотньому конусу з кутом спаду до 30° , обробки радіусних поверхонь і канавок;
- 3) копіювальні різці з паралелограмними пластинами для обробки напівсферичних поверхонь і конусів з кутом спаду до 57° ;
- 4) різьбові різці з ромбічними пластинами і кріпленням прихватом для нарізування зовнішніх різьб з кроком 2 ... 6 мм;
- 5) різці для нарізування внутрішніх різьб з кроком до 2 мм і мінімальним діаметром обробки 35 мм;

6) різці з ромбічною пластиною і $\varphi = 95^\circ$ для розточування наскрізних отворів і проточки виточок;

7) розточувальні різці з $\varphi = 92^\circ$ і мінімальним діаметром обробки 22 мм;



1.31. Номенклатура токарних різців для верстатів з ЧПУ

8) різці прохідні з $\varphi = 45^\circ$ і квадратними пластинами ліві, для зовнішньої обточування, обробки торців, зняття фасок, обробки виточок;

9) різці для проточки зовнішніх прямих канавок шириною 1 ... 6 мм і глибиною, рівною ширині;

10) різці контурні з пластиною тригранної форми і $\varphi = 63^\circ$;

11) контурні різці з пластиною тригранної правильної форми і $\varphi = 93^\circ$;

12) різьбові різці для нарізування зовнішніх різьб з кроком до 2 мм;

13) різці прохідні упорні з тригранною пластиною неправильної форми і $\varphi = 92^\circ$ для обробки ступінчастих поверхонь, фасок, торців.

Застосовують різці в трьох виконаннях: повномірні, що використовують на верстатах зі знімними блоками, які в зборі з різцями налаштовуються на розмір поза верстата; укорочені з регульовальними елементами; різці-вставки (рис. 1.32).

Укорочені різці та різці-вставки налаштовують на розмір установочними гвинтами поза верстата в спеціальному пристосуванні і потім встановлюють в пазах інструментальних головок і різцетримачів.

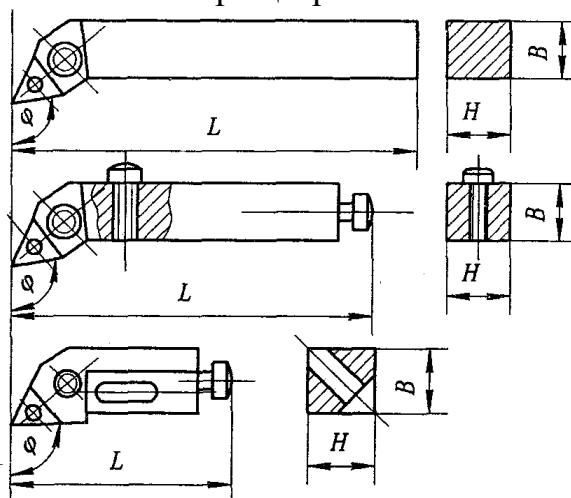


Рис. 1.32. Конструкції токарних різців

1.6.2. Різці з механічним кріпленням ріжучої кераміки

Ріжуча кераміка випускається у вигляді багатограних непереточуваних пластин - тригранних, квадратних, ромбічних і круглих.

Для обробки на верстатах з ЧПУ розроблена уніфікована конструкція токарних збірних прохідних, підрізних, упорних і розточувальних різців з пластинами з ріжучої кераміки, яка передбачає можливість застосування в цих же державках твердосплавних пластин без отворів (див. Рис. 1.23, б).

Різці з такою схемою кріплення БНП стандартизовані. Прохідні різці випускаються по ГОСТ 26611-85 і мають ряд перетинів: 12×12, 16×16, 20×20, 25×25, 32×25, 32×32, 40×40 і ряд довжин: 80; 100; 125; 150; 170; 210 мм. мають ряд діаметрів 20, 25, 32, 50 мм і ряд довжин: 170; 180; 200; 250; 350 мм

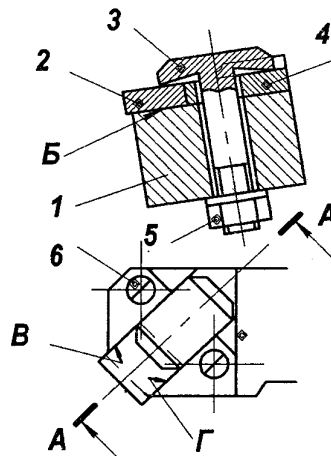


Рис. 1.33. Кріплення БНП з різальної кераміки за допомогою двоплечого притискача

Крім зазначених вище різців застосовуються різці для кріплення різальної кераміки інших конструкцій. Одна з них показана на рис. 1.33. Особливість такого різця полягає в тому, що опорна поверхня Б під пластину виконана у вигляді площини, що легко оброблюється шліфуванням. Бічні ж базові поверхні В і Г утворені в загартованій планці 4, що прикріплена до термообробленої державки 1 гвинтами 6. Поверхні В і Г також шліфують. Закріплення ріжучої пластини 2 проводиться двоплечім притискачем 3 за допомогою гайки 5. Після зносу одного плеча притискач повертається іншим плечем. Двоплечій притискач забезпечує надійне кріплення пластини, він є уніфікованою деталлю для закріплення пластин різної форми.

1.6.3. Різці, оснащені синтетичними надтвердими матеріалами (СНМ)

Різальні елементи з СНМ випускаються у вигляді пластин для нероз'ємного з'єднання зі сталевим корпусом, а також у вигляді круглих, тригранних, квадратних, ромбічних і шестигранних непереточуваних пластин для механічного кріплення.

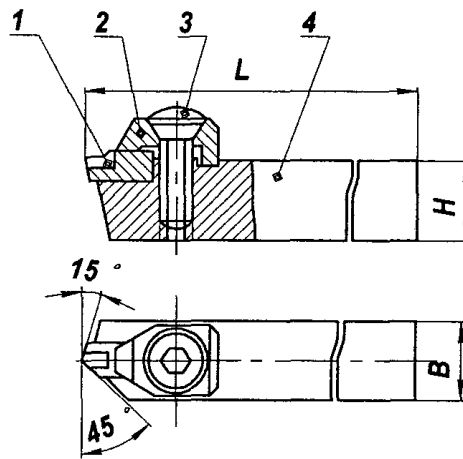


Рис. 1.34. Конструкція різця з механічним кріпленням вставки із композита

1.7. Фасонні різці

Фасонні різці застосовують для обробки деталей з різною формою твірої. У порівнянні зі звичайними різцями вони забезпечують:

- ідентичність форми,
- точність розмірів деталі, яка залежить в основному від точності виготовлення різця,
- високу продуктивність завдяки одночасній обробці всіх ділянок фасонного профілю деталі,
- більшу економію машинного часу,
- зручність в експлуатації завдяки простоті переточування по передній поверхні.

Фасонні різці використовують на токарних і револьверних верстатах, автоматах і напівавтоматах. Різці проектують для обробки конкретної деталі, і їх застосування економічно виправдане при великосерійному і масовому виробництві.

1.7.1. Класифікація фасонних різців

За формою: стержневі, призматичні, круглі (Рис.1.35).

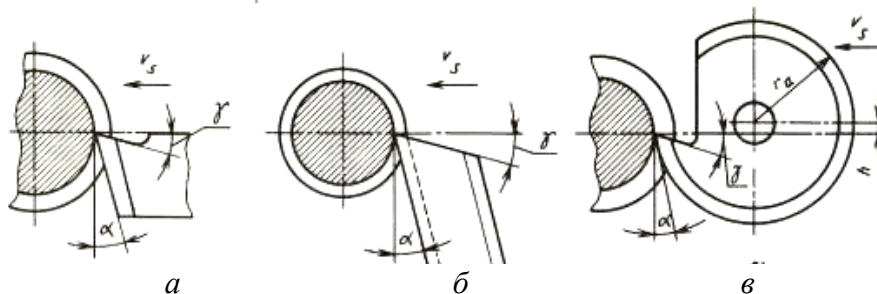


Рис. 1.35. Фасонні різці: стержневі(а), призматичні (б), круглі (в)

Круглі фасонні різці застосовують для обробки як зовнішніх, так і внутрішніх фасонних поверхонь. Вони більш технологічні за призматичні, тому що є тілами обертання, і допускають більше переточувань.

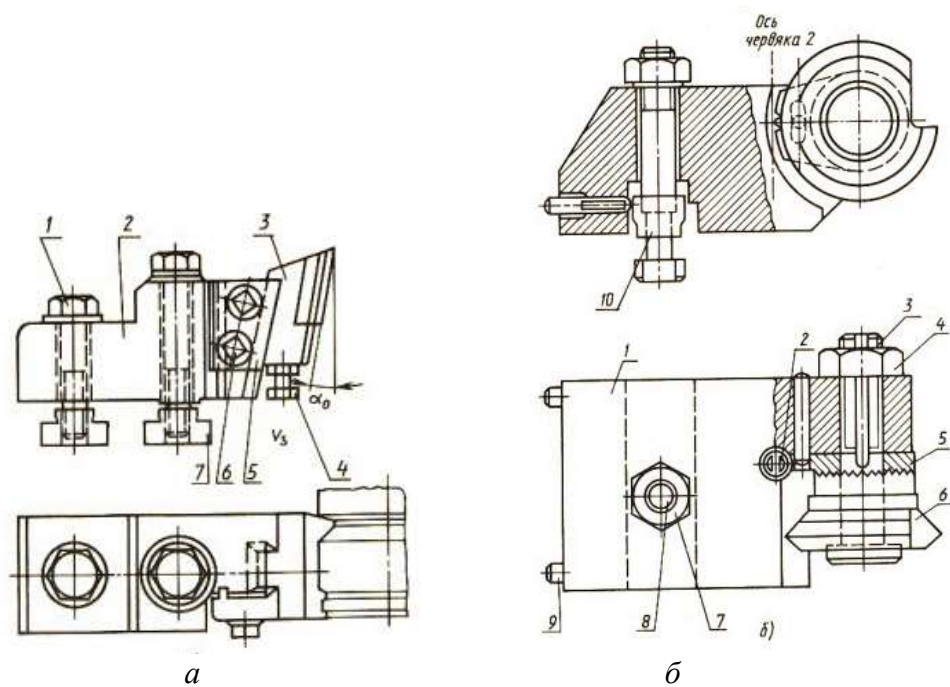


Рис.1.36. Різцетримачі для кріплення фасонних різців:

а – призматичного: 1 - гвинт кріплення державки, 2 – корпус, 3 - різець, 4 - гвинт регулювання різця по висоті, 5 - прихват для затискача різця, 6 - гвинт, 7 – шпонка; *б* - круглого: 1 - корпус, 2 - гвинт повороту зубчастого сектору важеля, 3 - вісь, 4 - гайка, 5 - важіль, 6 - різець, 7 - гайка кріплення різцетримача, 8 - гвинт, 9 - гвинти регулювання шпонки, 10 – шпонка

Задні кути у круглих різцях одержують установкою їх осі вище осьової площини заготовки в спеціальних різцетримачах (Рис.1.36). Базують різець у різцетримачі по отвору й торцю, а вершину в осьовій площині виробу встановлюють шляхом повороту різця навколо осі. Для цього на торці різця зроблений буртик з торцевими зубами. Торцеві зуби на різці сполучаються з торцевими зубами важеля, установлюваного на одній осі з різцем. Важіль повертають коловоротом гвинта 2, що перебуває в зачепленні із зубчастим сектором важеля 5.

За установкою щодо заготовки:

- радіальні (Рис.1.37, *а*),
- тангенціальні (Рис.1.37, *б*).

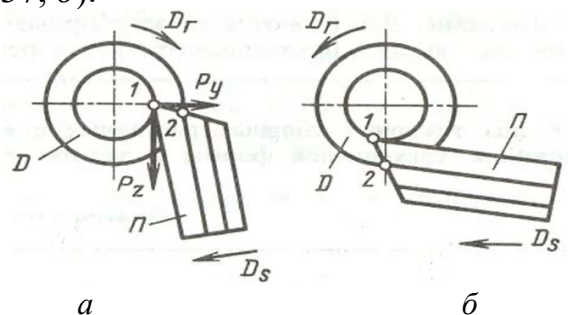


Рис.1.37. Призматичні різці з радіальною установкою і тангенціальною установкою

Вершина радіального різця установлюється в осевій площині заготовки, а подача здійснюється в напрямку її осі. Радіальний різець утворює весь профіль заготовки одночасно. У результаті на заготовку діють значні сили різання, які можуть привести до деформування заготовки і появи вібрацій. Вершина тангенціального різця установлюється по дотичній до мінімального радіуса оброблюваної заготовки. Передня поверхня розташовується під кутом λ стосовно осі заготовки, забезпечуючи не одночасне, а поступове профілювання профілю деталі. Внаслідок цього різко знижується сила різання й зменшується ймовірність появи вібрації. Тангенціальними різцями можна обробляти нежорсткі заготовки великої довжини.

За розташуванням осі отвору або бази кріплення різця:

- з паралельним розташуванням осі або бази кріплення різця щодо осі заготовки (Рис.1.38, а);

- з похилим розташуванням осі або бази кріплення різця (Рис.1.38, б).

Останні використовують для збільшення задніх кутів по профілю різця при обробці заготовок, що мають прямолінійні ділянки, перпендикулярні до її осі. Подача різців здійснюється в напрямку, перпендикулярному до бази кріплення різця.

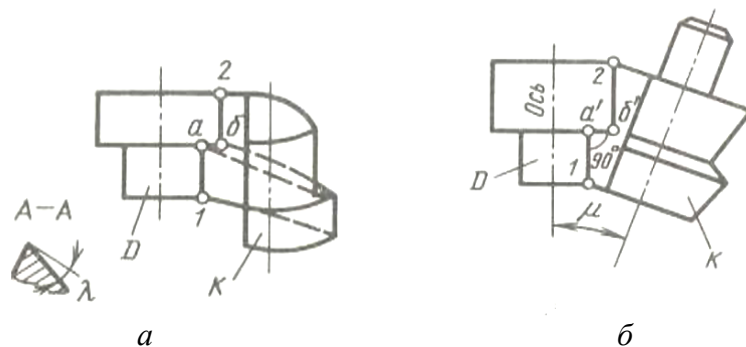


Рис.1.38. Фасонні різці з похилим установленням і гвинтовою задньою поверхнею

За формою твірних задніх поверхонь:

- з кільцевими твірними (Рис.1.38, б),
- з гвинтовими твірними (Рис. 1.38, а).

Гвинтові твірні задньої поверхні дозволяють збільшити задні кути різця при обробці з радіальною подачею заготовок, що мають прямолінійні ділянки, перпендикулярні до її осі.

За розташуванням передньої поверхні:

- з позитивним (або рівним нулю) переднім кутом;
- з позитивним переднім кутом і кутом λ нахилу ріжучої кромки. Такі різці дозволяють збільшити точність обробки деталей, що мають конічні ділянки.

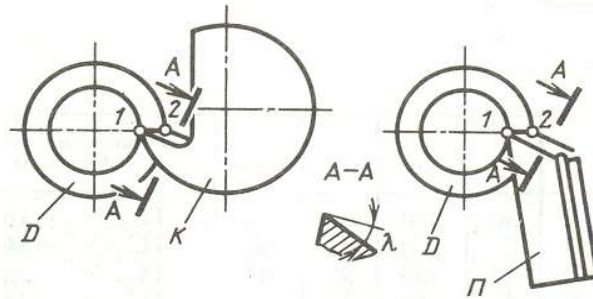


Рис.1.39. Фасонні різці з подвійним нахилом передньої площини

За конструкцією:

- цільні;
- складені, наприклад, із припаяними пластинами із твердого сплаву.

1.7.2. Геометричні параметри фасонних різців

Передні кути утворюються заточенням по передній поверхні (Рис.1.35). Задні кути утворюються за рахунок відповідної установки різців. Призматичні різці розташовуються з нахилом до площини різання. Круглі різці розташовують так, щоб вісь їх була вище осі оброблюваної деталі на величину h .

Особливість геометрії фасонних різців полягає в зміні передніх і задніх кутів уздовж ріжучої кромки.

При проектуванні різця задають передній γ_A й задній α_A кути для точки А профілю різця, що обробляє мінімальний радіус заготовки в площині, перпендикулярній до осі заготовки. Зі збільшенням оброблюваного діаметра передній кут зменшується а задній збільшується. На Рис.1.40,а показані радіальні задній α_B і передній γ_B кути для точки В, профілю різця з радіусом r_θ . Кути α_B і γ_B будуть однакові для всіх точок профілю різця, що мають радіус r_θ .

Геометрія призматичного фасонного різця

У призматичного фасонного різця зміна кутів γ і α не приводить до зміни кута загострення β і не приводить до зміни кута загострення леза β_i уздовж ріжучої кромки (β – кут між передньою й задньою поверхнями), тому що

Геометрія круглого фасонного різця

$$\gamma_B = \gamma_A - \delta_\gamma,$$

$$\alpha_B = \alpha_A + \delta_{\alpha_1} + \delta_{\alpha_2}, \quad \delta_\gamma = \delta_{\alpha_1}$$

У круглих фасонних різців кут загострення зменшується при зменшенні радіуса різця в розглянутій точці ріжучої кромки, тобто $\beta_B < \beta_A$.

Це приводить до погіршення тепловідводу, отже, до зниження стійкості. Рекомендують задні кути на вершині у круглих різців робити меншими, ніж в призматичних.

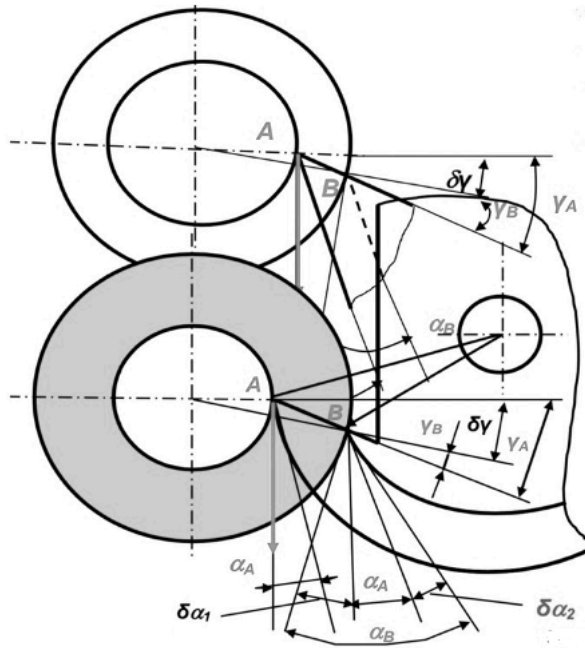


Рис.1.40. Геометрія фасонних різців

Розрахунки величини передніх і задніх кутів

Для призматичних різців:

$$\sin \gamma_i = \frac{r_0}{r_i} \sin \gamma_0, \quad \alpha_i = (\alpha_0 + \gamma_0) - \gamma_i,$$

де r_0 - мінімальний радіус деталі;

r_i - радіус деталі в розглянутій точці,

γ_0, γ_i - передні кути відповідно на вершині різця й у розглянутій точці,

α_0, α_i - задні кути у відповідних точках.

Для круглих різців:

$$\sin \gamma_i = \frac{r_0}{r_i} \sin \gamma_0, \quad \alpha_i = (\alpha_0 + \gamma_0) - \gamma_i + \beta,$$

$$\operatorname{tg} \beta_i = \frac{C_i \cdot \sin(\gamma_0 + \alpha_0)}{R - C_i \cdot \cos(\gamma_0 + \alpha_0)}, \quad C_i = \frac{r_i \cdot \sin(\gamma_0 - \gamma_i)}{\sin \gamma_0}.$$

Стійкість різця залежить від значення задніх і передніх кутів у перетині, перпендикулярному проекції ріжучої кромки на основну площину. Кути в нормальному перетині розраховують по формулах:

$$\operatorname{tg} \alpha_{Ni} = \operatorname{tg} \alpha_i \cdot \sin \varphi_i, \quad \operatorname{tg} \gamma_{Ni} = \operatorname{tg} \gamma_i \cdot \sin \varphi_i,$$

де φ - кут профілю, вимірюється між дотичною до твірної даного ділянки в даній точці і перпендикуляром до бази кріплення різця.

Для точок, в яких кут $\varphi = 0$, (торцеві ділянки) передні і задні кути в головній січній площині дорівнюють нулю. На цих ділянках профілю різця буде відбуватися інтенсивне зношування. Для різця, вісь якого паралельна осі заготовки, збільшувати задні кути на таких ділянках профілю не можна.

У тих випадках, коли потрібна висока стійкість різця при обробці заготовки з ділянками, що перпендикулярні до осі, слід застосовувати різці з віссю, нахиленою до осі заготовки, або застосовувати різці із гвинтовою твірною задньої поверхні.

1. 8 Лабораторна робота №1

Дослідження конструкції і геометричних параметрів токарних різців

Ціль роботи

1. Практичне ознайомлення з основними типами різців.
2. Засвоєння методики вимірювання і дослідження геометрії токарних різців.

Порядок виконання роботи

1. Попередньо ознайомитись з основними поняттями про елементи та геометрію різців, вивчити типи і матеріали токарних різців.
2. Вивчити кутонір, яким користуються при вимірюванні різців.
3. Виміряти геометричні і конструктивні елементи токарних різців та занести їх в звіт про роботу.
4. Виконати ескізи ріжучої частини токарних різців та проставити всі кути різця.
5. Оформити роботу та заповнити звіт про роботу.

Основні поняття про елементи і геометрію різця.

Різець складається з двох основних частин: головки-А, стержня-Б (рис. 1. 41.). Головка це робоча частина різця. Стержень служить для закріплення різця в різцетримачі. Робочу частину різця виконують з інструментальних сталей, металокерамічних твердих сплавів, мінералокераміки, або алмазу.

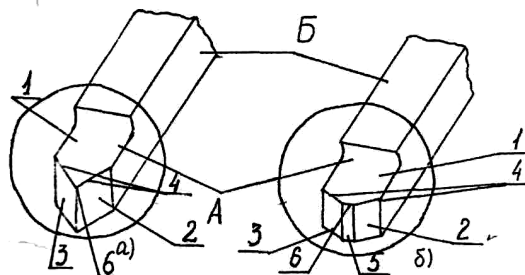


Рис. 1. 41. Геометрія різця

В головці різця розрізняють наступні елементи (рис. 1 а, б): передню поверхню – 1, по якій сходять стружка; задні поверхні: головну – 2 та допоміжну – 3, повернуті до оброблюваної деталі; ріжучу кромку – 4, яка утворюється перетином передньої та задньої поверхонь. Крім того розрізняють перехідну задню поверхню – 5. Вершина – 6 різця в плані може бути гострою, заокругленою, або у вигляді фаски. Взаємне розташування вказаних поверхонь та кромки в просторі визначається за допомогою ряду кутів, які називають кутами різця.

Поверхні та координатні площини для визначення кутів різця.

На оброблюваній заготовці, при знятті стружки різцем, розрізняють такі поверхні (рис. 1. 42.):

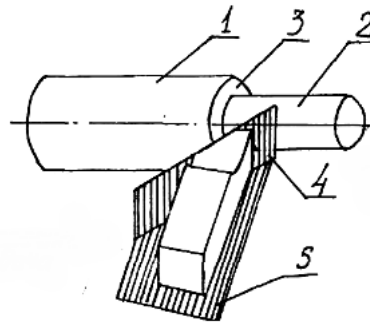


Рис. 1.42. Поверхні і координатні площини

1 – оброблювану поверхню з якої знімають стружку;

2 – оброблену поверхню;

3 – поверхню різання.

Для визначення кутів різця приймають такі координатні площини:

4 – площину різання;

5 – основну площину; головну січну площину; допоміжну січну площину.

Головна січна площина – площина перпендикулярна проекції головної ріжучої кромки на основну площину. Допоміжна січна площина – площина перпендикулярна проекції допоміжної ріжучої кромки на основну площину (рис. 1. 43).

У різця розрізняють головні і допоміжні кути. Головні кути вимірюють в головній січній площині, до них відносяться:

– головний задній кут α ;

– кут загострення β ;

– головний передній кут γ ;

– кут різання δ .

З рисунка 1.43, маємо:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ; \quad \alpha + \beta = \delta; \quad \delta + \gamma = 90^\circ; \quad \delta = 90^\circ - \gamma.$$

Допоміжні кути вимірюються в допоміжній січній площині, до них відносяться:

– допоміжний задній кут α_1 ;

– допоміжний передній кут γ_1 ;

Крім цього розрізняють кути в плані:

– головний кут в плані – φ ;

– допоміжний кут в плані – φ_1 ;

– кут при вершині в плані – ε .

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ.$$

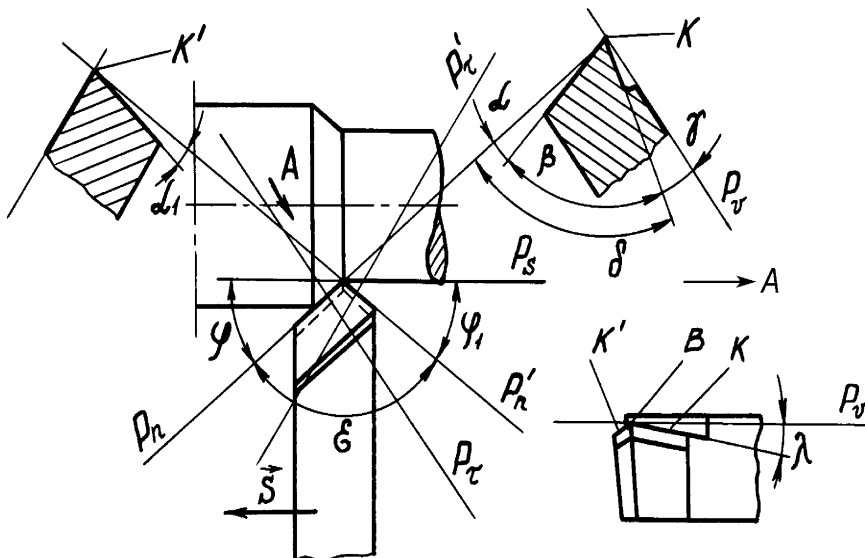


Рис. 1. 43. Геометричні параметри прямого прохідного різця

Також потрібно мати на увазі кут нахилу головної ріжучої кромки λ , який впливає на напрямок сходження стружки (рис. 1.44).

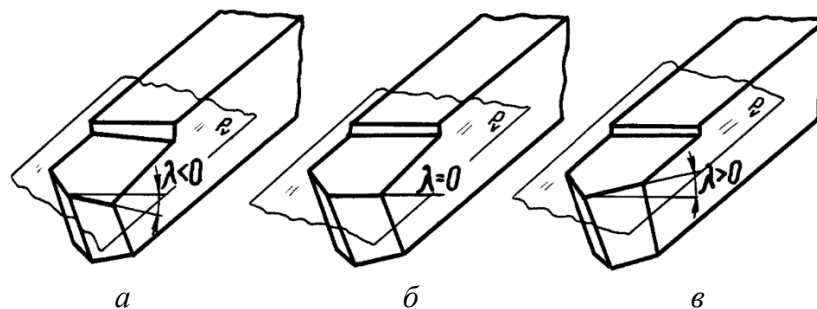


Рис. 1.44. Визначення кута нахилу різальної кромки

Вимірювання геометрії різців та вимірювальні пристрої.

Переріз стержня різця ($B \cdot \text{Нмм}^2$) вимірюється штангенциркулем, а геометричні параметри різців універсальним та настільним кутомірами.

Універсальним кутоміром вимірюють кути в плані: головний φ та допоміжний φ_1 . На рисунку 1.45 показано вимірювання кута φ .

При вимірюванні головного кута φ в плані, планку 1 кутоміра прикладають до головної ріжучої кромки, а планку 2 до бічної сторони різця. Покази на шкалі кутоміра дають значення кута φ . Подібним методом вимірюють допоміжний кут φ_1 в плані.

Кут при вершині в плані визначається за формулою:

$$\epsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1)$$

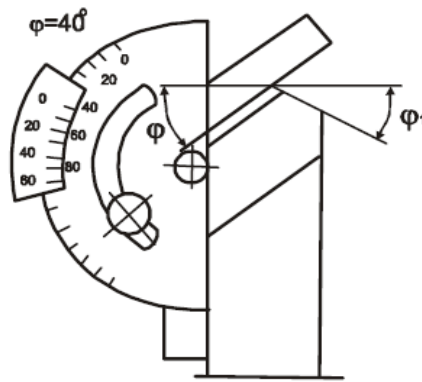


Рис. 1.45. Вимірювання кутів в плані

Настільним кутоміром вимірюють головні та допоміжні задні і передні кути, а також кут нахилу головної ріжучої кромки.

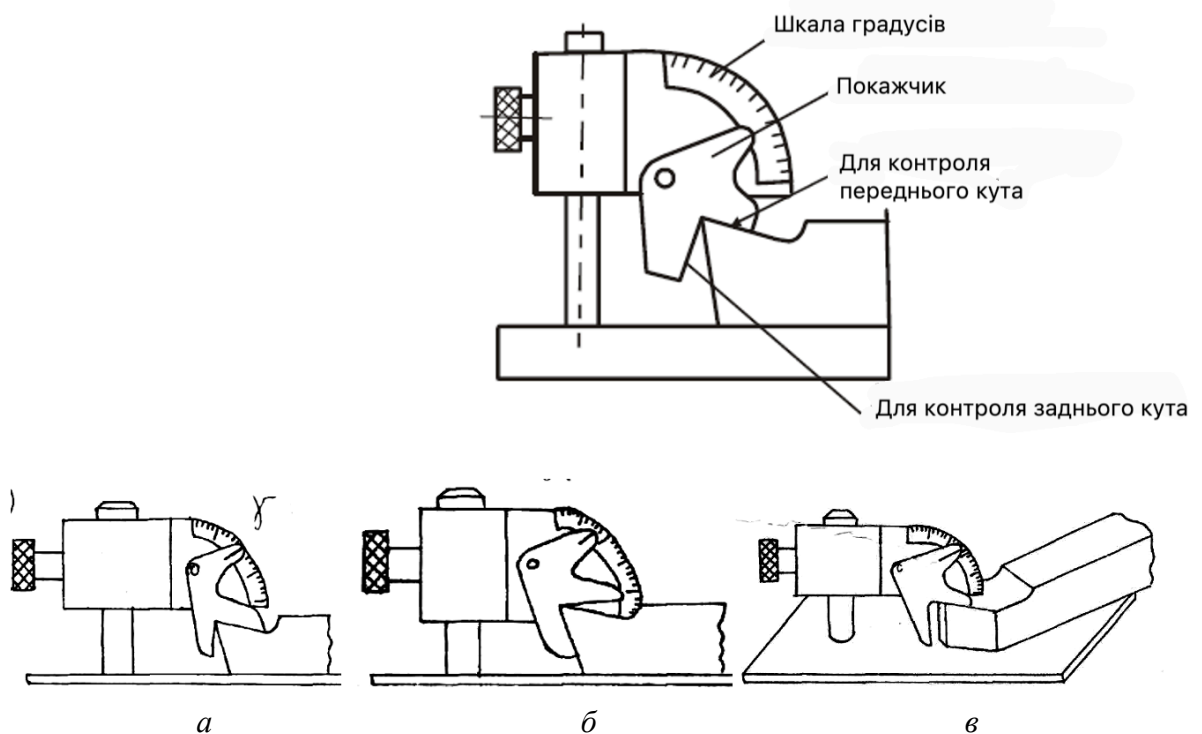


Рис. 1.46. Вимірювання кутів настільним кутоміром

На рисунку 1.46,а показано приклад вимірювання головного заднього кута α на рисунку 1.46,б) – головного переднього кута γ ; на рисунку 1.46,в) – кута нахилу головної ріжучої кромки λ .

Після вимірювання вказаних вище кутів значення решти кутів визначається за формулами:

$$\delta = 90^\circ - \gamma; \quad \beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma).$$

На основі даних отриманих в результаті вимірювання кутів різця, викреслюють його ескіз з позначенням всіх кутів.

Звіт до лабораторної роботи №1.

Вивчення геометрії та конструкції токарних різців.

	Тип різця	Матеріал різця	Твердість HRC	Переріз мм ²	Кути різця								
					α	γ	β	δ	φ	φ_1	ε	α_1	λ
1													
2													
3													
4													
5													

Контрольні запитання.

1. Назвати головні конструктивні елементи різця.
2. Назвати головні площини і поверхні заготовки.
3. Дати визначення головних кутів різця.
4. Як проходить головна та січна площини?
5. Матеріал різців.
6. Типи різців.

1. 9. Лабораторна робота №2

Заточування різців по передній і задній площинах

Ціль роботи

1. Вивчення геометричних параметрів різців.
2. Формоутворення задніх і передніх площин різців.
3. Ознайомлення з обладнанням для заточування різців і придбання навичок в настроюванні універсально-заточувальної головки на універсально заточувальному верстаті.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити самостійно класифікацію, конструктивні елементи і геометричні параметри різців.
2. Навести ескіз різця з позначенням на ньому геометричних параметрів і конструктивних елементів у статичній системі координат.
3. В залежності від варіанту завдання обрати шліфувальний круг для заточування різця.
4. Графічно визначити кути повороту універсально-заточувальної головки при заточуванні різця по передній та задній площинах.
5. Аналітично визначити кути повороту універсально-заточувальної головки при заточуванні різця по передній та задній площинах.
6. Заточити передню та задню площини.
7. Виміряти геометричні параметри різця та порівняти їх із заданими.
8. Зробити висновок по роботі.

Визначення кутів установлення при заточуванні різця по передній і задній поверхням.

В якості передньої чи задньої поверхні інструмента приймається площина чи сукупність площин, по яких і заточують інструмент. При заточуванні виникає необхідність сполучити поверхню інструмента заданої геометрії із робочою площиною шліфувального круга, забезпечивши відповідне установлення інструмента на верстаті. Таким чином, необхідно визначити кути повороту приладу навколо відповідних осей, або кути установлення, які забезпечують отримання заданих геометричних параметрів інструмента.

Забезпечують кути установлення при заточуванні різців на універсально-заточувальному верстаті за допомогою універсально-заточувальної головки (рис.1.47).

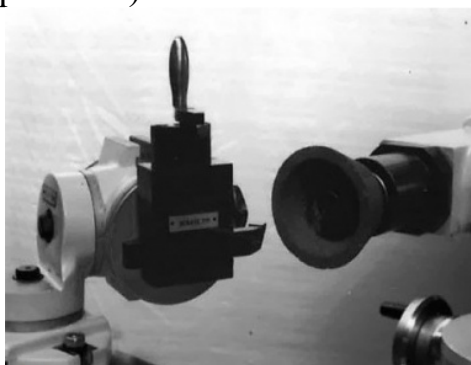


Рис. 1.47. Універсально-заточувальна головка

На рисунку 1.48. зображено різець, установлений в лещатах при заточуванні по задній поверхні. Для заточування різця по передній поверхні його треба переустановити на бік, тобто на 90^0 по годинниковій стрілці.

Трьохобертові лещата мають три осі повороту – вертикальна А, і взаємно ортогональні горизонтальні В та Д. Конструкція лещат така, що ці осі завжди перпендикулярні або паралельні площинам проекцій заточувального різця, що добре видно на рисунках 1.48., 1.49.

Послідовність вирішення вказаної задачі може бути наступна:

1 – визначається нормаль N до заточувальної площини у початковому положенні установленого в пристрої інструмента;

2 – визначаються усі можливі положення нормалі N при обертанні вузлів пристрою навколо їх осей;

3 – із усіх можливих положень нормалі N обирають ті, при яких нормаль до оброблюваної площини перпендикулярна до робочої площини шліфувального круга. При такому установленні заточувальна площина заданої геометрії паралельна робочій площині шліфувального круга, а на інструменті відтворюються задані геометричні параметри.

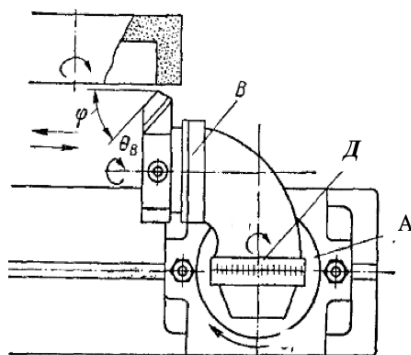


Рис. 1.48. Заточувальний пристрій у початковому положенні при заточуванні по задній поверхні

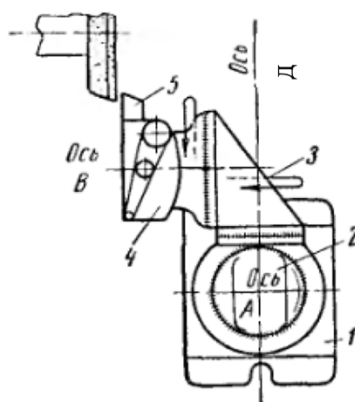


Рис. 1.49. Заточувальний пристрій у початковому положенні при заточуванні по передній поверхні

Для простоти рішення замість реальних осей повороту пристрою використані паралельні їм осі, розміщені в одній точці з нормаллю N . Відстань між реальною віссю і зміщеною в точку початку N можна не враховувати, оскільки вона наближує або віддаляє заточуваний інструмент від шліфувального круга. Цей рух можна компенсувати переміщенням стола верстата, яке приводить до дотику оброблюваного інструмента зі шліфувальним кругом.

При виготовленні та заточуванні інструментів використовується інструментальна система координат. Передній кут у нормальному перерізі γ заданий. Для отримання значення переднього та заднього кутів у повздовжньому перерізі наступними формулами:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \gamma_{\text{пов.}} &= \operatorname{tg} \gamma \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi \\ \operatorname{ctg} \alpha_{\text{пов.}} &= \operatorname{ctg} \alpha \cdot \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \cdot \sin \varphi\end{aligned}$$

Для різця $\lambda > 0$ в цих рівняннях треба знак «+» замінити на «-».

Для отримання значення переднього та заднього кутів у поперечному перерізі треба скористатися наступними формулами:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \gamma_{\text{поп.}} &= \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varphi \\ \operatorname{ctg} \alpha_{\text{поп.}} &= \operatorname{ctg} \alpha \cdot \sin \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cdot \cos \varphi\end{aligned}$$

Для різця $\lambda > 0$ в рівняннях треба знак «-» замінити на «+».

Для того, щоб визначити положення заточувальних передньої та задньої поверхонь, їх зображують в інструментальній системі координат. Сліди заточувальних поверхонь розташовуються в площинах V і W під відповідними повздовжніми та поперечними кутами, які розраховані по вище наведеним формулам. Положення заточувальних площин визначаються побудованими до них нормальми N , а проекції нормалей розташовані перпендикулярно до відповідних слідів заточувальних поверхонь, так, як це зображено на рис. 2,а для задньої, а на рис.2,б для передньої поверхонь.

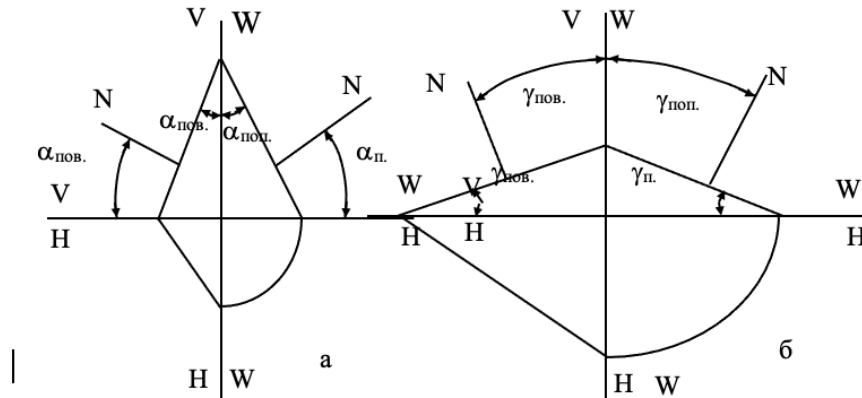


Рис. 1.50. Зображення заточувальних площин

На рисунку 1.51 показано схему попереднього установа різця в інструментальній системі координат при заточуванні по задній поверхні, осі А, В, Д заточувального пристрою і нормаль N проведені із однієї точки. На площини V , W , H системи координат червоним кольором спроектована нормаль до задньої поверхні різця N . Проекції нормалі N до горизонтальної лінії складають попередньо розраховані кути $\alpha_{\text{пов.}}$ і $\alpha_{\text{поп.}}$.

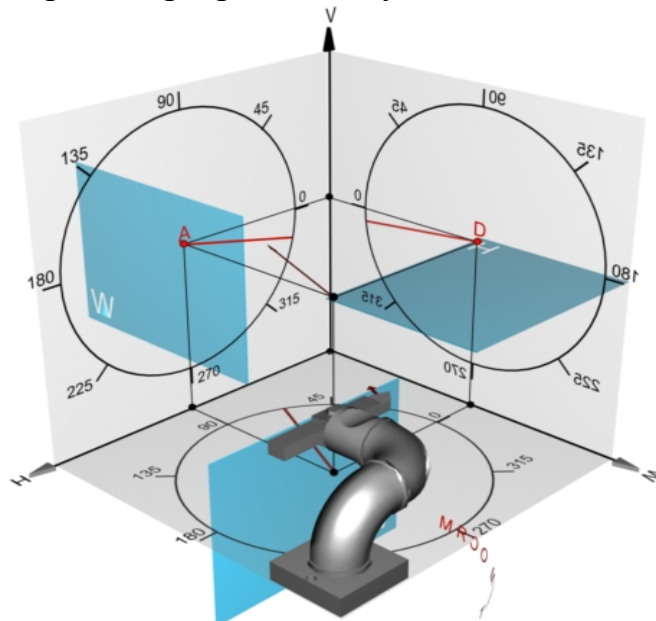


Рис.1.51. Схематичне зображення трьохобертових лещат, різця і нормалі N до задньої поверхні в інструментальній системі координат

На рисунку 1.52. зображена інструментальна система координат, її площини V , W , H . Положення заточувальної площини різця визначається в просторі вектором-нормаллю N до цієї площини, на рисунку 1.50 він проведений до задньої площини. Так як для визначення кутів повороту не важлива відстань між осями, то вектор-нормаль N винесений в окрему точку, її проекціями є центри кіл на рисунку 1.52, в цю ж точку поміщені осі обертання вузлів заточувального пристрою А, В, Д.

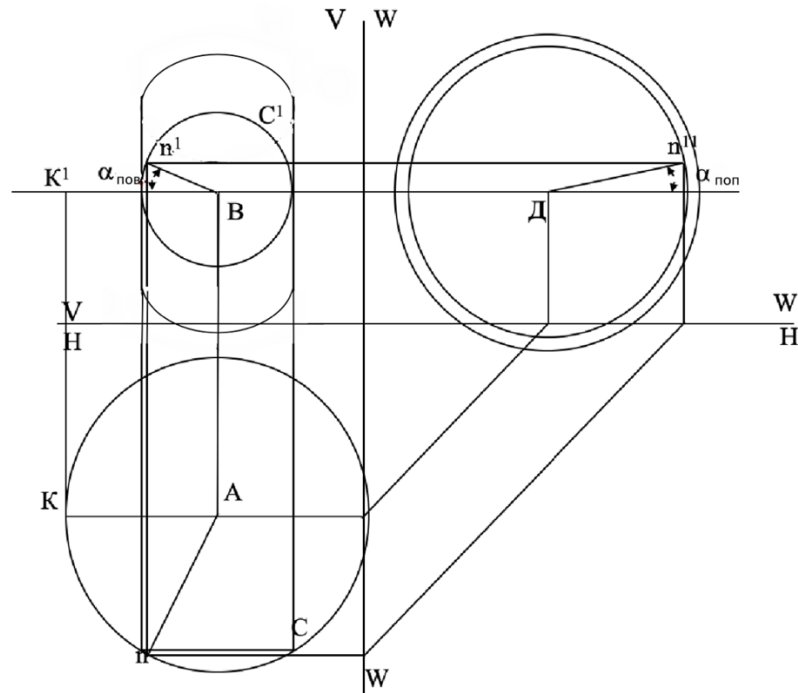


Рис. 1.52. Схема визначення можливих положень нормалі при заточуванні по задній поверхні різця

Положення нормалі визначено за допомогою рис. 1.50, кути $\alpha_{\text{пов.}}$ та $\alpha_{\text{поп.}}$ (задній кут в повздовжньому та поперечному перерізах) вимірюються від горизонтальної прямої і їх величини розраховані. Для простоти прийнято, що всі осі проходять через одну точку, тому ця точка при всіх можливих поворотах всієї системи є нерухомою.

Згідно рисунку 1.48 ось В розташована перпендикулярно до площини V , ось Д – перпендикулярно до площини W , а ось А – перпендикулярно до площини H . Таким чином попереднє положення задньої поверхні за допомогою вектору N визначено в інструментальній системі координат.

Наступний крок - визначення кутів обертання вузлів заточувального пристрою навколо його осей. На рисунку 1.53,а) різець попередньо установлений в пристрої, площина проєкцій W паралельна до торця шліфувального круга. Тому необхідно повернути вузли лещат навколо відповідних осей так, щоб сумістити задню поверхню різця з площиною W . Тоді нормаль N до задньої поверхні буде перпендикулярною до площини W і займе горизонтальне положення на рисунку в двох інших площинах.

Таким чином, задача зводиться до визначення такої сукупності кутів установлення Θ_A , Θ_B , Θ_D , тобто кутів, на які треба повернути вузли пристрою, при яких нормаль N до задньої заточувальної поверхні перпендикулярна до площини W .

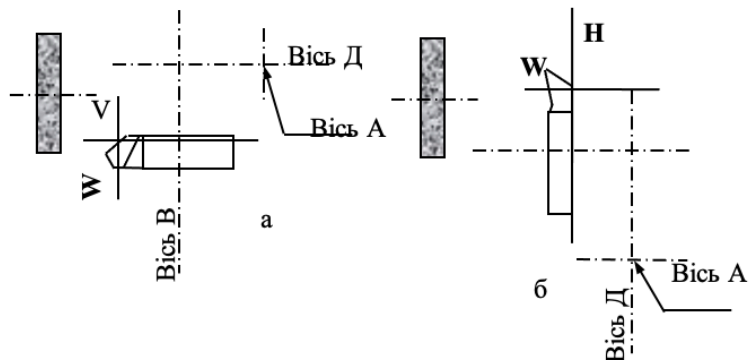


Рис. 1.53. Попереднє положення різця

У відповідності до конструкції лещат перший поворот здійснюють навколо осі В, другий – навколо осі Д, третій – навколо А. Для установлення нормалі N в необхідне положення в обраній системі координат достатньо обертань вузлів пристрою тільки навколо двох осей. Тому маємо такі варіанти і послідовності: ВД, ВА, ДА. Розглянемо які положення займе нормаль у результаті таких обертань. На 1.54. наглядно показане обертання нормалі N навколо осі В.

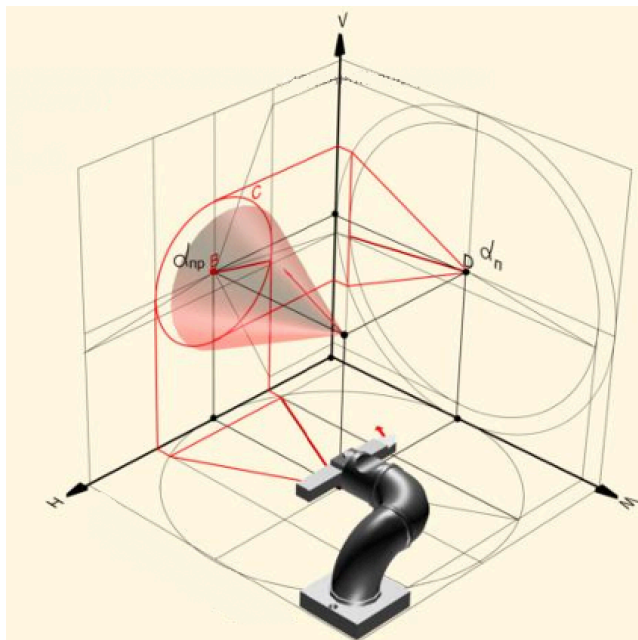


Рис. 1.54. Положення нормалі N при обертанні навколо осі В

Вершина нормалі N при обертанні навколо осі В описує коло C (рис.1.54.), яке характеризує можливі положення нормалі N при її обертанні навколо осі В.

На рис. 1.55. зображено обертання вузлів лещат навколо двох осей. При обертанні кола C навколо осі D , воно описує поверхню, яка є часткою сферичної поверхні. Поверхня тору характеризує собою усі можливі положення нормалі N при її обертанні навколо осей B і D .

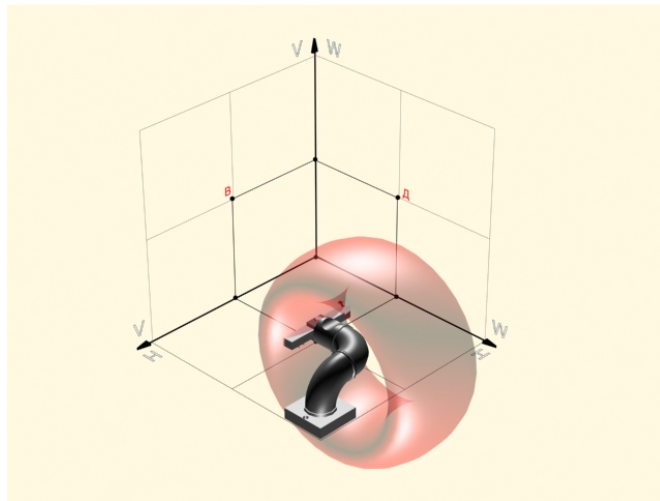


Рис. 1.55. Положення нормалі N при обертанні навколо осей B і D

При обертанні поверхні тору навколо осі A утворюється повністю сферична поверхня, яка характеризує всі можливі положення нормалі при обертання навколо осей B , D , A (Рис. 1.56).

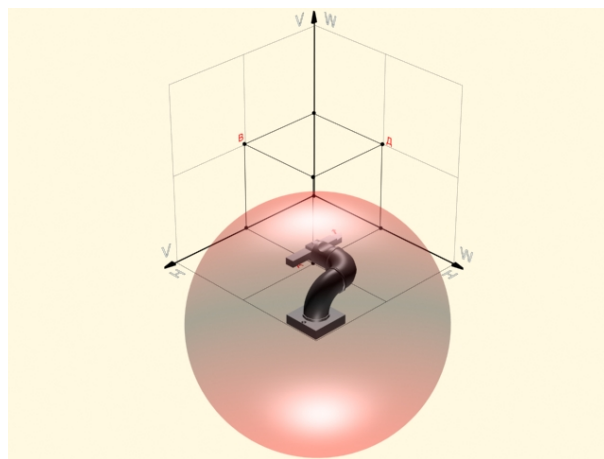


Рис. 1.56. Положення нормалі ON при обертанні навколо трьох осей

Із усіх можливих положень нормалі N треба відібрати ті, при яких нормаль перпендикулярна до площини W , тобто співпадає з прямою OK . Для цього необхідно, щоб внаслідок двох перших поворотів навколо осей B і D нормаль ON була б приведена у горизонтальне положення і вершина нормалі N була б розташована в точці K . Тільки у цьому випадку, обертаючи нормаль N навколо вертикальної осі A , її можна сумістити з прямою OK (рис. 1.52).

Величина кута обертання θ_A навколо осі A в натуральну величину відображується на площині H і залежить від положення нормалі в системі координат, де вона опинилась з результаті двох попередніх поворотів навколо

На рисунку 1.57. наведено приклад настроювання універсально-заточувальної головки шляхом обертання вузлів пристрою навколо осей Д, А. Розрахунок кутів обертання θ_D і θ_A проводять по формулам:

$$\theta_B=0; \quad \theta_D = \alpha_{non.};$$

$$tg \theta_A = tg \alpha_{пов.} / \sin \alpha_{non.}$$

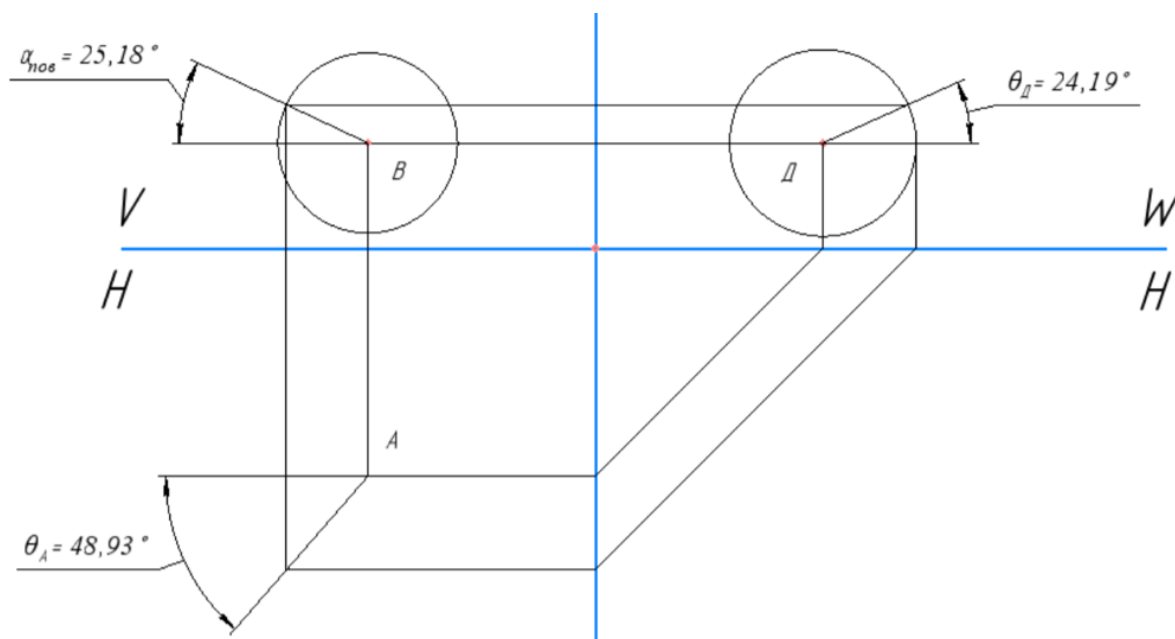


Рис. 1.57. Схема визначення кутів обертання вузлів універсально-заточувальної головки навколо осей Д і А при заточуванні задньої поверхні

Аналогічно здійснюють настроювання універсально-заточувальної головки шляхом обертання вузлів пристрою навколо осей В, А. Розрахунок кутів обертання θ_B і θ_A проводять по формулам:

$$\theta_D=0; \quad \theta_B = \alpha_{non.};$$

$$ctg \theta_A = tg \alpha_{non.} / \sin \alpha_{non.}.$$

Для заточування передньої поверхні токарного різця його встановлюють в універсальній заточувальній головці як показано на рис. 1.49. При цьому площина проєкції H паралельна торцю шліфувального круга. Тому при установленні необхідно надати передній поверхні положення, паралельне площині H , при якому нормаль до передньої площини перпендикулярна до площини H . У відповідності до конструкції лещат перший поворот здійснюють навколо осі В, другий – навколо осі Д, третій – навколо А.

Згідно рисунка 1.49, ось В розташована перпендикулярно до площини H , ось Д – перпендикулярно до площини W , а ось А – перпендикулярно до площини V . На рис. 1.58 зображена нормаль N до передньої площини, її проєкції розташовуються під відповідними кутами від вертикальної прямої в площинах V і W згідно рис. 1.50.

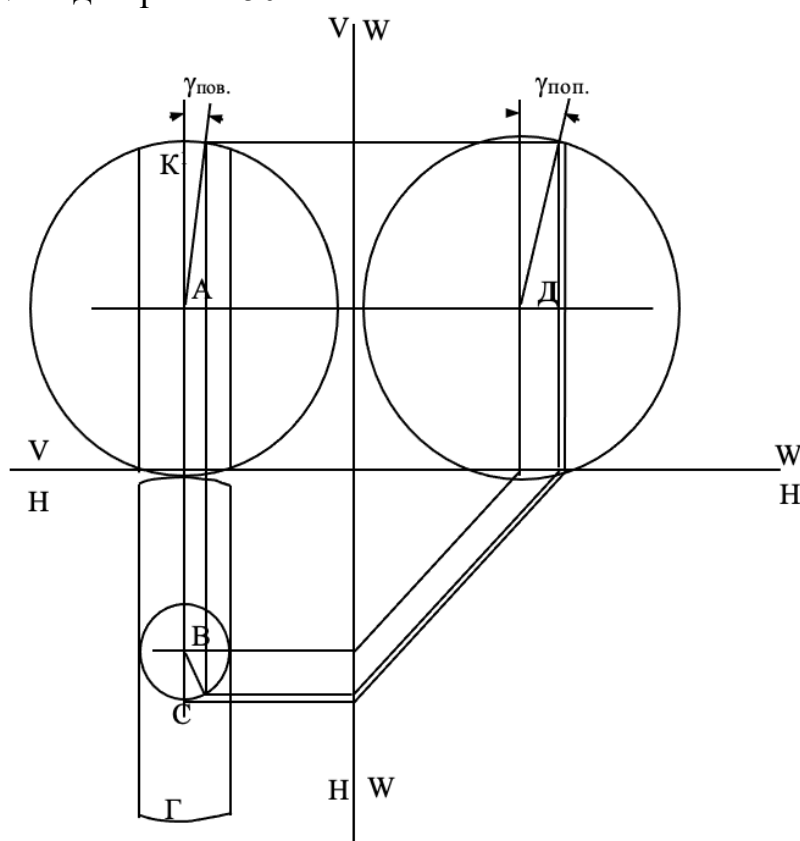


Рис. 1.58. Схема визначення кутів установлення при заточуванні по передній площині різця

При обертанні навколо осі В вершина нормалі N опише коло С, яке буде характеризувати всі можливі положення нормалі. В цьому випадку неможливо знайти жодного положення, при якому нормаль N буде перпендикулярною до площини H . Тому тільки один оберт навколо осі В не може забезпечити вірного положення різця при заточці.

Коло С при обертанні навколо осі Д описує поверхню Γ , яка характеризує всі можливі положення нормалі N при поворотах її навколо осей В і Д. Поверхня Γ включає точку К перпендикуляра ОК до площини H . Тому

можна забезпечити правильне положення різця при заточуванні передньої площини, використовуючи дві осі обертання В і Д. Таким чином маємо можливість настроювати універсально-заточувальну головку, обираючи три комбінації: осі В і Д; осі В і А; осі Д і А.

На рисунку 1.59. наведено приклад настроювання універсально-заточувальної головки шляхом обертання вузлів пристрою навколо осей Д, А. Розрахунок кутів обертання θ_D і θ_A проводять по формулам:

$$\theta_B = 0; \quad \theta_D = \gamma_{\text{нон.}};$$

$$\text{tg } \theta_A = \text{tg } \gamma_{\text{нов.}} \cdot \cos \gamma_{\text{нон.}}$$

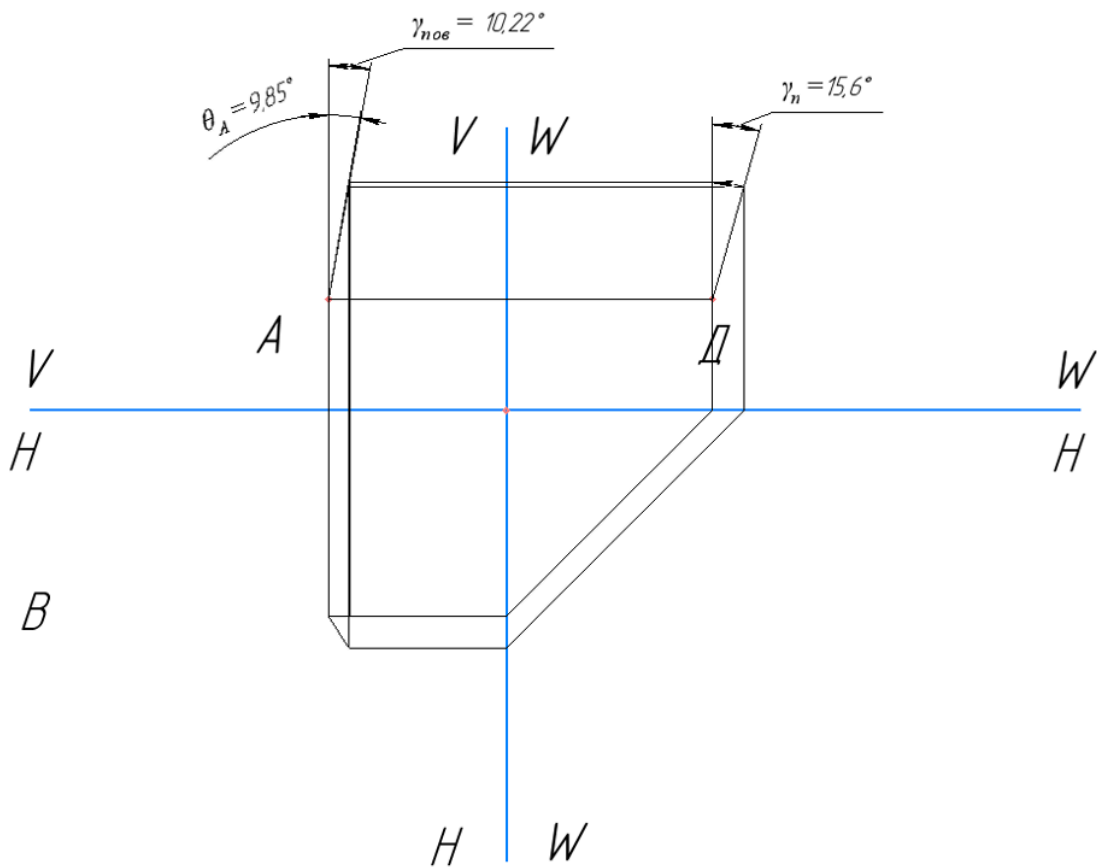


Рис.1.59. Схема визначення величини кутів оберту вузлів універсально-заточувальної головки навколо осей Д, А при заточуванні передньої поверхні

Нормаль N займає вертикальне положення ОК після двох обертів, тобто після першого повороту нормаль досягає вертикального положення, яке відображується на одній з площин проєкцій V або W в залежності від того навколо якої осі проводиться перший оберт, після другого оберту нормаль займає вертикальне положення і на іншій площині проєкцій.

Розрахунок кутів обертання θ_B і θ_A проводять по формулам:

$$\theta_D = 0; \quad \text{tg } \theta_B = \text{tg } \gamma_{\text{нон.}} / \text{tg } \gamma_{\text{нов.}};$$

$$\text{tg } \theta_A = \text{tg } \gamma_{\text{нов.}} / \cos \theta_B$$

Розрахунок кутів обертання θ_B і θ_D проводять по формулам:

$$\theta_A = 0; \quad \operatorname{tg} \theta_B = \operatorname{tg} \gamma_{\text{нов.}} / \operatorname{tg} \gamma_{\text{нон.}} ;$$

$$\operatorname{tg} \theta_D = \operatorname{tg} \gamma_{\text{нон.}} / \cos \theta_B$$

Звіт до лабораторної роботи №2.

Варіант завдання

Універсально-заточувальний верстат моделі:

Матеріал різця:

Шліфувальний круг:

Заточити різець з такими геометричними параметрами:

$\varphi, ^\circ$	$\lambda, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$

Заповнити таблицю:

$\alpha_{\text{нов.}}, ^\circ$	$\alpha_{\text{н.}}, ^\circ$	$\gamma_{\text{нов.}}, ^\circ$	$\gamma_{\text{н.}}, ^\circ$

Визначити аналітично та графічно кути установлення при заточуванні різця по задній площині.

$\theta_A, ^\circ$	$\theta_B, ^\circ$	$\theta_D, ^\circ$
Аналітично	Аналітично	Аналітично
Графічно	Графічно	Графічно

Визначити аналітично та графічно кути установлення при заточуванні різця по передній площині.

$\theta_A, ^\circ$	$\theta_B, ^\circ$	$\theta_D, ^\circ$
Аналітично	Аналітично	Аналітично
Графічно	Графічно	Графічно

Висновок: (навести результати заточування, поміряти передній і задній кути та порівняти із заданими).

Приклад виконання лабораторної роботи.

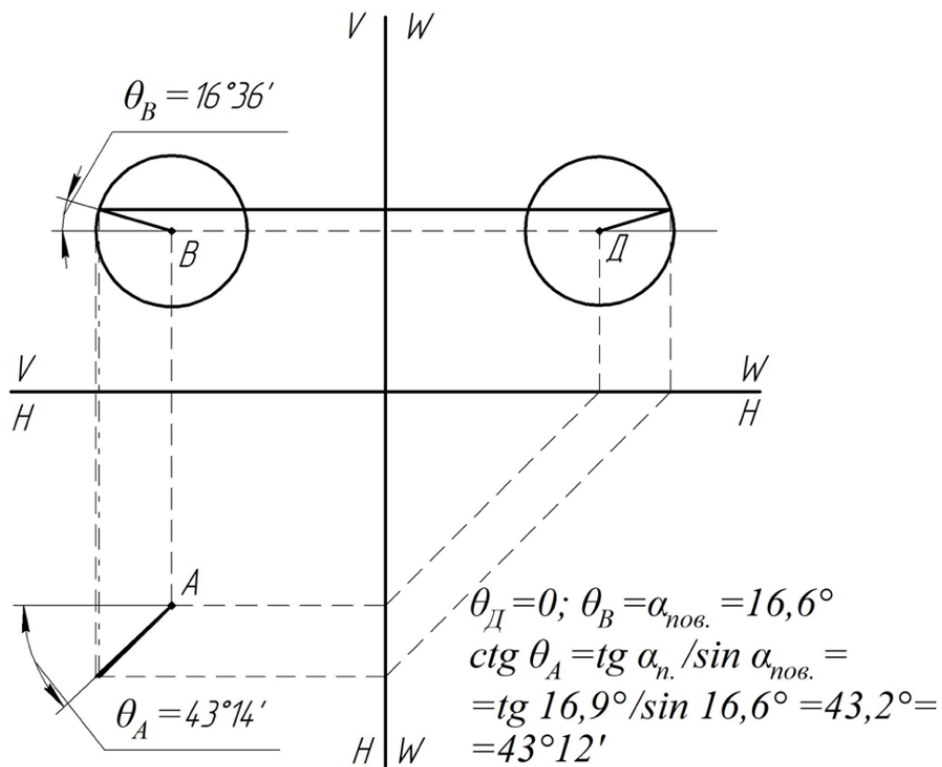


Рис.1.60. Визначення величини кутів оберту вузлів універсально-заточувальної головки навколо осей В, А при заточуванні задньої поверхні

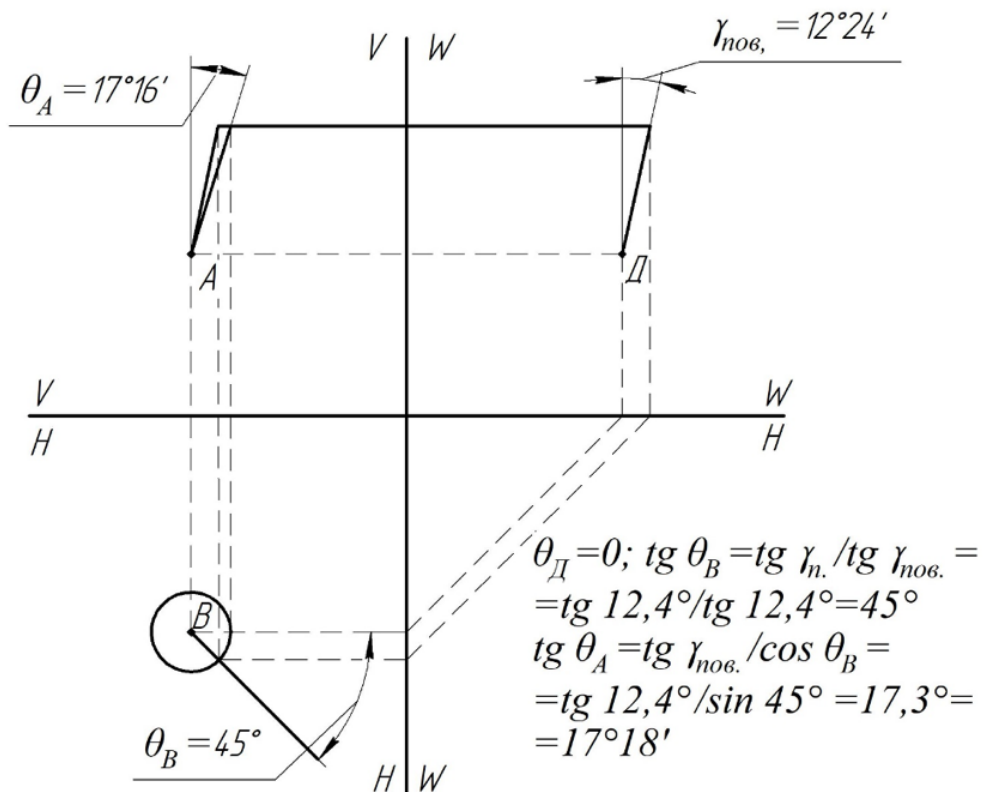


Рис.1.61. Визначення величини кутів оберту вузлів універсально-заточувальної головки навколо осей В, А при заточуванні передньої поверхні

2. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ

2.1. Свердла

Свердло є одним із найпоширеніших металорізальних інструментів, призначених для утворення отворів у суцільному матеріалі, а також для збільшення методом розсвердлювання діаметра попередньо підготовленого отвору. Свердління забезпечує точність обробки отвору 11-13-го квалітетів при шорсткості поверхні Ra (3,2..12,5) мкм.

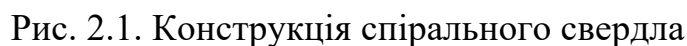
Спеціалізовані інструментальні заводи виготовляють спіральні свердла з швидкорізальної сталі з конічним і циліндричним хвостовиками діаметром 0,1...80 мм), цілісні твердосплавні діаметром 0,2...12,0 мм та з припаяними пластинами твердого сплаву діаметром 1,2...12,4 мм.

В даний час в машинобудуванні застосовується більше двох тисяч типів свердел дуже різноманітних за конструктивними і геометричними параметрами. Використання в промисловості спеціальних свердел зумовлено збільшенням вимог до якості отворів та появою нових конструкційних матеріалів (важкооброблюваних сталей та сплавів, пластмас, легких сплавів та ін.). Тому конструкції свердел за їх застосуванням для свердління різних матеріалів можна розділити умовно на наступні групи:

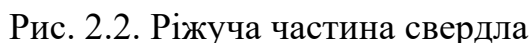
- універсальні свердла;
- свердла для твердих та особливо твердих матеріалів високої міцності;
- свердла для кольорових металів та їх сплавів (включаючи тверді та неслоїсті пластмаси);
- свердла для легких металів, що дають зливну стружку (включаючи легкі та шаруваті пластмаси);
- свердла для свердління глибоких отворів;
- свердла для точних отворів;
- свердла для свердління інших матеріалів (мармуру, скла).

2.1.1. Особливості геометрії та конструкції універсального (спірального) свердла

Типовим представником свердлильного інструменту є універсальне (спіральне) свердло. Спіральне свердло складається з наступних частин (рис. 2.1): L_0 - робоча частина, L_0 - ріжуча частина, 2 - спрямовуюча частина, шийка 3, хвостовик 4 і лапка 5.



Поперечна кромка 3 з проєкціями ріжучих кромek утворює кут ψ - кут нахилу поперечного леза; зазвичай $\psi = 50 \dots 55^\circ$.


$$tg\gamma_N = \frac{tg\omega D_x}{tg\varphi D}.$$

Передній кут може бути визначений і в циліндричному перерізі - у кожній точці ріжучої кромки, на найбільшому діаметрі він дорівнює куту нахилу гвинтової канавки

$$\operatorname{tg} \gamma_o = \frac{D_x}{D} \operatorname{tg} \omega.$$

Задній кут головних ріжучих кромek свердла, як і передній, може вимірюватися у двох перерізах: у циліндричному α та нормальному α_N . Ці кути пов'язані між собою залежністю:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi$$

Задні кути є змінними; мінімальне значення вони мають на периферії свердла. Для стандартних свердел зі швидкорізальної сталі α приймається рівним $8...15^\circ$, для твердосплавних свердел $\alpha = 4...6^\circ$.

Кут нахилу гвинтових канавок свердла ω впливає на міцність і жорсткість свердлів, а також на стружкoвідведення. Рекомендуються такі значення кутів ω : для обробки крихких матеріалів (чавун, бронза та ін.) $\omega \approx 10...16^\circ$; для обробки матеріалів середньої міцності та в'язкості (конструкційні сталі) $\omega \approx 25...35^\circ$; для обробки в'язких матеріалів (алюміній, мідь) $\omega \approx 35...45^\circ$

Іноді, крім кута, задається і крок гвинтових канавок:

$$p = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega},$$

де D – діаметр свердла; ω - кут нахилу стружкової канавки на діаметрі D .

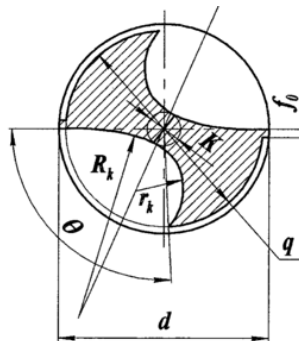


Рис. 2.3. Форма поперечного перерізу частини свердла

Спрямовуюча частина свердла (рис. 2.3) призначена для видалення стружки із зони різання і служить для спрямування свердла в отворі стрічками. Ширина стрічок повинна бути можливо меншою для зниження тертя об оброблюваний отвір, але водночас і такою, щоб забезпечити достатню міцність стрічок. Ширину стрічки слід вибрати за такою формулою:

$$f_0 = (0,1...0,5) \sqrt[3]{d}.$$

Стрічки по довжині свердла мають зворотну конусність у межах 0,03...0,12 мм на кожні 100 мм довжини свердла – для швидкорізальних свердел та 0,1...0,2 мм – для твердосплавних свердел.

Діаметр серцевини K свердла приймається рівним $(0,125-0,145)d$ і з метою зміцнення інструменту збільшується до хвостовика свердла (до 1,7 мм на 100 мм довжини).

Кут стружкової канавки θ свердла зазвичай дорівнює куту спинки або більше за нього на $2...3^\circ$. Виходячи з цього визначається ширина пера в нормальному до осі перерізі.

Шийка виконується тільки у свердел з конічним хвостовиком і служить для виходу шліфувального кола, а також маркування свердла.

Хвостовики спіральних свердлів виготовляються циліндричними або конічними з конусами Морзе.

Лапка служить для вибивання свердла із шпинделя або оправки.

Вітчизняний та зарубіжний досвід показує, що на стійкість свердл впливає велика кількість факторів, головними з яких є:

- точність виконання ріжучих елементів свердл;
- геометрія різальної частини: подвійний кут при вершині 2ϕ , кут нахилу гвинтової стружкової канавки ω , задній кут α ;
- спосіб заточування;
- жорсткість інструменту та технологічної системи, а також величина вильоту свердла;
- застосовувані режими різання та умови експлуатації свердел.

Узагальнені дані вітчизняного та зарубіжного передового науково-технічного досвіду дозволяють визначити головні напрямки у розвитку сучасних конструкцій швидкорізальних спіральних свердлів:

1. Підвищення динамічних характеристик свердла – міцності, жорсткості та вібростійкості – за рахунок встановлення раціональної товщини серцевини; збільшення діаметра спинки свердла; зменшення довжини спіралі та вильоту свердла; застосування різних методів заточування свердла та підточування серцевини; застосування термообробки, що забезпечує максимальну міцність та жорсткість; збільшення жорсткості кріплення свердла шляхом застосування конічних цапф для циліндричних свердел; дослідження нових конструкцій і т.п.

2. Підвищення точності виконання геометричних параметрів різальної частини свердла – наближення до ідеального свердла, яке має нульове биття стрічок на всій довжині спіралі та повну симетричність лез.

3. Застосування сучасних інструментальних матеріалів для виготовлення спіральних свердел, що забезпечують високу червоностійкість при високій міцності та достатній пружності, наприклад, заміною швидкорізальної сталі Р6М5 у важких умовах свердління на сталі підвищеної продуктивності.

4. Поліпшення структури та термообробки сталей застосуванням швидкорізальних сталей з мінімальною карбідною неоднорідністю, що

забезпечує отримання гарантованої термообробки за єдиною технологією для цієї марки сталі.

Конструкції спіральних сверدل. Не розглядаючи докладно всього різноманіття існуючих конструкцій свердел, форм ріжучої частини, підточувань перемички і стрічок, проаналізуємо лише деякі конструкції, що задовольняють першу, головну вимогу у вдосконаленні спіральних свердел - збільшення динамічних характеристик свердла.

2.1.2. Шнекові свердла

Ці свердла призначені для утворення глибоких отворів у чавунних та сталевих деталях без періодичного виведення інструменту для видалення стружки.

Особливе значення має застосування шнекових свердел на агрегатних верстатах і автоматичних лініях, де раніше широке поширення мав спосіб свердління глибоких отворів стандартними свердлами, що супроводжувався періодичним виведенням їх з отвору. Недоліком такого способу була мала продуктивність, пов'язана з низькими режимами різання і втратою часу на періодичне виведення свердла; неможливість свердління глибоких отворів на вертикальних верстатах; ускладнення конструкцій верстатів, пов'язане з необхідністю забезпечення ступінчастої подачі силових головок.

Шнековий свердло (рис. 2.4) має ряд особливостей:

- 1) збільшений кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 45...60^{\circ}$ (у стандартних – 33°);
- 2) форма канавок трикутна. В осьовому перерізі профіль канавки утворений двома прямими, сполученими дугою кола; передня поверхня перпендикулярна осі свердла, а задня переходить безпосередньо в стрічку;
- 3) товщина серцевини в 2...3 рази вище, ніж у стандартних свердел, становить $(0,3...0,35)d$ і постійна по довжині свердла;
- 4) передня та задня поверхні плоскі;
- 5) кути ріжучої частини не залежать від кута нахилу гвинтової канавки, так як отримуються спеціальним заточуванням передньої поверхні. Це дає можливість отримання необхідних, з погляду стійкості, кутів різання та забезпечує необхідний напрямок сходу стружки, а також її дроблення.
- 6) ширина стрічки f становить 0,5...0,8 від розміру стрічки стандартних свердел (у стандартних свердел діаметром 1...50мм $f = 0,2...2$ мм);
- 7) інструмент умовно поділяється на дві частини: ріжучу та спрямовуючу.

Показана на рис. 2.4 геометрія та форма заточування передньої поверхні застосовується для свердління без виведення інструменту отворів глибиною $(30...40)d$ у чавуні. Стійкість таких свердел діаметром 12 мм при свердлінні СЧ 15...32 ($S=0,207$ мм/об, $V=18,8$ м/хв, $L=160$ мм) вище стандартних більш ніж 10 разів.

Збільшений кут та спеціальний профіль стружкових канавок забезпечує надійне видалення стружки із зони різання. Завдяки зменшенню

кроку стружкових канавок забезпечується кращий напрямок свердла в кондукторних втулках і отворі, що обробляється.

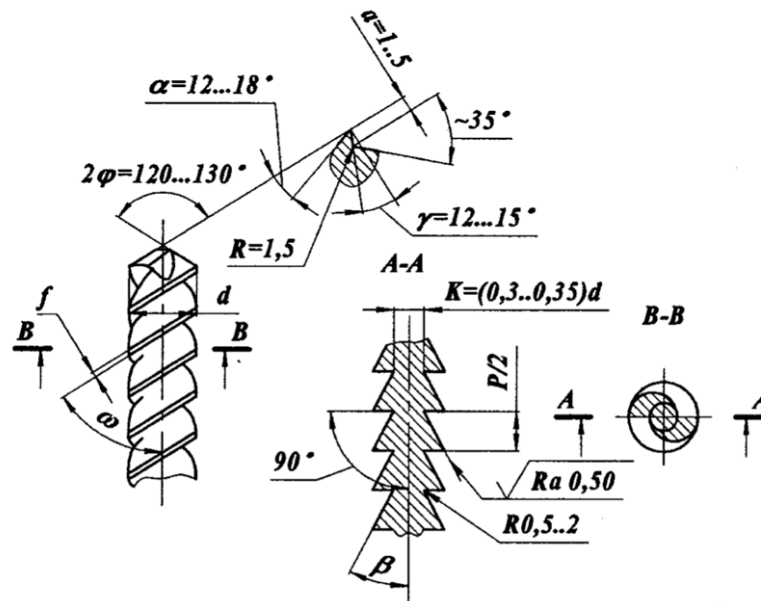


Рис. 2.4. Елементи конструкції та геометрії шнекового свердла для обробки чавуну

Для обробки шнековими свердлами глибоких отворів у сталях вказана на рис. 2.4. форма заточування не застосовується, тому що не забезпечується стабільне дроблення стружки, через що можливе заклинювання свердла та його поломка.

Досліджено оптимальну форму різальної частини шнекових свердел, що обробляють сталь на глибину до $35d$, та знайдено параметри заточування шнекових свердлів для обробки сталей 20Х, 40Х та 45 (рис.2.5):

$$2\varphi = 90^\circ; \alpha = 14...15^\circ; \gamma = 14...15^\circ; \varphi = (0,18...2,0)d, \\ b = (0,13...0,14)d; c = (0,16...0,17)d; f = 0.6 \text{ мм.}$$

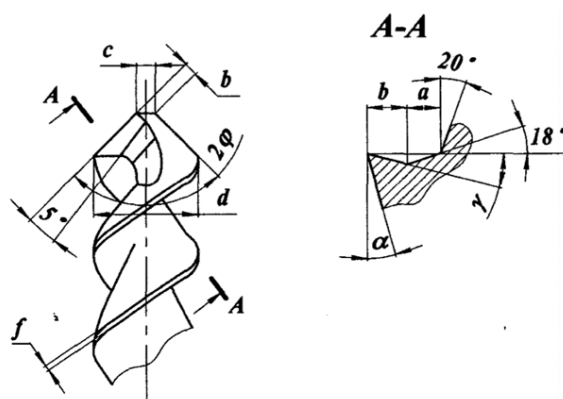
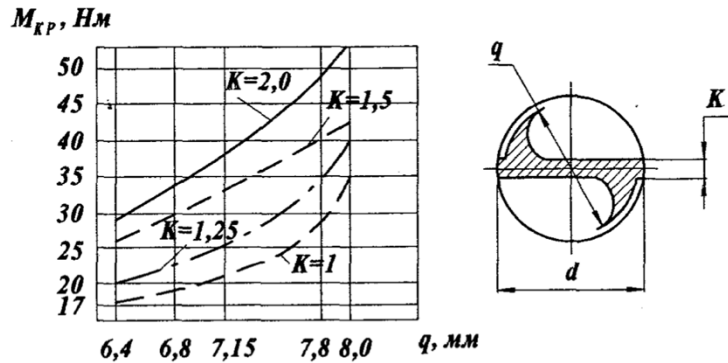


Рис. 2.5. Геометрія шнекових свердлів для обробки сталі

Стійкість шнекових свердлів для обробки сталевих деталей в середньому в 1,5 рази вища за звичайні, що дозволяє використовувати їх на агрегатних верстатах та автоматичних лініях.

2.1.3. Свердла зі збільшеним діаметром спинки

В порівняльних дослідженнях міцності свердел, виготовлених з однієї партії матеріалу та підданих однаковій термічній та механічній обробці, при постійних значеннях кутів ω , 2φ і діаметра d але змінюваній товщині серцевини та діаметру спинки, була отримана залежність руйнівного крутного моменту, що характеризує міцність свердла, від діаметра спинки (рис. 2.6).



2.6. Вплив розміру спинки свердла на міцність спіральних свердел:
свердла $\varnothing 8,0$ мм з P18,

На підставі цих результатів рекомендується застосовувати свердла з $q = d - (0,4 \dots 0,6)$ і величиною $K = (0,18 \dots 0,23)d$. Додатково було встановлено, що міцність свердел збільшується в середньому на 10% для фрезерованих свердел зі шліфованими канавками та на 19...40% для свердел з прокатаними канавками.

Для свердел зі шліфованою спинкою та канавкою, у порівнянні з фрезерованою спинкою та канавкою, очікується збільшення міцності приблизно в 1,3 рази, а збільшення їх стійкості, більш ніж у 2 рази по відношенню до фрезерованих.

2.1.4. Спіральні свердла із затилованими стрічками

Відомо, що максимальне зношування свердел спостерігається на периферійній ділянці головних лез (по куточках). На напрямних циліндричних стрічках, особливо під час обробки в'язких сталей, часто утворюються наліпи, сприяють виникненню вібрацій і зниженню стійкості свердла.

Циліндрична форма напрямних стрічок забезпечує напрямок інструменту в отворі, крім цього, у куточків напрямні стрічки виконують роль допоміжних лез. Циліндрична форма допоміжних лез зумовлює їхню абсолютно незадовільну геометрію ($\alpha_l = 0$ і φ_l близькі до нуля), у результаті спостерігається високий знос периферійних куточків.

Різні форми підточування напрямних стрічок свердел (рис. 2.7) покращують геометрію допоміжних ріжучих кромek, що сприяє значному підвищенню стійкості, знижують налипання.

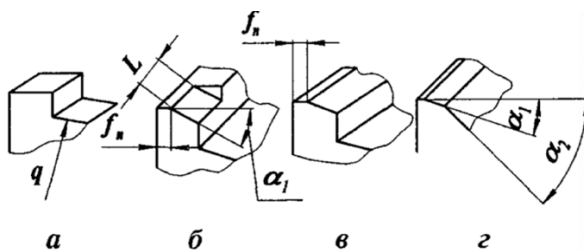


Рис. 2.7. Форми підточування стрічок свердел: *а* – стандартна стрічка; *б* – стрічка підточена на довжині l із залишенням фаски f_n під кутом $\alpha_1 = 6...8^\circ$, $l = 2...5\text{ мм}$; *в* – стрічка підточена по всій її довжині із залишенням фаски $f_n = 0,2...0,4\text{ мм}$; *г* – стрічка і спинка утворені двома кутами α_1 і $\alpha_2 = 10...11^\circ$

Конструкція свердел із затилованими стрічками (рис. 2.8) усуває налипання на напрямних стрічках свердел та покращує геометрію допоміжних ріжучих кромок.

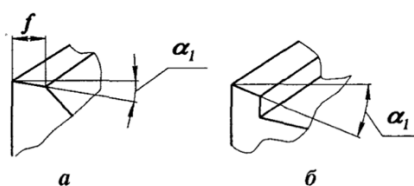


Рис. 2.8. Геометрія затилованих стрічок свердла

Стрічки в цьому випадку загострені під кутом $\alpha_1 = 5...6^\circ$ на всій їх довжині, причому стрічка утворена або за допомогою площини (рис. 2.8, *а*), або переходить в дугову спинку (рис. 2.9, *б*). Затилування стрічок здійснюється на круглошліфувальному верстаті в центрах, причому операція затилування проводиться замість зовнішнього шліфування. Після затилування однієї стрічки свердло повертається на 180° , і проводиться обробка другої стрічки.

Стійкісні дослідження по сталі, чавуну та алюмінію показали, що свердла з затилованими стрічками в 1,5-3 рази довговічніші, ніж стандартні. Зміщення свердла, а також спотворення розмірів і геометрії отворів (розбивка, еліпсність і конусність) практично однакові у разі обробки звичайними свердлами та свердлами з затилованими стрічками. Виняток становить алюміній, де розбивання отворів, оброблених свердлами з затилованими стрічками, вище. Деяке збільшення трудомісткості операції шліфування напрямних стрічок компенсується збільшенням стійкості свердел.

2.1.5. Свердла з механічним кріпленням пластин твердого сплаву

Свердла з механічним кріпленням багатограних пластин, що не переточуються (БНП) твердого сплаву (рис. 2.9) виконуються з прямими або гвинтовими канавками і, як правило, мають канали для подачі охолоджуючої рідини в зону різання. Такі свердла призначені для обробки коротких отворів (з глибиною до трьох діаметрів) у різних матеріалах з діаметрами від 18 мм.

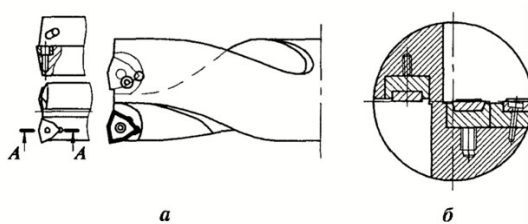


Рис. 2.9. Конструкція свердел з непереточуваними пластинами твердого сплаву

На відміну від універсальних спіральних свердлів з симетричним розташуванням головних ріжучих кромek свердла з БНП оснащуються, залежно від діаметра, двома (рис. 2.9,а) або трьома (рис. 2.9,б) різними за формою несиметрично розташованими пластинами, які мають стружколамаючі канавки. Одна з пластин з кутом у плані, близьким до 180° , знаходиться ближче до периферії інструменту, а інша – до центру. Для свердел великих діаметрів (65-80 мм) використовується і третя пластина, що заповнює проміжок між першими двома, при цьому кріплення трьох пластин здійснюється в касетах, механічно закріплених в корпусі свердла (рис. 2.9,б).

Недоліком свердел з БНП є невірноваженість зусиль різання, оскільки радіальні сили (рис. 2.10) прагнуть відхилити свердло від напрямку подачі. Пластини на свердлі слід підбором кутів ε і θ розташовувати таким чином, щоб результуючі сили P на кожному перу були паралельні і рівні за величиною.

Свердла з БНП відрізняються високою жорсткістю, допускають при обробці сталі швидкості різання до 150 м/хв і подачі, що втричі перевищують подачі для звичайних інструментів.

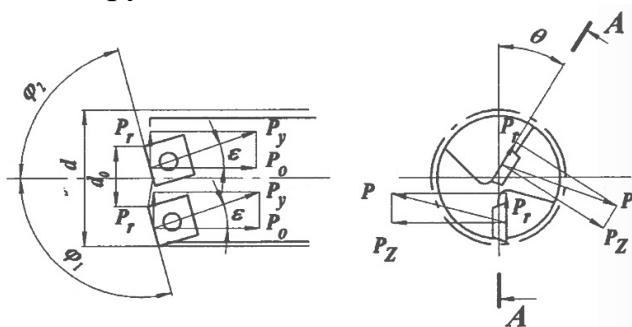


Рис. 2.10. Схема розподілу зусиль на свердлі

2.1.6. Заточування спіральних свердел

Геометрія передньої поверхні стандартних спіральних свердел, як правило, стала, а величина переднього кута залежить від конструктивних елементів свердла (його діаметра, товщини серцевини), кутів ω , 2ϕ .

Задні кути можуть змінюватися в широких межах залежно від способу отримання задньої поверхні (методу заточування) та параметрів налаштування заточувальних верстатів та пристроїв.

Залежно від характеру рухів інструменту та послідовності заточування лез свердла розрізняють безперервну і роздільну заточку. Як правило,

безперервне заточування здійснюється по гвинтовій поверхні та використовується для заточування свердел при їх виготовленні у спеціалізованому інструментальному виробництві; роздільне заточування застосовується при переточуванні свердл і має два різновиди - конічну і плоску.

Гвинтова форма задньої поверхні свердла забезпечується обертальним рухом інструменту та одночасним поступальним та обертальним рухом шліфувального кола. Процес гвинтового заточування може бути автоматизований.

При конічному заточенні задня поверхня свердла є частиною поверхні конуса обертання, ось якого щодо осі свердла зміщена на величину K і становить з нею кут ϵ , а відстань від вершини конуса до осі свердла дорівнює H (рис. 2.11).

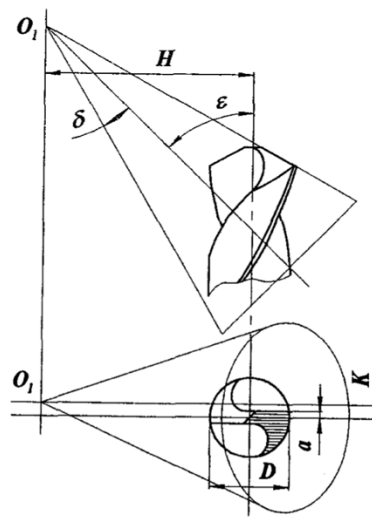


Рис. 2.11. Схема заточування свердла по конічній поверхні

Відомі два різновиди конічного заточення: метод Уошборна ($\epsilon=20^0$ або 45^0) та метод Вайскера ($\epsilon=90^0$).

Для отримання позитивних задніх кутів на свердлі необхідно щоб $K > \alpha$. Але зазвичай при заточуванні конусом задаються не величинами α , H і K , а відносинами K/D і H/D ; наприклад, для методу Уошборна $H/D=1,8$; $K/D=0,17$.

При плоскому заточенні задня поверхня свердла є частиною однієї або двох площин (рис. 2.12). Плоске заточування в порівнянні з іншими способами має ряд переваг:

- 1) простота заточування;
- 2) не потрібно спеціальних заточувальних верстатів та пристроїв, її можна здійснити на універсально-заточувальному верстаті;
- 3) достатня точність заточування;
- 4) стійкість свердел з плоскою заточкою при свердлінні вуглецевих сталей однакова або вище в 1,4-5 разів, ніж у свердел, заточених на конічній поверхні.

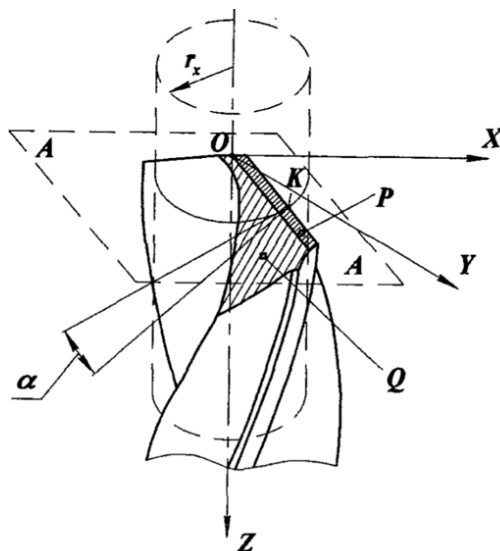


Рис. 2.12. До визначення заднього кута на свердлі при плоскому заточенні

При всіх способах заточування задній кут у циліндричному перерізі є змінним, що збільшується до центру.

2.2. Зенкери

Зенкери є багатолезовими інструментами, що застосовуються для збільшення діаметрів отворів з метою підвищення їх точності і зниження шорсткості, а також для отримання отворів заданого профілю і для обробки торцевих поверхонь. Досяжна точність обробки зенкерами - IT9...IT10, шорсткість обробленої поверхні – до R_z .

Зенкери розрізняються:

за оброблюваною поверхнею:

- циліндричні – збільшення діаметра циліндричних отворів (рис. 2.13,а);

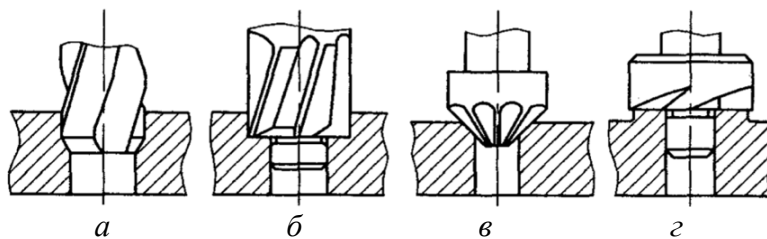


Рис. 2.13. Типи зенкерів на вигляд оброблюваних поверхонь

- циліндричні з прямою цапфою – для обробки циліндричних заглиблень під головки гвинтів (рис. 2.13,б),

- конічні – для обробки конічних отворів під головки гвинтів, центрових отворів та зняття фасок (рис. 2.13,в),

- торцеві – для зачистки торцевих поверхонь (рис. 2.13, г),

- комбіновані (ступінчасті, фасонні);

за способом кріплення:

- хвостові з конічним або циліндричним хвостовиком,

- насадні;

за конструкцією:

- цілісні;

- збірні;

- з напаяними та з вставними ріжучими зубами;

за інструментальним матеріалом:

- швидкорізальні;

- твердосплавні, в тому числі і з пластинами, що не переточуються;

за формою стружкових канавок:

- прямозубі;

- з гвинтовим зубом.

2.2.1. Конструктивні елементи та геометричні параметри зенкерів

Циліндричний хвостовий зенкер (рис. 2.14) має: ріжучу частину 1, ділянку 2, що калібрує, робочу частину 3, шийку 4, хвостовик 5, лапку 6.

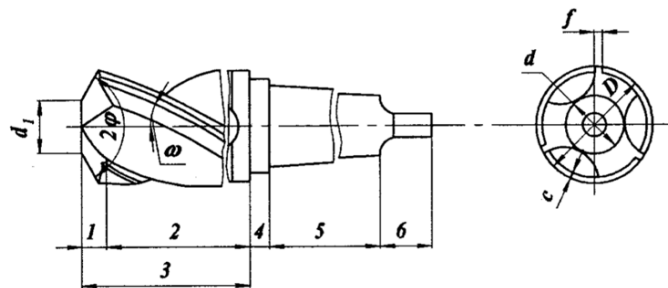


Рис. 2.14. Конструктивні елементи циліндричного хвостового зенкера

Ріжуча частина зенкера. Геометричні параметри зенкера покажемо з прикладу насадного зенкера, оснащеного твердим сплавом.

Зенкер - багатозубий інструмент, зазвичай $z = 3-4$, рідше $z = 6$. Кожен зуб зенкера має три леза (рис. 2.15): 1-2 – головне, 2-3 – перехідне та 3-4 – допоміжне. Ці леза мають відповідні кути в плані: - $\varphi = 60...75^\circ$ для твердосплавних зенкерів, - $\varphi = 45...60^\circ$ для зенкерів зі швидкорізальної сталі. Кут нахилу головного леза λ у зенкерів зазвичай має негативну величину і вибирається не більше $\lambda = - (5...15^\circ)$.

Кути різання зенкерів вибираються в залежності від матеріалу, що обробляється. Задній кут $\alpha = 8...10^\circ$; його величина, як і в свердл, змінна по довжині леза. Передній кут γ вимірюється в нормальному перерізі NN і має наступні значення: для алюмінію, латуні $\gamma = 25...30^\circ$ м'якої сталі $\gamma = 15...20^\circ$, сталі середньої твердості $\gamma = 8...12^\circ$, для чавуну середньої твердості $\gamma = 6...8^\circ$ і твердої сталі і чавуну $\gamma = 0...5^\circ$.

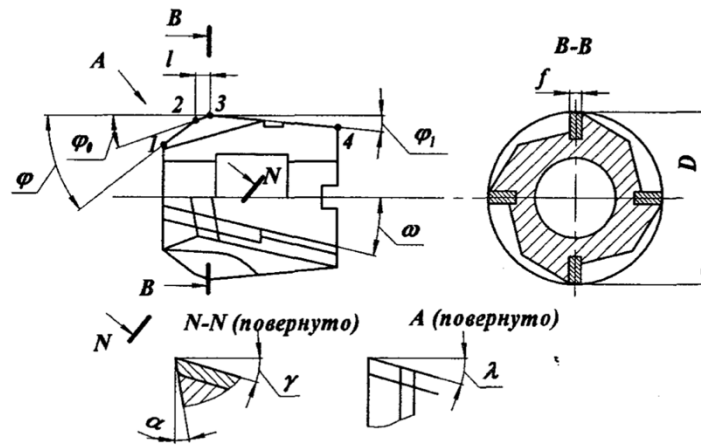


Рис. 2.15. Геометричні параметри зенкерів

Кут нахилу стружкової канавки вибирається залежно від властивостей оброблюваного матеріалу: для чавуну - $\omega = 0^\circ$, а інших випадках $\omega = 10 \dots 30^\circ$, причому 10° - для обробки твердих матеріалів, а більше значення - для м'яких і в'язких матеріалів.

Перехідне лезо 2-3 утворюється у місці стику головного та допоміжного лез. Воно виконується у твердосплавного інструменту, а також інструменту, призначеного для обробки сталевих деталей; зазвичай $l = 0,8 \dots 1$ мм. У перехідного леза кут у плані $\varphi_0 = 0,5\varphi$ та задній кут $\alpha_0 = \alpha$.

Калібрувальна частина зенкера на довжині допоміжного леза 3-4 має циліндричну стрічку $f = 0,8 \dots 1,2$ мм (на кожному зубі) і зворотний конус $0,04 \dots 0,1$ мм на 100 мм довжини робочої частини. Фактично зворотна конусність визначається допоміжним кутом у плані φ_l (див. рис. 2.16), який вибирається не більше $1 \dots 2^\circ$.

Діаметр циліндричного зенкера вибирається в залежності від його призначення – для обробки отвору під наступне розвертання (І тип) та для остаточної обробки (ІІ тип).

2.2.2. Розрахунок виконавчих розмірів зенкерів для циліндричних отворів

Зовнішній діаметр зенкера відповідає діаметру остаточно обробленого отвору. Для зенкерів І типу діаметр частини, що калібрує дорівнює номінальному діаметру остаточно обробленого отвору, а граничні відхилення на розмір (допуски) вибираються з урахуванням величини припуску під подальшу обробку, наприклад під розвертання.

Знайдемо виконавчі розміри зенкера для підготовки отвору під подальше розвертання, наприклад, $\varnothing 45H9 (45^{+0,062})$. Схема полів допусків показано на рис. 2.16.

Тут α - мінімальна величина припуску під розвертання;

$\sigma = \Delta_2 - \Delta_1$ - допуск на неточність виготовлення зенкера.

Виконавчий розмір зенкера цього типу по діаметру калібрувальної частини дорівнює:

$$d_u = (D - \Delta_I) - \delta = (D - \Delta_I)_{(\Delta_2 - \Delta_1)} = (45 - 0,29)_{-(0,49 - 0,29)} = 44,71_{-0,05} \text{ мм.}$$

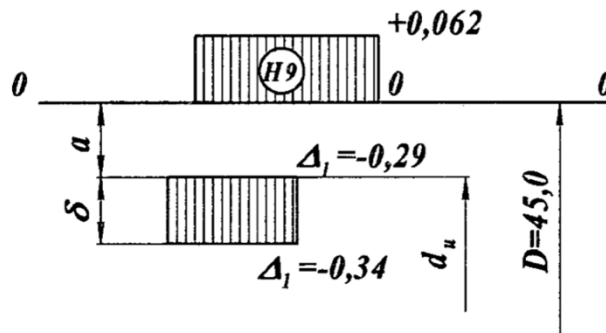


Рис. 2.16. Схема полів допусків до розрахунку виконавчих розмірів зенкера I типу

Для зенкерів II типу, призначених для остаточної обробки отворів, діаметр калібрувальної частини вибирається по діаметру отвору з урахуванням допуску на виготовлення, величини розбивки і запасу на знос. Величина розбивки отвору становить 0,3...0,4 допуску на отвір, що обробляється, тобто $\alpha = (0,3...0,4)_{\text{отв. відп.}}$

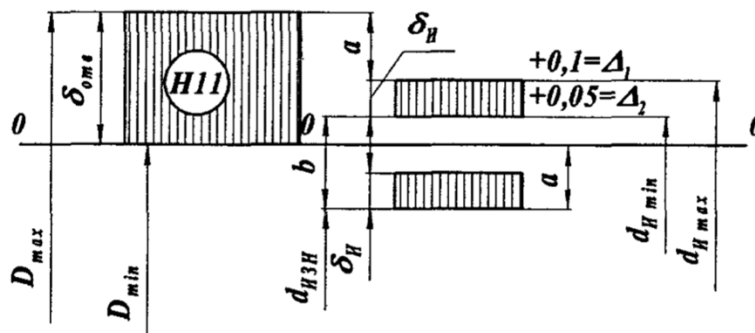


Рис. 2.17. Схема полів допусків до розрахунку виконавчих розмірів зенкерів II типу

2.2.3. Конструкції зенкерів з БНП

Останніми роками у зв'язку з поширенням БНП з'явилися конструкції зенкерів, ріжуча частина яких оснащена цими пластинками. Відомі два варіанти конструкції цих зенкерів: без поділу шару, що зрізається (рис. 2.18) і з поділом шару, що зрізається (рис. 2.19)

Ріжуча пластинка 1 (рис.2.19) закріплюється в корпусі 2 за допомогою тяги 3, яка переміщається в осьовому напрямку гвинтом 5, завдяки упорному диску 4. Геометрія таких зенкерів

$$\varphi = 45^0; \varphi_0 = 20^0; \gamma = -15^0; \alpha = 6...8^0; \lambda = 8...12^0.$$

Перевагами цієї конструкції в порівнянні з напайним інструментом є: швидка заміна пластинки, що затупилася; підвищення продуктивності за

рахунок застосування твердих сплавів; скорочення витрат на заточування та переточування.

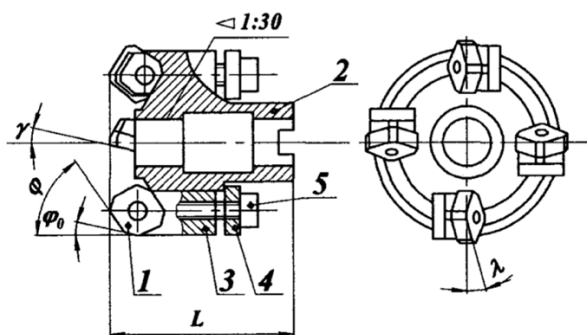


Рис. 2.18. Конструкція зенкера, оснащеного БНП, без поділу шару, що зрізається.

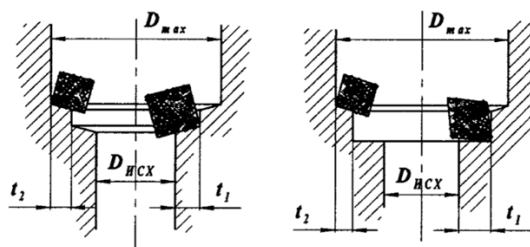


Рис. 2.19. Схеми роботи зенкерів, оснащених БНП, з поділом шару, що зрізається

Зенкери з БНП, що працюють за схемою з поділом шару, що зрізається, оснащуються двома непереточуваними пластинками. Необхідні задні та передні кути створюються відповідною установкою пластинки в корпусі. Для поділу зрізаного припуску по глибині та діаметру ріжучі пластинки мають гарантоване зміщення один щодо одного і в осьовому напрямку (див. рис. 2.19). Такими зенкерами можна проводити чорнову та чистову обробку отворів. Промисловістю випускаються зенкери такої конструкції для обробки отворів діаметрами від 30 до 120 мм, і в них можна використовувати пластинки практично будь-якої форми.

Максимальний припуск $t = t_1 + t_2 + 7$ мм, що знімається, діаметр вихідного отвору $D_{\text{вих}} = 2t_1 - 2t_2$.

2.3. Розвертки

Розвертки є багатолезовим інструментом для обробки точних циліндричних та конічних отворів з малою шорсткістю. Точність обробки розвертками IT6...IT9; для отримання високоточних отворів застосовуються дво- і навіть триразове розвертання комплектом з розверток: чорнової, проміжної і чистової. Досяжна шорсткість поверхні $R_a = 0,32 \dots 1,25$ мкм.

Припуск на сторону під час розвертання залежить від виду розвертання та діаметра інструменту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Припуски під розвертання, мм		
Діаметр отвору	Чорнове розвертання	Чистове розвертання
3...4	...	0,03
5...6	...	0,04
8...10	0,08	0,05
12...18	0,12	0,06
20...30	0,15	0,07
30...50	0,20	0,08

Розвертки різняться:

за формою отворів, що обробляються:

- циліндричні та конічні;

за способом застосування:

- машинні та ручні;

за формою стружкових канавок:

- прямозубі та скіснозубі;

за інструментальним матеріалом:

- твердосплавні та з швидкорізальної сталі;

за конструктивними особливостями:

- насадні; хвостові з циліндричним хвостовиком; плаваючі розвертки (блоки); зі вставними зубами; регульовані з розсувними зубами; збірні та ін.

2.3.1. Конструктивні елементи та геометричні параметри розверток

Розвертка має забірну, або ріжучу частину l і частину, що калібрує l_1 (рис. 2.20). Калібруюча частина на довжині l_2 заданого розміру, на цій ділянці розвертка має постійний діаметр. На довжині l_3 робиться зворотний конус з метою зменшення тертя та розбивки отвору. Різниця діаметрів конуса становить 0,03...0,05 мм і перевищує допуску виготовлення розвертки.

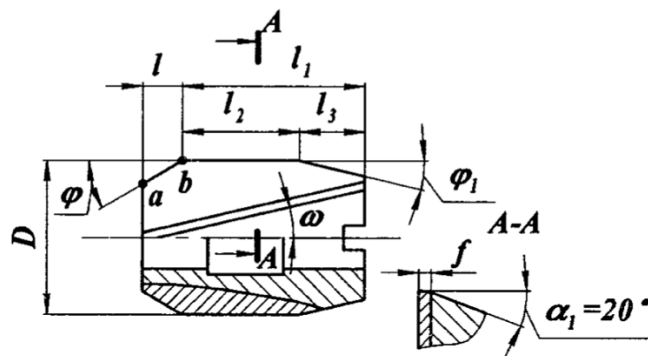


Рис. 2.20. Конструктивні елементи та геометричні параметри розвертки

Довжина циліндричної частини l_2 , що калібрує, повинна бути обмеженою, щоб не розбивати отвори: $l_2 = (0,5...1)D$ – для машинних розверток $l_2 = (2,5...5)D$ – для ручних розверток. Довжина зворотного конуса $l_3 = (0,15 ... 0,3)D$; кут забірного конуса φ приймається залежно від типу розверток: $\varphi = 0^0 30^1 ... 1^0 30^1$ - для ручних розверток, $\varphi = 30...45^0$ - для машинних розверток та $\varphi = 5...15^0$ - для твердосплавних розверток та розверток, призначених для обробки глухих отворів.

Передній та задній кути вимірюються у нормальному перерізі до головного леза ab (див. рис. 2.20) та мають наступні значення. Задній кут $\alpha = 6...12^0$ (чим більш в'язкий оброблюваний матеріал, тим більший задній кут); передній кут $\gamma = 0$ чистових розверток; $\gamma = 0...15^0$ чорнових розверток та $\gamma = 0...15^0$ твердосплавних розверток.

На частині розвертки, що калібрує (рис. 2.23, переріз А-А) виконується циліндрична стрічка $f = 0,05...0,25$ мм; що більше діаметр розвертки, то більше величина цієї стрічки. Допоміжний задній кут на стрічці $\alpha_1 = 10...20^0$.

Для кращого відведення стружки, що особливо важливо для обробки в'язких матеріалів, для отворів з поздовжніми канавками та отворів, що перериваються по довжині, застосовують розвертки з кутами ω (гвинтові або похилі). Гвинтові зуби забезпечують меншу шорсткість та більшу стійкість інструменту.

Напрямок гвинтових зубів робиться зворотним напрямку обертання для попередження заїдання та самозатягування розвертки: $\omega = 7...8^0$ - для обробки чавуну та твердої сталі; $\omega = 1...20^0$ - для сталі та ковкого чавуну; $\omega = 35...45^0$ - для алюмінію та легких сплавів. Наприклад, котельні розвертки виготовляються лише з гвинтовим зубом $\omega = 25...30^0$.

Кількість зубів розвертки для спрощення контролю за діаметром приймається зазвичай парним. Ручні та машинні розвертки мають такі кількості зубів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Кількість зубів у розверток					
Діаметри розверток, мм	3...10	11...19	20...30	32...45	46...50
Кількість зубів, z	6	8	10	12	14

Котельні розвертки діаметром менше 50мм найчастіше мають $z = 4$. У збірних розверток число зубів менше, тому що вставні ножі та елементи кріплення вимагають більшого місця для їх розміщення по колу корпусу розвертки.

Нерівномірний розподіл зубів по колу у розверток робиться з метою попередження появи в отворі поздовжніх рисок, розташованих відповідно до кроку; ризики утворюються через періодичну зміну навантаження від неоднорідності матеріалу, наявності м'яких і твердих включень, через віджимання розвертки. Якщо θ - окружний крок розвертки, його нерівномірність по колу приймається у межах: $\Delta\theta = 3^0$ при $z = 6$; $\Delta\theta = 2^0$ за $z = 8$ і $\Delta\theta = 1,5^0$ за $z = 10$.

2.3.2. Виконавчі розміри калібрувальної частини розверток

Розвертка є недовговічним інструментом, тому до неї пред'являються підвищені вимоги щодо призначення допуску на діаметр.

Розвертки точності Н6 рідко зустрічаються у машинобудуванні; по *H11* отвори обробляються зенкером або розточувальним різцем. Тому за основу приймаються отвори *H7-H9* (охоплюють 13 посадок із 22).

При призначенні допусків на розвертку слід пам'ятати таке:

- розвертка, як правило, розбиває отвір, тому максимальний діаметр розвертки виконується менше за найбільший діаметр отвору;
- розвертка повинна допускати якомога більше переточувань, тобто, повинна мати певний запас на зношування;
- розвертка повинна мати допуск на виготовлення такої величини, щоб отримання її на круглошліфувальному або доводочному верстатах не викликало труднощів;
- при зміні розмірів від переточувань у межах запасу на зношування розвертка повинна забезпечувати задану точність і шорсткість отвору.

Так як розвертка, аналогічно свердлу та зенкеру, збільшує розмір отвору в порівнянні з її фактичним розміром («розбивка»), то, щоб уникнути браку, занижують верхнє відхилення розвертки в порівнянні з верхнім відхиленням отвору. Для збільшення запасу на знос нижнє відхилення діаметра зношеної розвертки вибирають нижче нижнього відхилення діаметра отвору.

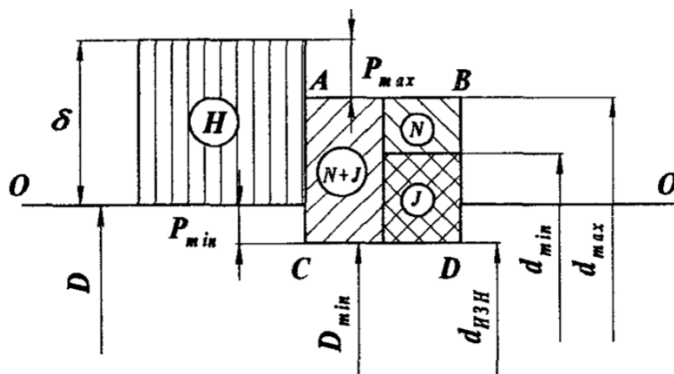


Рис. 2.21. Схема розташування полів допусків під час розрахунку виконавчих розмірів розвертки:

P_{max} - допуск отвору, що обробляється, АВ - верхнє відхилення діаметра розвертки (d_{max}), CD - нижнє відхилення діаметра зношеної розвертки ;
 N – допуск на виготовлення розвертки, J – гарантований запас (допуск) на зношування розвертки в процесі експлуатації, P_{max} - максимальна розбивка отвору та P_{min} - мінімальна розбивка отвору.

При обробці загартованих сталей розвертками, що мають негативні передні кути (до 15°), спостерігається негативна розбивка (усадка) отвору. Це ж відбувається і при обробці в'язких і пластичних матеріалів, а також під час роботи тупими розвертками. У цьому випадку верхнє відхилення приймають

рівним або майже рівним верхньому відхилення отвору, проте і при цьому не виключена небезпека одержати браку через розбивку. Тому найчастіше застосовуються системи, що передбачають зниження максимального діаметра розвертки щодо верхнього відхилення отвору. Розмір зниження приймається так: $P_{\max} = 1/3 P_{\max}$ - для отворів точності *H6*, *H7* і *H9* і $P_{\max} = 1/4 P_{\max}$ - для отворів точності *H11*.

2.3.3. Деякі конструктивні особливості розверток

Звичайні машинні розвертки через наявність головного кута в плані незручно заточувати, так як потрібно дві установки для заточування циліндричної забірної та калібруючої частини. З іншого боку, при малому куті ϕ зростає радіальна сила різання, збільшується зміщення осі отвору і вібрації інструменту в процесі різання. Зазначених недоліків позбавлені розвертки зі ступінчастою забірною частиною (з кільцевою заточкою) (рис. 2.22).

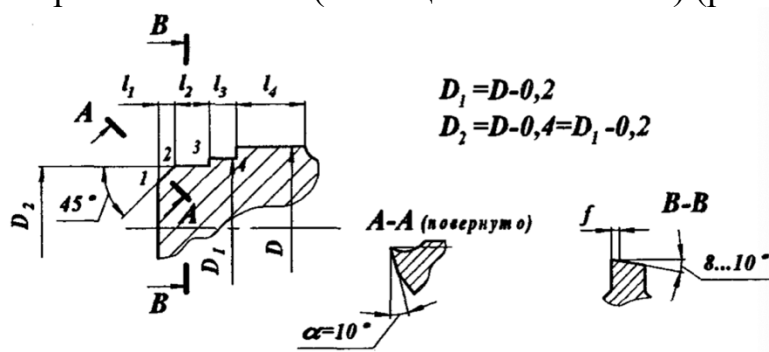


Рис. 2.22. Схема розвертки з кільцевою заточкою

Кільцеве заточування виконується у вигляді двох циліндричних сходинок l_1 і l_2 шириною 2...4 мм залежно від діаметра розверток. Щодо номінального діаметра ці сходинки за діаметрами занижені на 0,2 і 0,4 мм відповідно.

На торці розвертки $l_1 = 2$ мм під кутом 45° знято фаску і заточено із заднім кутом $\alpha = 10^\circ$, як у зенкера. На лезах 2-3 і 3-4 утворюється по циліндру фаска $a = 0,15 \dots 0,4$ мм, що покращує напрямок інструменту і, збільшуючи тертя ($\alpha_f = 0^\circ$), посилює опір вібраціям.

Ділянка l_f є частиною, що калібрує, як у звичайної розвертки, але вона виконується коротше.

Фактично, розвертки з кільцевою заточкою поєднують функції звичайного зенкера і розвертки, тому можуть працювати з великими припусками (до 1 мм).

Плаваючі розвертки (рис. 2.23) застосовують для обробки отворів великих діаметрів (90...600 мм); їх висота $H = (0,1 \dots 0,2) D$; $\phi = 5 \dots 15^\circ$. Ці розвертки забезпечують точність отворів *H7* ... *H9* і шорсткість $Rz = 1,25$, але в процесі роботи точно копіюють ось попередньо підготовленого отвору.

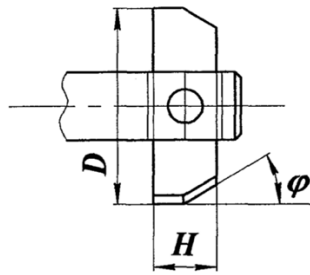


Рис. 2.23. Плаваюча розвертка

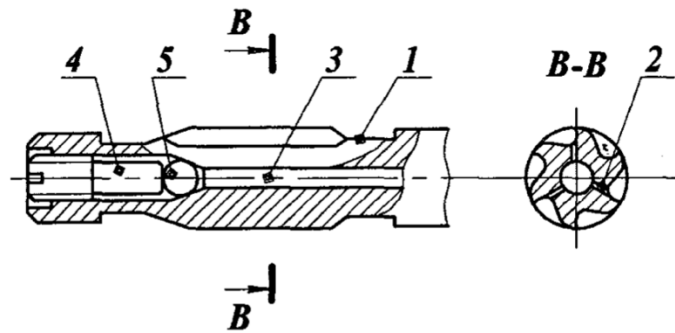


Рис. 2.24. Конструкція розтискної розвертки

Розтискні розвертки (рис. 2.24) застосовуються в ремонтній справі та дозволяють збільшити номінальний діаметр отворів 6...50 мм на 0,15...0,5 мм. Уздовж западин зубів цих розверток в корпусі 1 прорізаються шліці 2 до наскрізного осевого отвору 3, причому число шліців вдвічі менше кількості зубів розвертки.

Гвинт 4 торцем упирається в кульку 5 і завдяки наявності пазів і конічної поверхні при загвинчуванні роздає розвертку по діаметру.

Розвертки із синтетичних надтвердих матеріалів (СНМ) (рис. 2.25) Використовуються для обробки неповних отворів або отворів, перетнутих поперечними каналами, коли потрібно забезпечити відхилення діаметра до 5 мкм і шорсткість поверхні $R_a = 0,5...0,3\text{мкм}$ (наприклад, деталі гідроапаратури).

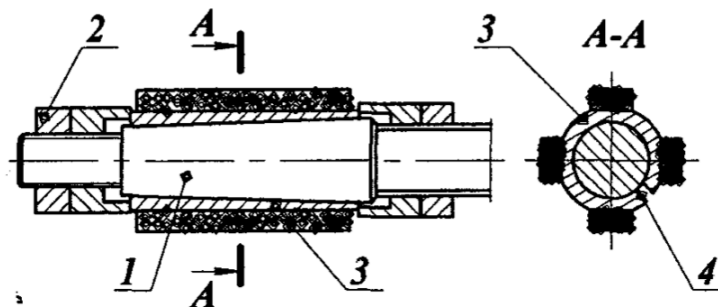


Рис. 2.25. Розвертка із синтетичних надтвердих матеріалів

Розвертка з СНМ нагадує хонінгувальну головку і складається із загартованої сталевий оправки 1, на конусній частині якої гайками 2 кріпиться чавунна втулка 3 зі спіральним розрізом 4 і поздовжніми канавками. На поверхню втулки 3 гальванічним шляхом наноситься СНМ (кубічний нітрид

бору або синтетичні алмази) або бруски з СНМ припаюються до втулки. Поздовжнім переміщенням втулки регулюється діаметр розвертки і встановлюється на 0,01...0,03 мм більше діаметра отвору, що розвертається. Обробка проводиться за один-три подвійні ходи інструменту з подачею 1,0...4,5 мм/об і швидкістю близько 20 м/хв.

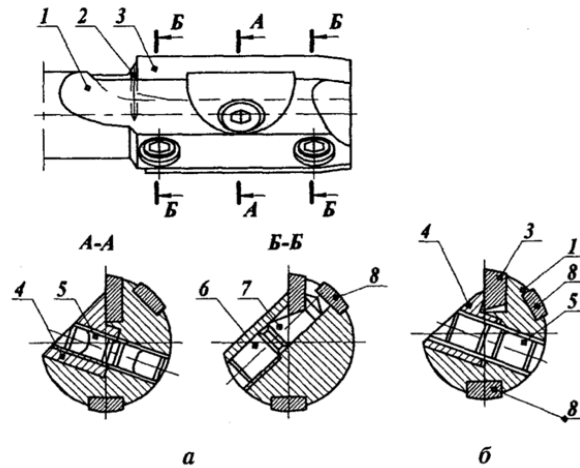


Рис. 2.26. Однолезові розвертки зі змінною твердосплавною пластиною

Однолезова розвертка зі змінною твердосплавною пластиною (рис. 2.26) поєднує властивості ріжучо-вигладжувального та самоцентруючого інструменту. У корпусі розвертки планкою 4 і гвинтом 5 закріплюють двосторонню непереточувану ріжучу пластину 3 з твердого сплаву, регульовану в радіальному напрямку двома гвинтами 6 через сухарі 7. В осьовому напрямку пластину фіксує штифт 2. Гвинт 5 з правою і лівою різьбою піднімає планку 4 і утримує її в такому положенні до наступного затягування. До корпусу 1 припаяні дві, а іноді три або чотири напрямні твердосплавні планки 8, зміщені послідовно на різні кути щодо ріжучої пластини так, що одна з напрямних пластин завжди діаметрально протилежна ріжучій пластині. Завдяки цьому полегшується вимірювання діаметра інструменту, забезпечується його самоцентрування та виключається зміщення осі отвору.

Однолезові розвертки залежно від оброблюваного матеріалу та кута забірного конуса ріжучої пластини забезпечують точність отворів 8-6 класів, шорсткість поверхні $R_a = 1,6 \dots 0,15$ мкм і можуть працювати з глибинами різання від 1 до 15 мм при обробці сталі, чавуну та кольорових металів. Рекомендовані граничні режими різання для обробки отворів у сталевих та чавунних деталях однолезовими розвертками: подачі $S = 0,04 \dots 0,5$ мм/об, швидкості різання $V = 4 \dots 100$ м/хв при обов'язковому використанні ЗОР.

Для остаточної обробки попередньо розвернутих конічних отворів застосовуються однолезові розвертки (рис. 2.27) зі змінною твердосплавною пластиною 1 і направляючими пластинами 2. Ріжуча пластина виступає над планками на 0,03 мм (на сторону), і цей розмір витримується на всій довжині. Такі розвертки не мають заборної частини і перекривають припуск (порядку

0,3 мм) за рахунок зменшення початкового діаметру, що подовжує ріжучу частину. При цьому використовується кілька притискних планок та регулювальних гвинтів. Режими різання, що застосовуються: $V=4\ldots6$ м/хв; $S=0,4\ldots0,6$ мм/об.

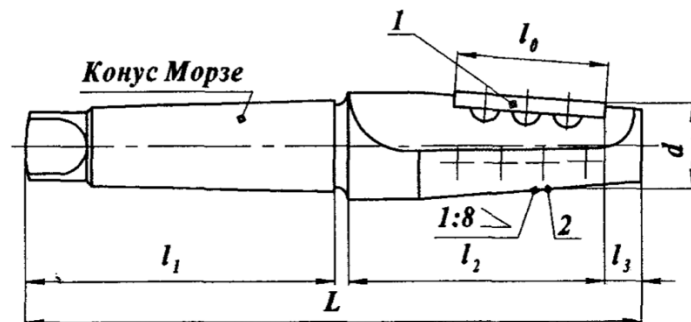


Рис. 2.27. Однолезова конічна розвертка зі змінною твердосплавною пластиною

2.4. Лабораторна робота №3

Дослідження геометрії спіральних свердел

Ціль роботи

1. Вивчення конструкції і геометричних параметрів спіральних свердел.
2. Ознайомлення з устаткуванням для вимірювання задніх кутів спіральних свердел.

Порядок виконання роботи.

Лабораторна установка (рис.2.28) складається з стола 1, на якому розміщені ділильна головка 2, стійка 3 з індикатором 4 і мікрометричним гвинтом 5. Використовується вона для непрямого вимірювання задніх кутів на різальній частині свердла.

Схема вимірювання показана на рис.2.29. Свердло 8 установлюється у ділильній головці пристрою, показаному на рис. 1.

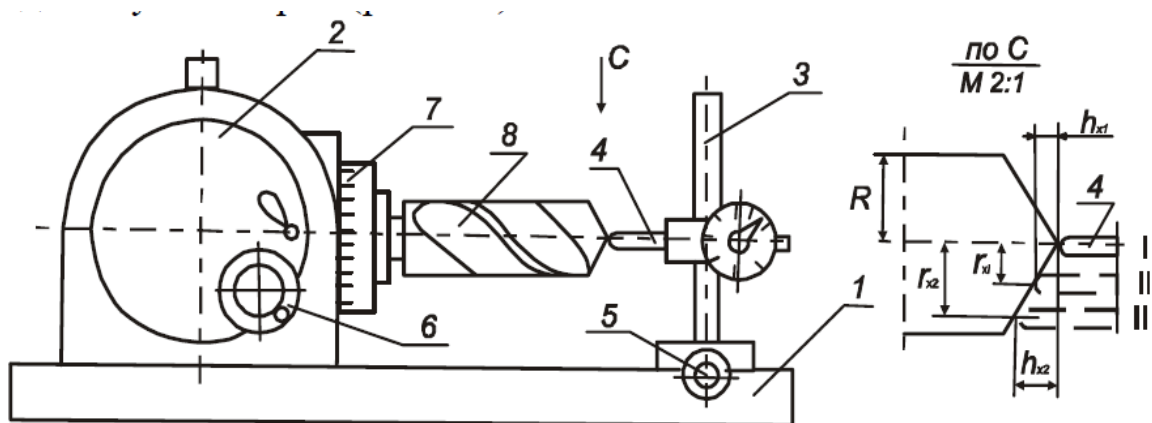


Рис. 2.28. Установка для вимірювання заднього кута свердла

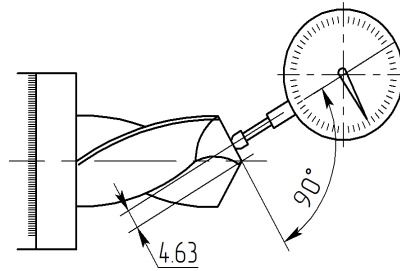


Рис. 2.29. Схема вимірювання

Свердло закріплюється у шпинделі ділильної головки. На точку головної різальної кромки леза встановлюють вістря індикатора і при повороті свердла в ділильній головці на кут θ (зчитують з лімба) вимірюють падіння задньої поверхні свердла h_x (показання індикатора).

Довжину дуги, яку окреслив би індикатор на задній поверхні свердла за відсутності заднього кута, визначають за формулою

$$S_z = \frac{\pi D_x \theta_x}{360^\circ}.$$

Вимірювання значень D_x пов'язане з деякими труднощами. Тому вимірюють відстань l_x від перетинки до точки x вздовж різальної кромки, а відповідний діаметр розраховують так:

$$D_x = 2l_x \cdot \sin\varphi.$$

Задній кут у головній січній площині, яка проходить через точку x різальної кромки,

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{h_x}{s_x}.$$

При свердлінні практичне значення має величина заднього кута в осьовій площині (через великі подачі). Залежність між задніми кутами в осьовій і головній січніх площинах така:

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{h_x}{\sin\varphi}.$$

Тому остаточно (за результатами експерименту) задній кут в осьовій площині в точці x головної різальної кромки розраховується за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{360h_x}{\pi D_x \theta_x \sin\varphi}.$$

Передній кут в осьовій площині для точки, що знаходиться на зовнішньому діаметрі, дорівнює куту підйому гвинтової лінії свердла ω (рис. 2.30):

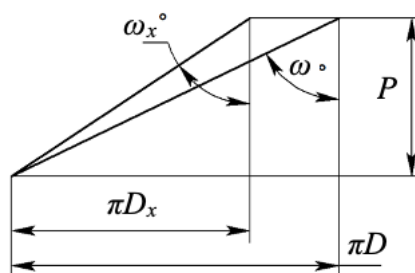


Рис. 2.30. Зображення гвинтової лінії

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \operatorname{tg} \omega = \frac{\pi D}{P}.$$

де P – крок гвинтової канавки свердла.

З рисунка видно, що за значенням γ_0 можна визначити передній кут у точках, які знаходяться на будь-якій відстані від осі:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x}{D} \operatorname{tg} \gamma_0.$$

Передній кут визначає умови стружкоутворення, тому його значення знаходять у головній січній площині:

$$\operatorname{tg} \gamma_x = \frac{D_x \operatorname{tg} \omega}{D \sin \varphi}.$$

Звіт до лабораторної роботи №3.

1. Схема вимірювання заднього кута.
2. Ескіз свердла із зображенням геометрії і конструктивних елементів.
3. Таблиця результатів вимірювання (не менше ніж у 5 точках).
4. Розрахунки задніх і передніх кутів
5. Графіки залежностей переднього і заднього кутів від діаметра, на якому розміщена точка різальної кромки.
6. Висновки з роботи.

Запитання для самоперевірки

1. З яких частин складається свердло?
2. Скільки лез і різальних кромки у свердла?
3. Як залежить передній і задній кути від величини діаметра?
4. Як повинна встановлюватися ніжка індикатора на задній поверхні при вимірюванні?
5. З якою метою визначається довжина дуги, яку окреслює ніжка індикатора?
6. Чому важливо знати величину заднього кута свердла в осьовій площині?
7. Як змінюється кут загострення в різних точках різальної кромки свердла? Чому?

2. 5. Лабораторна робота №4

Заточування свердел по двом площинам за допомогою універсально-заточувальної головки

Ціль роботи

1. Вивчення конструкції і геометричних параметрів свердел.
2. Формоутворення задніх поверхонь свердел при заточуванні по двом площинам.
3. Ознайомлення з устаткуванням для заточування свердел і придбання навичок у настроюванні універсально-заточувальної головки на універсально-заточувальному верстаті.

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити самостійно класифікацію, конструктивні елементи і геометричні параметри свердел.
2. Навести ескіз спірального свердла з позначенням на ньому геометричних параметрів і конструктивних елементів.
3. Відповідно до варіанта завдання вибрати шліфувальний круг для заточування свердла.
4. Графічно визначити положення нормалі до площини R свердла.
5. Графічно визначити кути поворотів універсально-заточувальної головки при заточуванні площин P і Q свердла.
6. Аналітично визначити кути поворотів заточувальної головки для площин R і F .
7. Заточити свердло по двом площинам.
8. Виміряти геометричні параметри свердла і порівняти їх із заданими.
9. Зробити висновок по роботі.

Визначення кутів установлювання при заточуванні свердла по двом площинам.

Для забезпечення на різальній частині свердла необхідних величин заднього кута α , кута при вершині 2φ і кута нахилу поперечної різальної кромки ψ (рис.2.31), необхідно кожен зуб свердла заточувати по двом площинам (P і Q на рисунку 2.32).

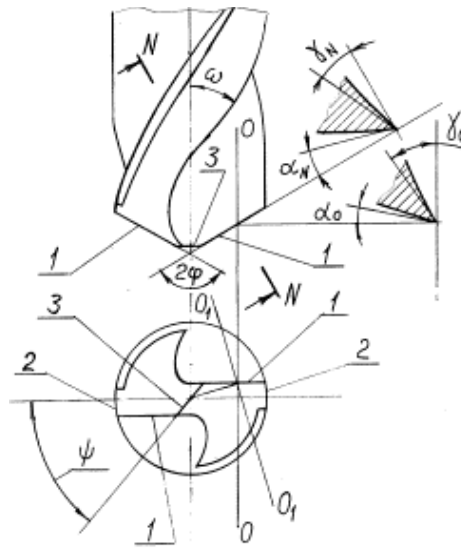


Рис. 2.31. Геометричні параметри спірального свердла

У процесі заточування площини P свердла торцем шліфувального крута потрібно забезпечити свердлу таке положення на верстаті, при якому площина P паралельна площині шліфувального крута. Отже, насамперед необхідно визначити положення нормалі до заточуваної площини. Вирішимо цю задачу графічно.

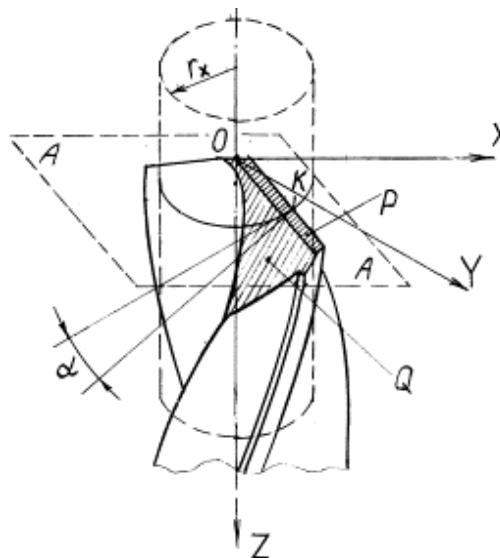


Рис. 2.32. Задня поверхня, заточена по двом площинам

За даними індивідуального завдання (D , d , α , 2ϕ , ψ) в обраному довільному масштабі зображують свердло у системі площин проекції H/V (Рис. 2.33). Положення площини R , пов'язано з різальною кромкою, визначається величиною заднього кута α й кута при вершині 2ϕ . По визначенню величина заднього кута α вимірюється на периферії в циліндричному перетині, концентричному осі свердла. Тому через крайню точку A різальної кромки проводять пряму, дотичну до кола радіусом OA . У натуральну величину кут вимірюється в площині S , паралельній прямій AB і

[illegible]

В на площині V . Для цього через точку В в площині S проводять площину I-I, перпендикулярну осі свердла і віддалену на довільній відстані h від точки А. На площині V площина I-I зображується у виді сліду площини, що віддалена також на відстані h від точки А. Точка B_v визначається на перетині сліду площини I-I і відповідної лінії зв'язку.

З приведеної побудови можна одержати наступну залежність для визначення кута θ_{II}^R .

$$\operatorname{tg}\theta_{II}^R = \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{tg}\varphi - \sin\mu}{\cos\mu}; \sin\mu = \frac{d_0}{D}$$

де D - діаметр свердла;
 d - діаметр серцевини.

Знаючи положення слідів площини, легко зобразити нормаль N до площини R . Як відомо, проєкції N_v і N_h нормалі N проведені перпендикулярно до відповідних слідів R_v і R_h .

Положення другої площини F зуба свердла повинно бути таким, щоб забезпечити одержання необхідної величини кута нахилу поперечної різальної кромки ψ . Тобто необхідно, щоб площина F включала поперечну різальну кромку AO , що лежить в площині F , під відповідним кутом ψ (рис.2.34). Одна лінія AO , що лежить в площині F не визначає її положення. Тому за другу лінію, що лежить у площині F приймемо пряму OB , що йде паралельно різальній кромці, яка є фронталлю площині F . Для того, щоб знайти горизонталь площини F , проведемо перетин $\Pi-\Pi$ через точку A . Перетин $\Pi-\Pi$ перетинає пряму OB у точці E . Отже лінія AE і буде горизонталлю площини F . Її положення характеризується кутом θ_{II}^F . Розглядаючи приведену побудову (рис.4.) можна одержати наступну залежність для підрахунку кута θ_{II}^F :

$$\operatorname{tg}\theta_{II}^F = 2\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{tg}\theta_{II}$$

Отже, положення проєкцій нормалі N_V^F і N_H^F до площини F буде також визначатися кутами φ та θ_{II}^F . Таким чином, положення нормалі N до площини, що заточується, при обраному початковому положенні свердла визначено.

Тепер необхідно поворотом навколо осей універсально-заточувальної голівки, нормаль N установити перпендикулярно до робочої площини шліфувального круга.

У цьому випадку площина, що заточується, паралельна робочій площині шліфувального круга, а кути повороту нормалі будуть шуканими кутами установки універсально-заточувальної головки. Для простоти рішення задачі замість осей голівки використовують для повороту рівнобіжні осі.

Відомо, що поворот системи навколо деякої осі може бути представлений як сума двох переміщень: повороту навколо паралельної осі на той же кут і відповідного поступального переміщення. Поступальне переміщення при рішенні розглянутої задачі можна не приймати до уваги, тому що воно наближує чи віддаляє інструмент, що заточується, від шліфувального круга.

Цей рух компенсується переміщенням столу заточувального верстата по відповідним напрямним і це приводить в зіткнення оброблюваного інструмента з кругом.

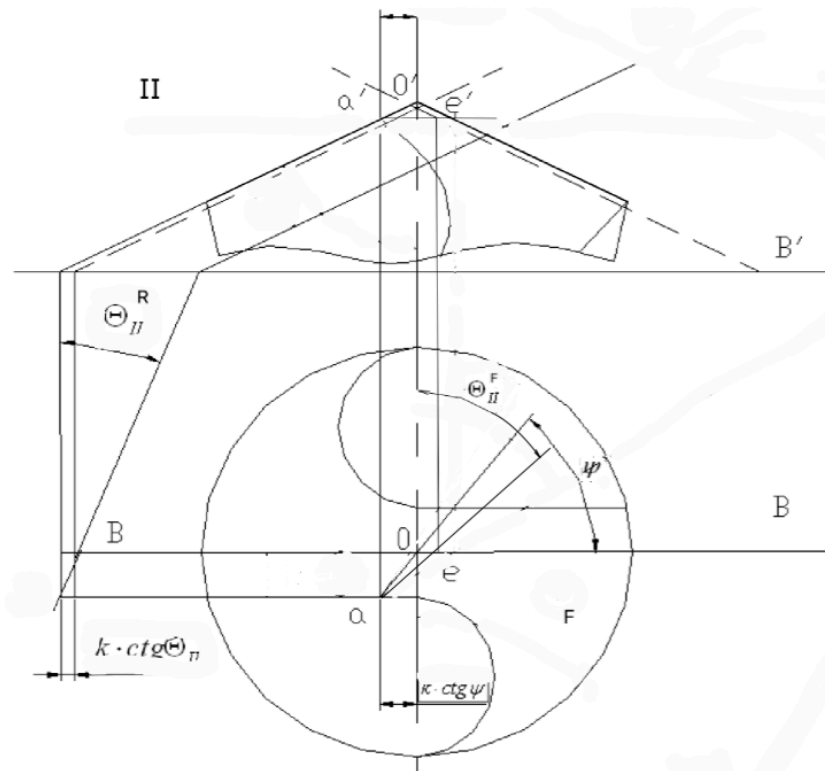


Рис 2.34. Графічне визначення положення нормалі N до площини Q заточуваного свердла

Визначимо кути установлення при заточуванні свердла по двом площинам на універсально-заточувальному верстаті за допомогою універсально-заточувальної головки. Заданими величинами будемо вважати: кут при вершині 2φ , кут нахилу різальної кромки ψ , задній кут α на периферії свердла в циліндричному перетині, концентричному до осі.

Вихідне положення свердла, установленного в універсально-заточувальній головці, показане на рис.2.35,а.

У початковому положенні осі головки B і B' є горизонтальними, а ось A - вертикальна пряма. Ось свердла співпадає з віссю B пристрою і направлений перпендикулярно до робочої площини шліфувального круга. У початковий момент часу осі A , B і B' взаємно перпендикулярні.

Для того, щоб правильно установити свердло при заточуванні, його досить повернути тільки навколо двох осей: B і A , B і A' чи B і B' . При повороті головки навколо осі B свердло обертається навколо своєї осі, а осі A і B' при цьому не змінюють свого положення. При повороті вузлів пристрою навколо осі B ось B' змінює своє положення, а ось A залишається нерухомою. При повороті навколо осі A осі B і B' змінюють своє положення. Тому при визначенні кутів установлення вузлів заточувального пристрою потрібно повороти навколо осей здійснювати в такій послідовності: B , B' , A .

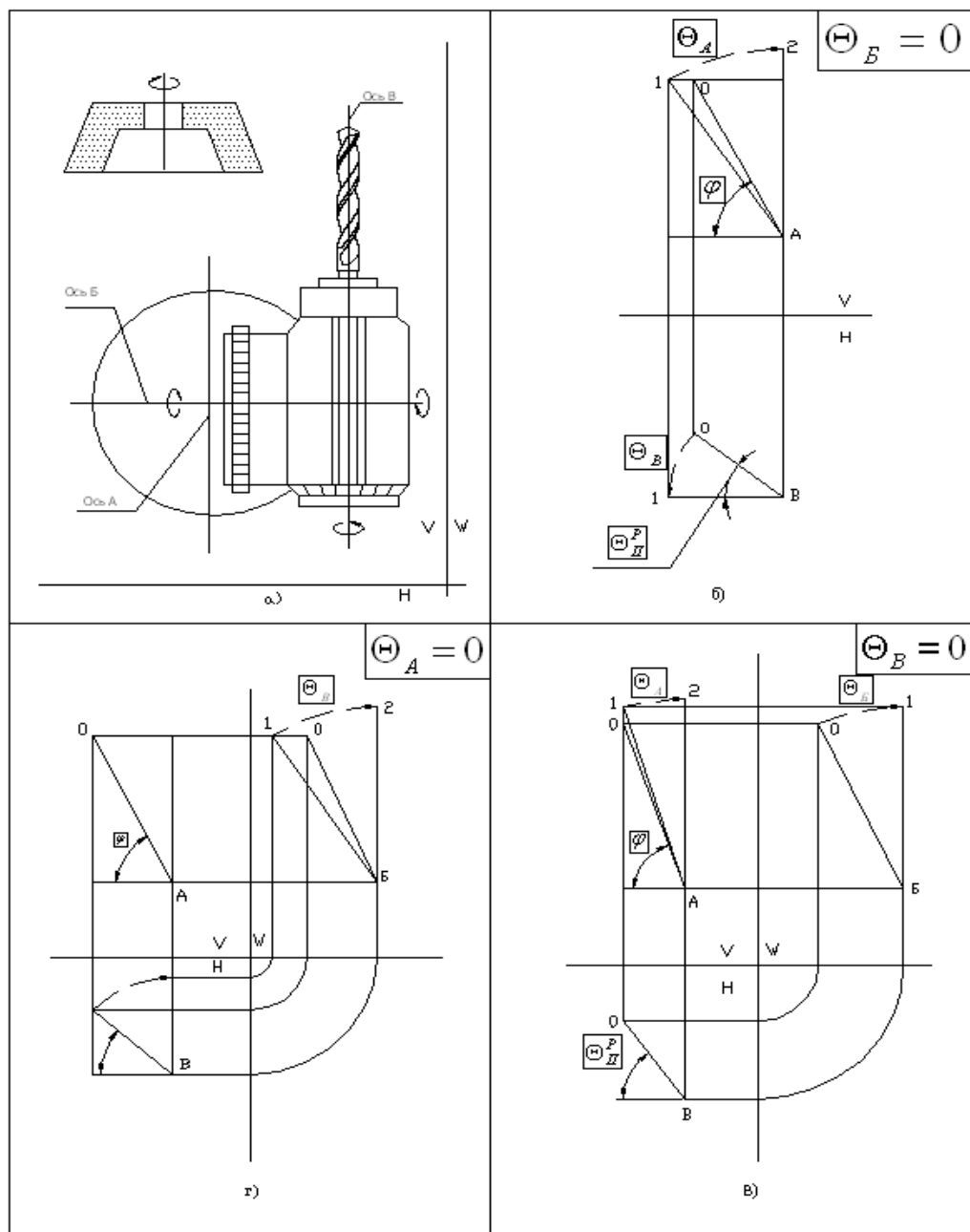


Рис. 2.35 Визначення кутів установлення заточувального пристрою: 0 – початкове положення нормалі, 1 – положення нормалі після першого повороту, 2 – положення нормалі після другого повороту, А, Б, В – осі поворотів заточувальної головки

Площину, паралельну робочій площині шліфувального круга, приймемо за площину проєкцій H , а площину, перпендикулярну до осі A – за площину V . Будемо вважати, що у вихідний момент часу різальна кромка зуба свердла, що заточується, розташована паралельно площині V .

1. Приймемо, що при установленні свердла для повороту використовуються тільки осі B і A ($\Theta_B = 0$). У вихідному положенні свердло зображуємо в системі проєкцій V/H . Нормаль N до заточуваної площини R (рис.5,б), положення якої визначається кутами φ і θ_{II}^R . Початкове положення нормалі позначене на малюнку цифрою 0. Перший поворот здійснимо

навколо осі В. У результаті першого повороту на кут Θ_B нормаль N займе положення (1) і буде паралельною площині V .

Другий поворот здійснимо навколо осі А. У результаті цього повороту, на кут Θ_A приводимо нормаль у положення (2), перпендикулярне до площини H . У цьому випадку площина, що заточується, займе положення, паралельне площині H , що відповідає правильній установці свердла при заточуванні.

2. Прийmemo, що при установленні свердла використовуються повороти тільки навколо осей Б і А ($\Theta_B = 0$). У цьому випадку у вихідному положенні свердла в системі

$H/V/W$ зображують нормаль N_p (рис.2.35,в). У результаті першого повороту навколо осі Б на кут Θ_B нормаль займе положення (1) і буде паралельною до площини V . У результаті другого повороту навколо осі А на кут Θ_A приводимо нормаль у необхідне положення (2), перпендикулярне до площини H .

3. Прийmemo, що при установленні свердла будуть використовуватися тільки осі Б і В ($\Theta_A = 0$). У системі площин проєкцій $H/V/W$ зображуємо початкове положення нормалі (О) (рис.5,г). У результаті першого повороту навколо осі В на кут Θ_B нормаль займе положення (1) і буде лежати у вертикальній площині, перпендикулярній до площини H . У результаті другого повороту навколо осі Б на кут Θ_B приводимо нормаль у необхідне положення (2), перпендикулярне до площини H .

Аналогічно площині P проводиться графічне визначення кутів установлення універсально-заточувальної головки при заточуванні площини F свердла.

З розгляду графічних побудов можна одержати аналітичні залежності для розрахунку положень свердла при заточуванні площин R і F , що забезпечують одержання заданих геометричних параметрів різальної частини. Формули для розрахунку місцевих положень свердла при заточуванні на універсально-заточувальному верстаті за допомогою універсально-заточувальної головки приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Заточування першої площини R свердла	Заточування другої площини F свердла
$\Theta_B^R = 0^\circ, \quad \Theta_B^R = \Theta_{II}^R;$ $tg \Theta_A^R = \frac{ctg \varphi}{\cos \Theta_{II}^R}$	$\Theta_B^F = 0^\circ, \quad \Theta_B^F = \Theta_{II}^F;$ $tg \Theta_A^F = \frac{ctg \varphi}{\cos \Theta_{II}^F}$
$\Theta_B^R = 0^\circ, \quad \Theta_B^R = \frac{tg \Theta_{II}^R}{tg \varphi}$ $tg \Theta_A^R = ctg \varphi \cdot \cos \Theta_B^R$	$\Theta_B^F = 0^\circ, \quad \Theta_B^F = \frac{tg \Theta_{II}^F}{tg \varphi}$ $tg \Theta_A^F = ctg \varphi \cdot \cos \Theta_B^F$
$\Theta_A^R = 0^\circ, \quad \Theta_B^R = 90^\circ - \Theta_{II}^R;$ $tg \Theta_B^R = \frac{ctg \varphi}{\cos \Theta_{II}^R}$	$\Theta_A^F = 0^\circ, \quad \Theta_B^F = 90^\circ - \Theta_{II}^F;$ $tg \Theta_B^F = \frac{ctg \varphi}{\cos \Theta_{II}^F}$

У формулах, приведених у таблиці:

$$\operatorname{tg} \Theta_{II}^R = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu};$$

$$\operatorname{tg} \Theta_{II}^F = 2 \operatorname{ctg} \psi - \operatorname{tg} \Theta_{II}^R; \sin \mu = \frac{d_0}{D};$$

де α - задній кут на периферії свердла

φ - кут при вершині свердла

D - діаметр свердла

d - діаметр серцевини свердла.

За отриманим значенням кутів поворотів налагоджується універсально-заточувальна головка і проводиться заточування свердла.

Вимір геометричних параметрів різальної частини

Контроль геометричних параметрів свердел роблять після заточування свердла на інструментальному мікроскопі чи з використанням універсального кутоміра. Схема виміру кутів φ і ψ за допомогою оптичного кутоміра приведена на рис.2.36.

Задній кут вимірюється за допомогою установчої і відбивної призми, установлених на столі мікроскопа таким чином, щоб площина симетрії установчої призми збігалася з горизонтальною візирною лінією в окулярі мікроскопа (Рис.2.36,в). Свердло встановлюють у призмі таким чином, щоб головні різальні кромки свердла сполучалися з вертикальною штриховою лінією, потім вертикальну візирну лінію сполучають зі слідом задньої поверхні на стрічці свердла. Відлік кутів ведеться по кутомірному окулярі мікроскопа

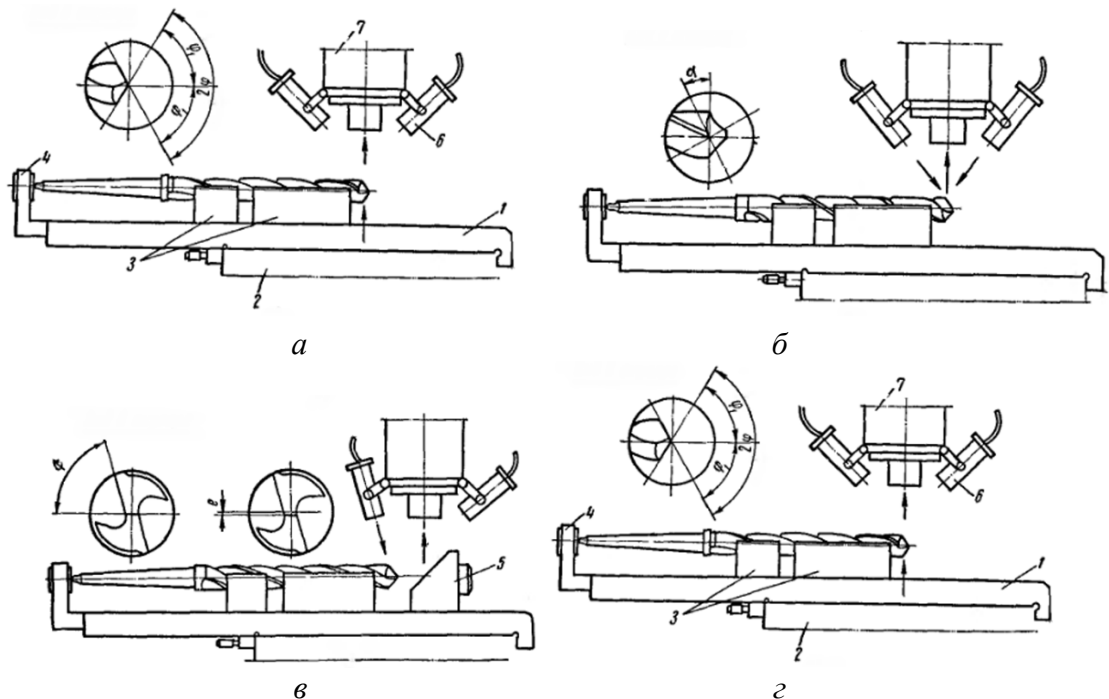


Рис.2.36 Вимірювання параметрів заточування свердла на інструментальному мікроскопі: а – кута при вершині, б – заднього кута, в – кута нахилу поперечної кромки, 1 – основа, 2 – стіл, 3 – установчі призми, 4 – упор, 5 – відбивна призма, 6 – освітлювач, 7 – тубус мікроскопа

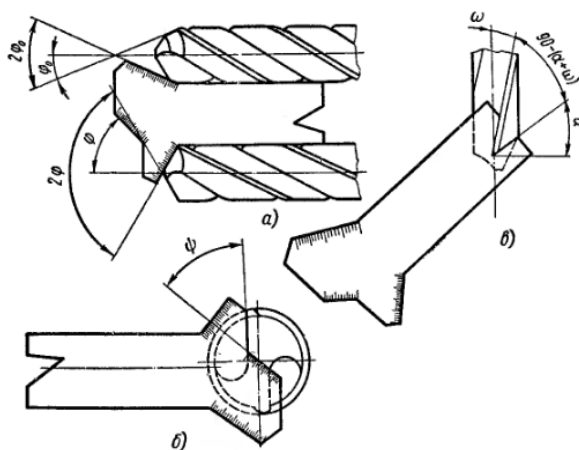


Рис.2.37 Контроль параметрів заточування свердла за допомогою комбінованого шаблона: *а* – кута при вершині, *б* – кута нахилу різальної кромки, *в* – заднього кута

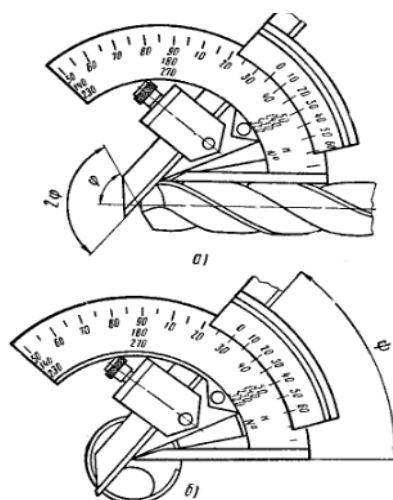


Рис.2.38 Вимірювання параметрів заточування за допомогою універсального кутоміра: *а* – кута при вершині, *б* – кута нахилу поперечної кромки

Звіт до лабораторної роботи №4.

1. Різальний інструмент:

	Геометричні параметри свердла					Осі, які використовуються для поворотів
	D, мм	d, мм	2ϕ	ψ	α	
Задано						
Виміряно						

Матеріал різальної частини –

Устаткування і прилади:

Заточувальний верстат моделі –

2. Вимірювальні прилади і пристосування.

Найменування	Границя вимірювання	Ціна поділу шкали

3. Вибір шліфувального круга:

Форма круга	Розміри круга	Абразивний матеріал	Зерни- стість	Твер- дість	Струк- тура	Зв'язка	Ескіз круга
Режими різання: V - ; $S_{пов}$ - ; $S_{поп}$ - .							

4. Графічне визначення нормалі до площини R свердла
(Виконується на окремому листі формату А4).

5. Графічне визначення кутів повороту універсально-заточувальної голівки при заточуванні площини F свердла.

(Виконується на окремому листі формату А4)

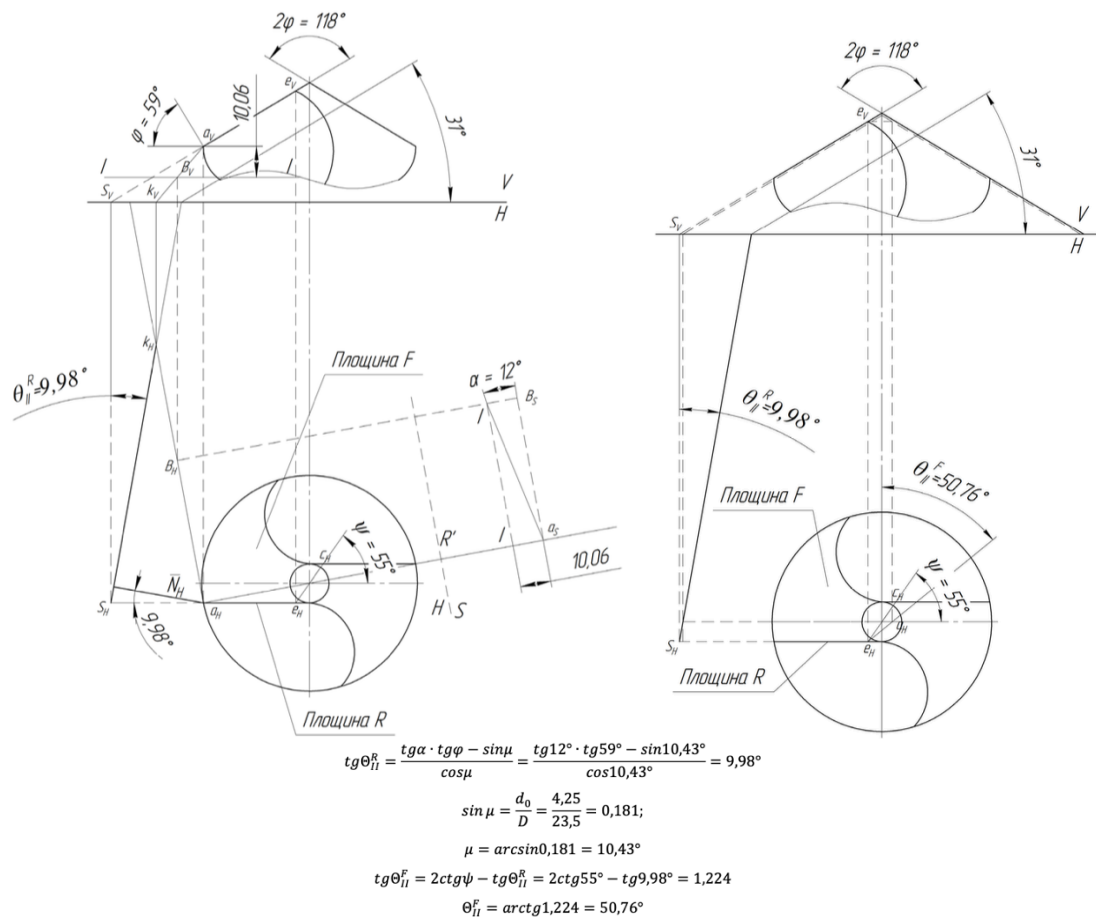
6. Аналітичне визначення кутів поворотів заточувальної голівки для площин R і F .

Величини кутів установки заточувальної голівки

Метод визначення	Θ_A		Θ_B		Θ_C	
	R	F	R	F	R	F
Аналітичний						
Графічний						

7. Висновки.

Приклад виконання лабораторної роботи.



3. ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ НАРІЗАННЯ РІЗЬБИ

Деталі з різьбовими елементами є одними з найпоширеніших у машинобудуванні, їх частка становить 60-70% від загальної кількості деталей, а різьби, що застосовуються, відрізняються великим різноманіттям.

Різьби різняться:

за формою основної поверхні:

- циліндричні (зовнішні та внутрішні) та конічні (зовнішні та внутрішні);

за формою профілю:

- трикутні (метричні та дюймові), трапецеїдальні, прямокутні, упорні, круглі та спеціальні;

за напрямком витків різьби:

- праві та ліві;

за західністю:

- однозахідні та багатозахідні;

за рівнем точності ДСТУ 16093:2018:

- для зовнішніх різьб – *4g, 4h, 5g6g, 6g, 6h, 7g6g, 8g та 8h*;

- для внутрішніх різьб – *4H, 4H5H, 5H, 6H, 7H та 8H*.

Крім того, розрізняють різьби, що працюють з тертям ковзання та тертям кочення. До перших відносяться всі звичайні циліндричні та конічні різьби, а до других – кулькові та роликові різьби. Залежно від виду різьби, її розмірів, вимог до точності та якості обробленої поверхні застосовуються різні методи отримання різьби.

3.1. Основні методи нарізування різьби

Різьби отримують трьома основними методами: нарізанням лезовим інструментом, нарізанням абразивним інструментом та пластичним деформуванням (накочуванням). Залежно від прийнятого методу одержання різьби розрізняють кілька способів утворення різьби (рис. 3.1).

1. Спосіб багатозахідного нарізування односторонніми інструментами – різьбовими різцями (стержневими, призматичними, круглими) та односторонніми шліфувальними колами.

2. Спосіб одностороннього нарізування багаторічковими інструментами: гребінками, круглими плашками, мітчиками, різьбонарізними головками, багаторічковими шліфувальними колами (циліндричними та конічними).

3. Спосіб одностороннього нарізування інструментами, що обертаються: різьбовими односторонніми фрезами (дисковими, пальцевими, торцевими), вихровими головками.

4. Спосіб фрезерування багаторічковими фрезами, довжина яких більша за довжину різьби, що нарізується, накочування різьблення широкими роликами або плоскими плашками.

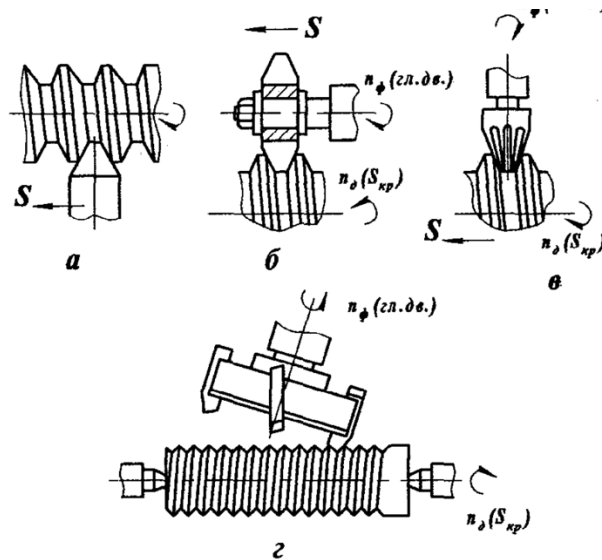


Рис. 3.1. Основні методи нарізування різьби: а – різьбовий різець; б – однопіткова дискова фреза; в – однопіткова кінцева фреза; г – однопіткова торцева фреза

3.2. Різьбові різці

Цей тип інструменту є одним з найпоширеніших різьбових інструментів, які застосовуються для нарізування зовнішньої та внутрішньої різьби різних профілів на токарно-гвинторізних верстатах, автоматах та напівавтоматах. Найбільш простими за конструкцією, що широко застосовуються в промисловості, є стержневі різці.

На вершині різьбових різців задній кут $\varphi = 8...15^\circ$; кут при вершині $\varepsilon = 60^\circ$ – для метричної різьби і $\varepsilon = 55^\circ$ – для дюймової та трубної різьби. У твердосплавних різцях кут при вершині виконується на $1^\circ-30'$ менше кута профілю різьби через те, що при швидкісному нарізанні спостерігається деяке «розвалювання» різьби.

Бічні задні кути α_δ залежать від величини кута α та визначаються у статичному положенні за формулою (рис.3.2):

$$\operatorname{tg} \alpha_\delta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\sin \varepsilon}{2}$$

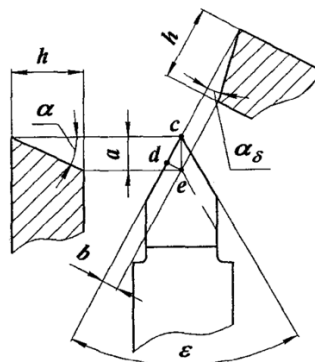


Рис. 3.2. Схема визначення бічного заднього кута різьбового різця

У процесі роботи задні кути змінюються за рахунок відносного переміщення ріжучих кромek під кутом підйому різьби. При нарізанні правої різьби бічний задній кут μ на лівому лезі зменшується, на правому – збільшується на величину кута μ (рис. 3.3,а) (для лівої різьби – навпаки):

$$\operatorname{tg} \alpha'_6 = \alpha_6 - \mu; \operatorname{tg} \alpha''_6 = \alpha_6 + \mu.$$

Тут кут μ - кут підйому різьби на внутрішньому діаметрі різьби (рис. 3.3, в).

Розмір кута μ визначиться із співвідношення (рис. 3.3,б):

$$\operatorname{tg} \mu = \frac{P}{\pi d_1}.$$

Зазвичай при нарізанні різьби з невеликим кроком і на середніх за величиною діаметрах задні кути на бічних кромках не коригуються. При великих (багатозахідних різьбах), на малому діаметрі d , при нарізанні трапецеїдальних і прямокутних різьб (кут підйому μ досягає значних величин) необхідно брати до уваги зміну бічних кутів μ і враховувати цю обставину при заточуванні.

Передній кут у різьбових різців для попередньої прорізки вибирається в залежності від матеріалу, що обробляється і встановлюється в межах $\gamma = 5...25^\circ$.

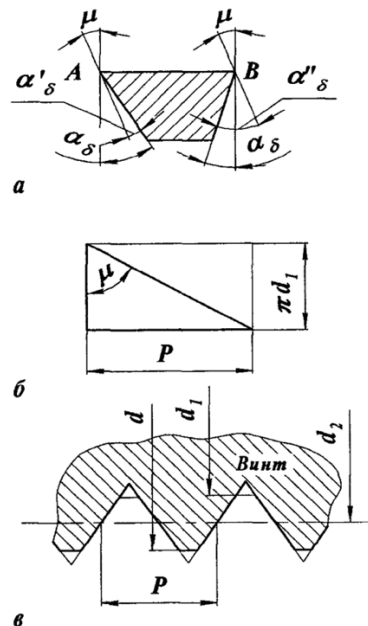


Рис. 3.3. Схема визначення бічних задніх кутів різьбових різців

У чистових різцях, щоб уникнути спотворення профілю різьби, передній кут γ дорівнює нулю. Профіль різьбових різців з переднім кутом не рівним нулю, відрізняється від профілю різьби, що нарізується, і повинен бути заданий в перерізі, нормальному до задньої поверхні (рис. 3.4). У цьому випадку треба розрахувати висоту та кут профілю різця у перерізі В-В.

Як вихідні дані для розрахунку задаються:

α і γ - задній і передній кути різця;

H - теоретична висота профілю різьби в діаметральному перерізі А-А витка різьби до гострої вершини;

ε - кут профілю різьби;

P - крок різьби.

Із трикутника abc трикутника (перетин пл. В-В на рис. 3.4) маємо:

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon_p}{2} = \frac{P}{2H_p}$$

H_p - теоретична висота різьб в перерізі В-В (до гострої вершини);

r і r_1 - радіуси, що утворюють зовнішній та внутрішній діаметри різьби;

P - крок різьби.

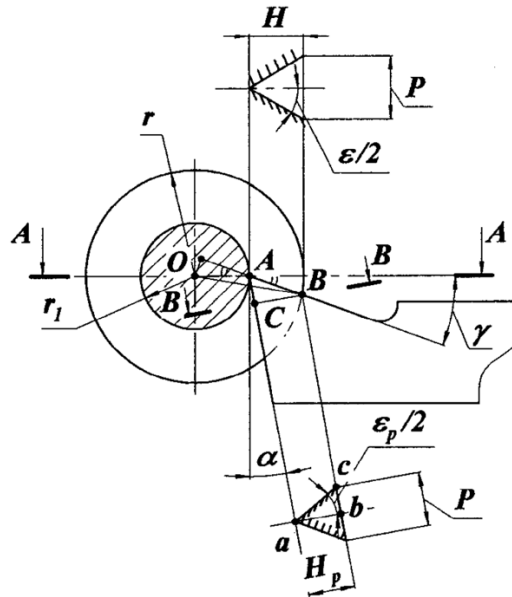


Рис. 3.4. Визначення розмірів профілю різьбового різця

У вітчизняній та зарубіжній промисловості широкого застосування отримали збірні різьбові різці з механічним кріпленням змінних твердосплавних пластин.

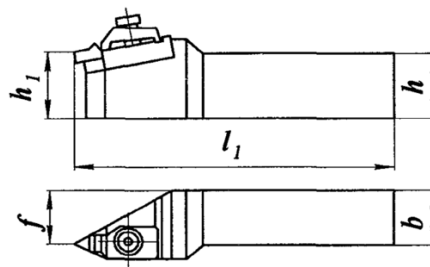


Рис. 3.5. Різьбовий різець з механічним кріпленням ромбічних пластин для нарізування метричної різьби

Різці з механічним кріпленням ромбічних твердосплавних пластин (рис.3.5) виробництва Харківської фірми «Інструмент» призначаються для роботи на верстатах з ЧПУ, гнучких виробничих модулів та системах, а також на універсальних верстатах.

Ромбічна твердосплавна пластинка встановлюється в глухому гнізді державки, закріплюється прихватом на дві бічні базові поверхні і притискається до твердосплавної опори.

Різці цієї конструкції призначені для нарізування метричних різьб з кроком $=1,5...6,0$ мм і мають габаритні розміри $=(16 \times 20) \dots (25 \times 40)$ мм та $=125...200$ мм.

Шведська фірма Sandvik Coromant випускає різбові різці зі змінними пластинами (БНП), що не переточуються, двох типів: з механічним кріпленням гвинтом (рис. 3.6, а) і з кріпленням прихватом (рис. 3.6, б).

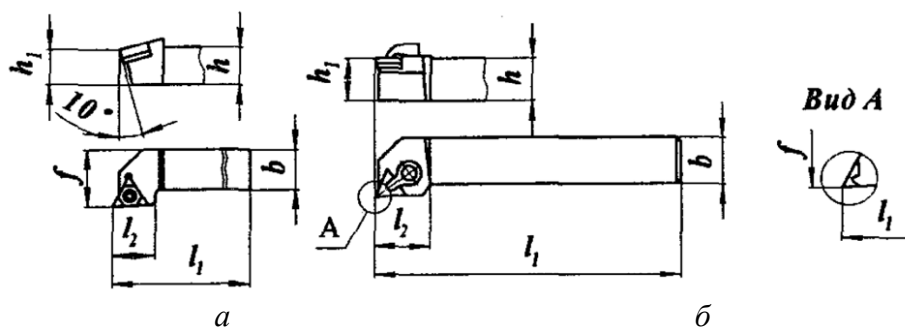


Рис. 3.6. Різбові різці з механічним кріпленням ЗНП: кріплення гвинтом (а) та кріплення прихватом (б)

Ріжучі пластини у різців цієї фірми мають три робочі вершини; на кожній з них розташовується зуб різьби з кутом 60° (рис. 3.6, б, вид А), зі стружколомаючими канавками і без них. Кріплення пластин здійснюється або гвинтом або прихватом.

Цікава конструкція різбових різців німецької фірми Krupp Widia з тангенціальним розташуванням пластин твердого сплаву (рис. 3.7) для нарізування метричної, трубної, трапецеїдальної та інших різьб з кроком до 8 мм. У таких різців на відміну від інструментів з радіальним розташуванням пластин використовується принцип самозаклинювання, коли пластина жорстко притискається силами різання до базових поверхонь корпусу. При цьому пластина до державки прикріплюється за допомогою гвинта, а стружкодроблення забезпечується уступами на пластині.

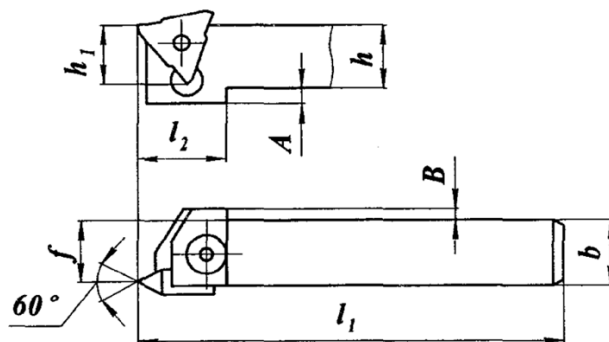


Рис. 3.7. Різбовий різець з механічним кріпленням тангенціально розташованих ЗНП

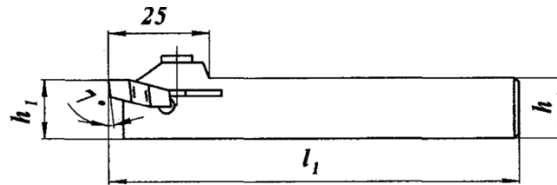


Рис. 3.8. Різбовий різець для зовнішньої обробки з механічним кріпленням ЗНП

За рахунок ефекту самозаклинювання ріжуча пластина кріпиться і в різцях ізраїльської фірми Jskar (рис. 3.8). У цій конструкції різця передбачено додаткове кріплення гвинтом пружного прихвату, що підвищує зусилля затискача.

3.3. Мітчики

Для утворення або калібрування внутрішньої різьби найпоширенішими інструментами є мітчики. Мітчик являє собою гвинт з відповідною різьбою, перетворений на різальний інструмент за рахунок:

- прорізання стружкових канавок, тобто створення передньої поверхні та простору для розміщення стружки;
- утворення забірної частини, необхідної для поступового врізання та зрізання припуску;
- затилування задніх різбових поверхонь з метою надання їм необхідних задніх кутів.

На рис. 3.9 схематично показана конструкція мітчика.

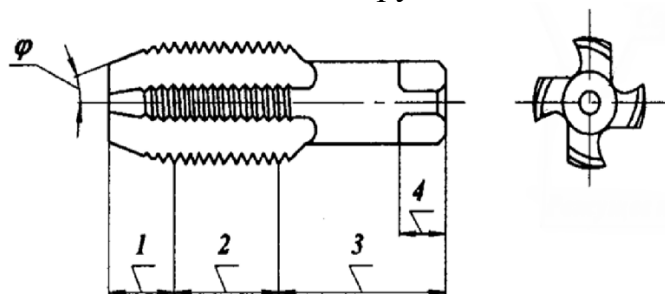


Рис. 3.9. Елементи конструкції мітчика: 1 – забірна частина; 2 - калібрувальна частина; 3 – хвостовик та затискна частина; 4 - квадрат

За конструкцією та застосуванням розрізняють такі типи мітчиків:

- ручні або слюсарні – для нарізування різьби вручну, що складаються зазвичай з одного, двох чи трьох штук у комплекті;
- машинні - для нарізання різьби на верстатах або за допомогою дрилів;
- гайкові – для нарізування різьби у гайках на гайконарізних верстатах; вони виготовляються з короткими, довгими, а також із вигнутими хвостовиками;
- плашкові та маточні – для нарізування та калібрування різьби в плашках.

3.3.1. Конструктивні елементи та геометричні параметри мітчиків

Основними конструктивними елементами мітчика є: ріжуча, калібрувальна та затискна частини; число, профіль та напрям стружкових канавок, кути різання, елементи різьби мітчика, потоншення калібрувальної частини (рис. 3.9, 3.10).

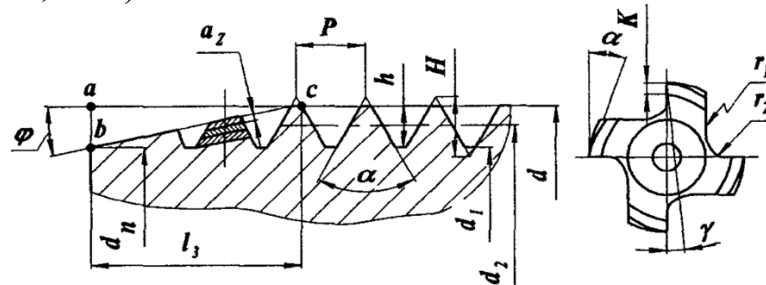


Рис. 3.10. Конструктивні елементи та геометрія різальної та калібрувальної частин мітчика: P - крок різьби, h -висота профілю; H - повна (теоретична) висота профілю; d – зовнішній діаметр різьби; l_3 - довжина забірної частини, φ - кут забірного конуса; K – величина затилювання

Забірна (ріжуча) частина мітчика виконує основну роботу різання і повинна бути по можливості коротше, так як при цьому знижується машинний час, зменшуються питома сила різання та навантаження на інструмент у зв'язку зі збільшенням товщини зрізу, сила тертя та защемлення стружки, а також небезпека поломки мітчика, зменшується крутний момент.

Залежно від точності різьби, її розмірів, матеріалу, деталі мітчики можуть виготовлятися комплектами з одного, двох або трьох штук. Наприклад, при $p = 3$ мм комплект мітчиків складається з двох штук, а для $P \geq 3$ - із трьох штук.

Якщо в комплекті два мітчики, то припуск та навантаження діляться так: чорновий мітчик знімає 75% припуску, а чистовий мітчик – 25%. Для комплекту з трьох мітчиків відповідно 56...60% припуску знімає чорновий, 28...30% - проміжний і 16...20% - чистовий мітчик. У таких співвідношеннях розбивається і довжина забірної частини, розрахунок якої наведено нижче.

Довжина забірної частини визначається виходячи з елементарної товщини зрізу, що знімається однією ріжучою кромкою:

$$a_z = \frac{h}{z},$$

де z - кількість зубів на забірній частині.

В свою чергу

$$z = \frac{l_3}{s} n,$$

де l_3 - довжина забірної частини;

n – число лез (лезо або перо) мітчика (на рис. 3.10 праворуч їх чотири);

l_3/s - число витків на одному лезі;

$s = kp$ - хід різьби;

k – західність різьби.

Маємо:

$$l_3 = \frac{sz}{n}.$$

Виражаючи $z = \frac{h}{a_z}$ отримаємо остаточно

$$l_3 = \frac{hs}{na_z}.$$

Величину a_z слід приймати в залежності від матеріалу деталі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Значення товщин зрізу для мітчиків

Товщина зрізу a_z , мм	Матеріал, що обробляється		
	сірий чавун	сталь конструкційна, ковкий чавун	високолеговані сталі
Рекомендована	0,04...0,10	0,03...0,05	0,025...0,03
Гранична	0,04...0,20	0,02...0,15	0,02...0,05

Число лез « n » у мітчиків вибирається залежно від діаметра різьби: для $d = 1...17$ мм число – $n = 3$, а для $d = 14...52$ мм – $n = 4$.

Калібрувальна частина мітчика служить для зачистки поверхонь різьби, надання їй правильної геометричної форми та остаточних розмірів, а також для направлення мітчика в процесі формування різьби забірною частиною.

Для зменшення розбивки та тертя між мітчиком та отвором різьби калібрувальна частина має зворотну конусність (0,05...0,10мм на 100мм довжини робочої частини). Розбивка буде тим менше, чим коротша частина, що калібрує, менше ширина лез і їх кількість. Довжину калібрувальної частини мітчика рекомендується приймати в межах

$$l_k = (6...12)s,$$

де s – хід різьби.

У результаті довжина робочої частини мітчика становить

$$l_p = l_k + l_3 = \frac{hs}{na_z} + (6...12)s.$$

3.3.2. Розвиток конструкцій мітчиків

Останнім часом у зв'язку з підвищеними вимогами до точності виготовлення різьби та появою нових конструкційних матеріалів розроблено прогресивні конструкції мітчиків: з переривчастою різьбою, ступінчасті, безканавкові, з гвинтовою стружковою канавкою, з бочкоподібними зубами.

Мітчики з переривчастою різьбою. При нарізанні різьби у в'язких сталях і матеріалах, що важко обробляються, звичайні мітчики часто ламаються і не дають чистої різьби. Процес різання супроводжується великими силами тертя між витками інструменту та деталі, пресуванням стружки та затисканням мітчика в отворі. Для полегшення роботи нарізування застосовують мітчики зі зрізаними зубами (в шаховому порядку). Зазвичай

практично застосовують дві схеми зрізання зубів: від витка до витка (рис. 3.11,а) і від пера до пера (рис. 3.11,б).

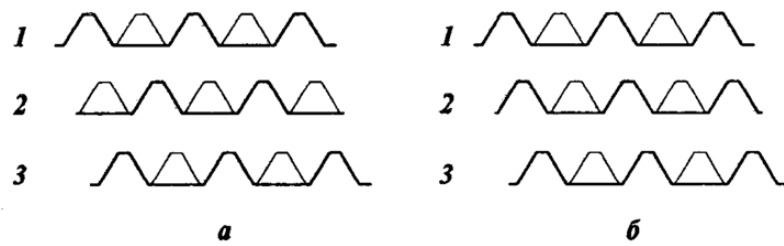


Рис. 3.11. Схеми мітчиків з переривчастою різьбою

Безканавкові мітчики (рис. 3.12) не мають наскрізних стружкових канавок. Зазвичай канавки робляться на невеликій довжині, що дорівнює подвоєній довжині забірного конуса, з кутом у напрямку, зворотному напрямку різьби.

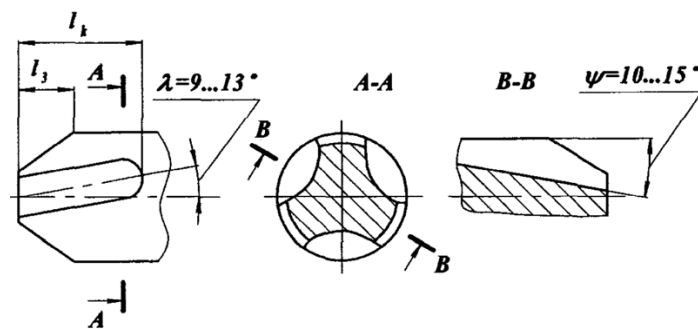


Рис. 3.12. Безканавковий мітчик

Дно канавки знаходиться під кутом $\psi = 10...15^\circ$ до осі мітчика. Іноді на частині, що калібрує, прорізають шліфувальним кругом або фрезою вузькі пази (2...3 мм), що є продовженням стружкових канавок на забірній частині. Ріжучі кромки на частині, що калібрує, служать для зняття задирок і зачистки різьби. Щоб уникнути заїдання в отворі і викрашування зубів, ці мітчики мають конусність калібрувальної частини (не менше 0,2 мм на 100 мм довжини).

Безканавкові мітчики мають більшу міцність, забезпечують кращу якість різьби, полегшують умови різання та відведення стружки вперед, повніше використання матеріалу через багаторазове подовження канавки після сточування пера за шириною. Переважна сфера застосування безканавкових мітчиків – для обробки легких сплавів, кольорових металів, в'язкої сталі, нержавіючої сталі та чавуну.

Мітчики з подвійною робочою частиною (ступінчасті) (рис.3.13) застосовуються тільки для нарізування наскрізних отворів. Передня, чорнова, ступінь нарізує різьбу попередньо, а наступна остаточно. Така конструкція інструменту полегшує умови різання та відведення стружки.

Розміри першого ступеня (див. рис. 3.13) рекомендується вибирати наступним чином: $a = 3P$, $l_0 = 3P$, $k = P$, але не менше 1,5...2мм; $l_1 = a + l_0$, але не менше 10 мм. Розміри чистової частини l_1 , l_2 і ϕ слід вибирати зі стандартів. Виконавчі розміри, і чорнової частини мітчика визначаються за формулою:

$$d_{\text{чорн}} = d_{\text{чист}} - 0,32P.$$

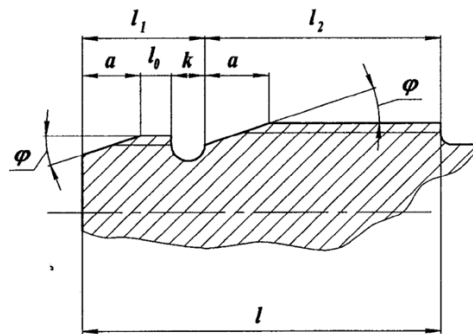


Рис. 3.13. Ступінчастий мітчик

Мітчики з гвинтовою канавкою (рис.3.14) застосовуються для обробки високоміцних та в'язких матеріалів. Така конструкція забезпечує найкраще відведення стружки при нарізанні циліндричних різьб в отворах з переривчастою поверхнею, в довгих глухих отворах.

Гвинтові стружкові канавки зменшують осьові сили, забезпечують кращий доступ ЗОР і без зменшення міцності збільшують фактичні передні кути.

Напрямок стружкових канавок збігається з напрямком робочого обертання мітчика. Кути нахилу канавки ω рекомендується приймати в таких межах $\omega = 30^\circ$ - для нарізування різьби М12...М18 в сталі; $\omega = 8...12^\circ$ - для обробки різьби в чавуні та алюмінієвих сплавах; - для мітчиків М20 ... М27 при обробці сталі 20.

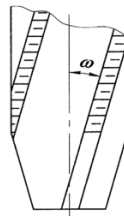


Рис. 3.14. Мітчик з гвинтовою стружковою канавкою

Мітчики з бочкоподібними зубами на частині, що калібрує (рис.3.15) зменшують підрізання бічних сторін витків різьби, збільшують площу опори витків різьби мітчика, забезпечуючи надійне базування. Такі мітчики рекомендується застосовувати для нарізування точної різьби.

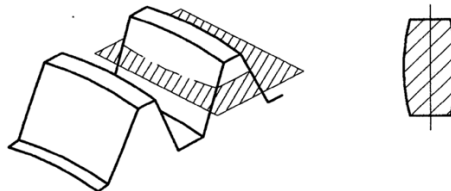


Рис. 3.15. Мітчик з бочкоподібними зубами

Твердосплавні мітчики дозволяють у 2...5 разів підвищити продуктивність при нарізуванні різьби у чавунних та сталевих (загартованих) деталях та у 5...10 разів підвищити стійкість при обробці загартованих та високоміцних сталей.

За конструкцією твердосплавні мітчики бувають цільними твердосплавними (монолітними), з монолітною твердосплавною робочою частиною, з напаяними пластинами твердого сплаву, насадними з напаяними пластинами твердого сплаву і збірними з монолітною твердосплавною робочою частиною.

Монолітні твердосплавні мітчики М8...М10 із пластифікованих заготовок доцільно використовувати в особливо важких умовах різьбонарізування з великим тепловиділенням, коли застосування напаяних мітчиків з пластинами твердого сплаву недоцільно.

Мітчики М8...М12 з монолітною робочою частиною, припаяною до сталевого хвостовика, доцільно застосовувати для обробки чавунів, високоміцних сталей та матеріалів з підвищеними фізико-механічними властивостями.

На рис. 3.16 показані насадні мітчики з пластинами ВК8 для трубної різьби 1 ¼" (рис. 3.16,а) та 1" (рис.3.16,б). Мітчик 1" виконаний двостороннім, що дозволяє використовувати другу робочу частину перестановкою мітчика в оправці.

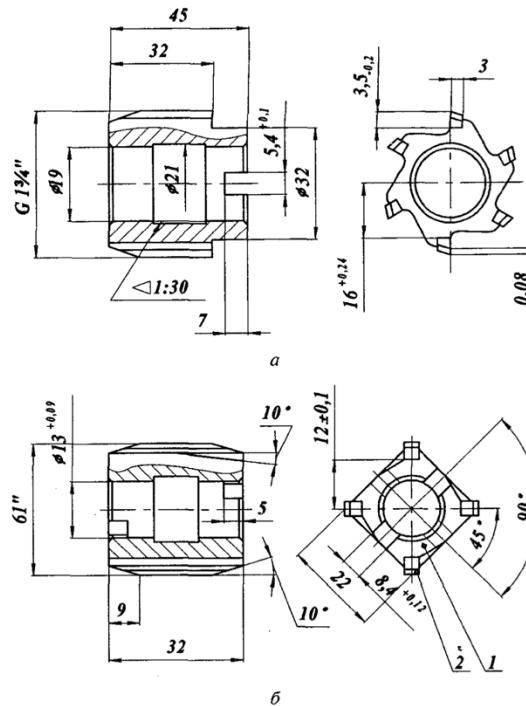


Рис. 3.16. Насадні твердосплавні мітчики

3.3.5. Заточування мітчиків

Заточування (затилування) мітчиків по забірному конусу з метою отримання необхідних задніх кутів проводиться на спеціальних верстатах та за допомогою пристроїв. Залежно від способу заточування та призначення мітчиків форма їх задньої поверхні може бути криволінійною, комбінованою або прямолінійною.

Плоска заточка задніх поверхонь найбільш проста і не вимагає спеціальних верстатів та пристроїв.

Мітчики з подвійною плоскою задньою поверхнею (рис. 3.17,*а*) показали підвищену стійкість при нарізанні різьби в титановому сплавi.

Комбінована заточка (рис. 3.17,*б*) застосовується у мітчиків для нарізання різьби у відносно в'язких сталях, коли однією з головних причин передчасного виходу інструменту їх ладу є сколи зубів на забірній частині.

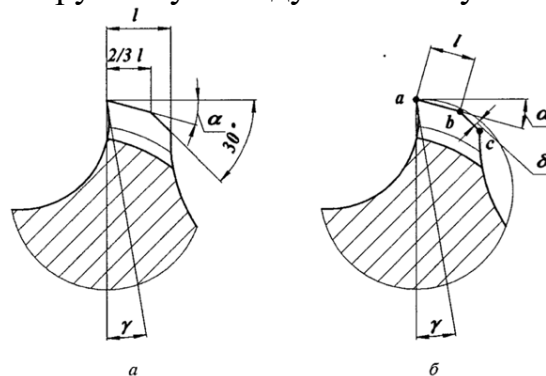


Рис. 3.17. Мітчики з подвійною задньою поверхнею

Комбіновано затилована частина мітчика в поперечному перерізі представляє комбінацію кривих - спіралі Архімеда (див. ділянку *ab*, рис. 3.17, *б*) та дуги кола (див. ділянку *bc*, рис. 3.17,*б*). Місце переходу цих кривих окреслено дугою кола з радіусом шліфувального кола. Гарантована величина зазору забезпечує 3...10-кратне збільшення стійкості.

Криволінійне затилювання здійснюється по спіралі Архімеда, яке забезпечує затилювання на необхідну величину «*K*» із заднім кутом α . Заточування по спіралі Архімеда проводиться шліфувальним кругом з одночасним отриманням кута забірної частини.

Різновидом криволінійного затилювання може служити оформлення задніх поверхонь зубів мітчика дугою кола.

Затилювання дугою кола проводиться за допомогою спеціального пристрою на універсально-заточувальному верстаті (рис.3.18).

Мітчик 1 встановлюється в центрах рамки 2, яка для отримання заднього кута зміщується на величину *h* щодо осі оберту *ОО* рамки в корпусі пристосування. Якщо осі мітчика та рамки збігаються ($h=0$), задній кут дорівнює 0. Для отримання на забірній частині кута рамка з мітчиком та поворотною частиною пристрою повертаються навколо вертикальної осі.

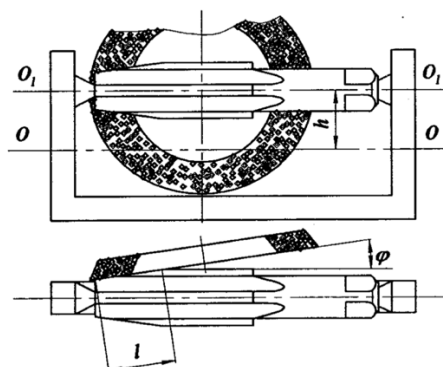


Рис. 3.18. Схема затилювання мітчика дугою кола

3.4. Плашки

3.4.1. Конструктивні елементи плашок

За типом різьби, що нарізується, вони поділяються на:

- плашки круглі для метричної різьби;
- плашки круглі для круглої різьби;
- плашки круглі для конічної різьби;
- плашки круглі для нарізування трубної циліндричної різьби та ін.

До основних конструктивних елементів круглої плашки відносяться: ріжуча частина; частина, що калібрує; число, діаметр і розташування стружкових отворів; ширина і форма пера; зовнішній діаметр D ; ширина плашки H ; елементи кріплення (рис. 3.19).

Плашки мають дві ріжучі частини, розташовані з торців, що збільшує термін їхньої служби.

Ріжуча частина плашки характеризується такими параметрами: кутом у плані φ , довжиною l_1 , формою передньої та задньої поверхонь, переднім γ та заднім α кутами, розмірами та формою різбових ділянок, числом ріжучих кромek. Ріжуча частина виконує основну роботу з видалення металу з западини різьби. Кут φ і довжина різальної частини l_1 вибираються в залежності від матеріалу різьби, що нарізується: для високоміцних сталей $2\varphi = 30^\circ$; легких та кольорових металів $2\varphi = 50^\circ$ і 70° відповідно. У загальному випадку величина 2φ вибирається не більше $25...90^\circ$.

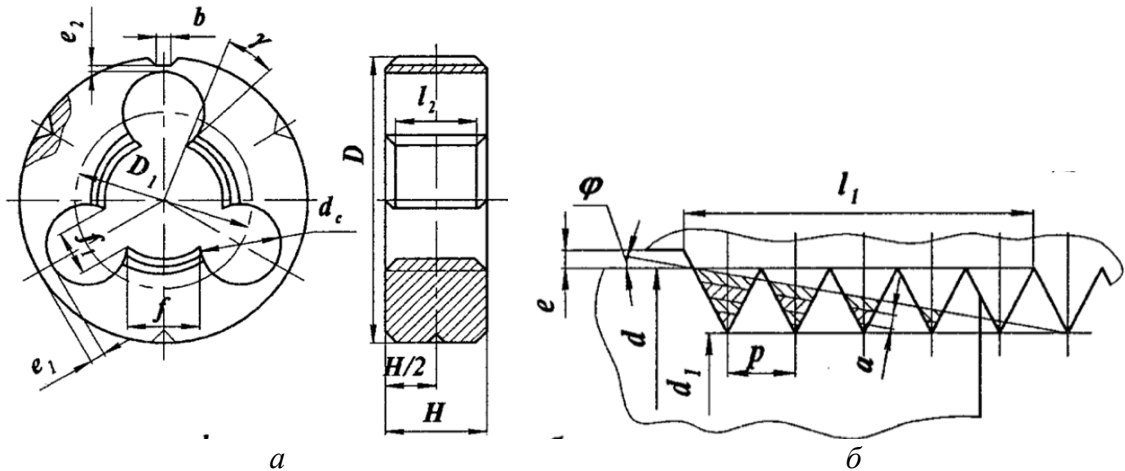


Рис.3.19. Конструкція різьбонарізної плашки: *а* - загальний вигляд; *б* - елементи різальної частини

Ріжучу частину плашок заточують по передній (див. рис.3.19) та задній поверхням. Передній кут задається на внутрішньому діаметрі різьби і вибирається в межах залежно від матеріалу оброблюваної деталі: для твердої сталі, сірого чавуну та бронзи, для сталі середньої твердості, ковкого чавуну, латуні, для м'якої сталі та сплавів алюмінію. Передній кут вимірюється в площині перпендикулярній осі плашки.

Велике значення має форма задньої поверхні плашки. Існують дві форми задньої поверхні: криволінійна (рис.3.20, *а*) та плоска (рис.3.20, *б*). Задній кут

$\alpha = 6...9^\circ$ задається також на внутрішньому діаметрі та визначається величиною затилування

$$k = \frac{\pi d_1}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

Калібрувальна частина. Довжина калібрувальної частини плашки приймається рівною $(3...5)P$, а загальна довжина ріжучої та калібрувальної частин становить $(6...10) P$. На калібрувальній частині плашки зуби не затилуються і задній кут $\alpha = 0^\circ$. Плашки не шліфуються по профілю, тому вони нарізують різьбу ступеня точності не вище $6h, 8h, 6g, 6e, 6d$.

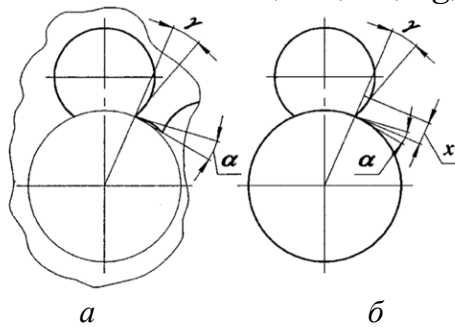


Рис. 3.20. Форми передньої поверхні плашки

3.5. Різьбові фрези

Для фрезерування різьби застосовуються гребінчасті циліндричні та дискові фрези. Гребінчасті фрези (рис. 3.21) призначені для нарізування короткої різьби з дрібним кроком і забезпечують багаторазове підвищення продуктивності в порівнянні з нарізуванням різцем.

За конструкцією гребінчасті різьбові фрези бувають кінцевими з конічним хвостовиком за ГОСТ 24705-81 (рис. 3.21, а) та насадними (рис. 3.29, б) за ГОСТ 24705-82.

Діаметр фрези D залежить від висоти зуба H , діаметра отвору d (для насадних), діаметра кола западин D_1 :

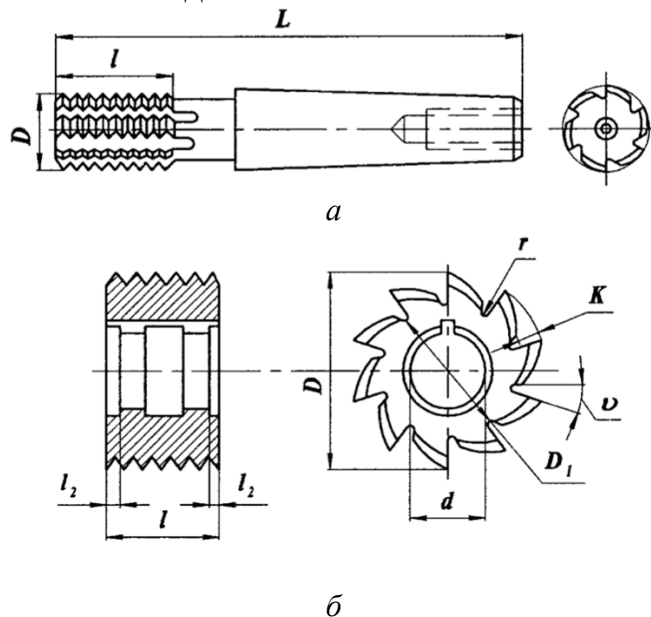


Рис. 3.21. Гребінчасті різьбові фрези

Діаметр отвору d (рис. 3.21,б) вибирають з умови усунення вібрації в процесі роботи, а товщину фрези призначають в межах $(0,3 \dots 0,4) d$.

Для різьби з $P = 0,5 \dots 6$ мм діаметри гребінчастих фрез знаходяться в межах $D = 10 \dots 100$ мм. Для внутрішньої різьби діаметр фрези повинен бути не більше $0,85 \dots 0,9$ діаметра отвору.

Довжина робочої частини фрез $l = 15 \dots 100$ мм для забезпечення обробки по всій довжині деталі. Параметр l повинен бути більше ніж на 2-3 кроки довжини різьби, що нарізується.

Фрези заточують по передній поверхні під кутом γ , який призначається в залежності від матеріалу деталі: $\gamma = 0^\circ$ - для чавуну, бронзи, латуні та твердої сталі; $\gamma = 5^\circ$ - для сталі середньої твердості та $\gamma = 10 \dots 15^\circ$ - для легких сплавів та м'яких сталей. Задні кути на вершині зубів вибираються в межах $\alpha = 8 \dots 10^\circ$, на бічних сторонах $\alpha = 4 \dots 5^\circ$ і забезпечуються на операціях затилювання.

Для нарізування трапецеїдальної різьби з великим кроком і великого діаметру, а також черв'яків застосовують дискові фрези (рис.3.22).

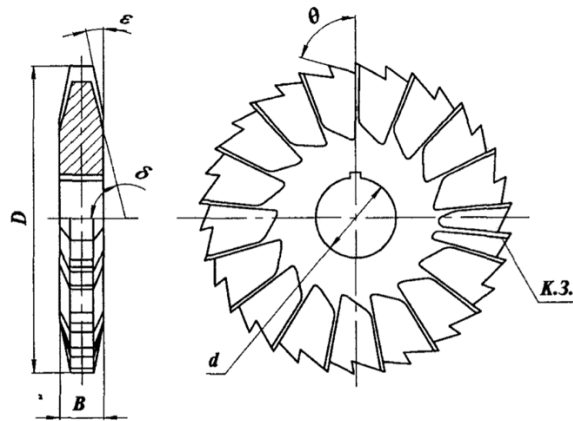


Рис. 3.22. Дискова різьбонарізна фреза

Ось фрези при різьбонарізуванні встановлюється під кутом до осі заготовки рівним куту підйому різьби.

Діаметри фрез для трапецеїдальної різьби та черв'яків $D = 60 \dots 180$ мм; діаметри отворів під оправки $d = 27 \dots 60$ мм, а висота фрез знаходиться в межах $B = 10 \dots 40$ мм; кількість зубів $z = 34 \dots 40$.

3.6. Різьбонарізні головки

Різьбонарізні головки - це збірний інструмент, оснащений комплектом круглих гребінок (рис. 3.23, а), або плоских плашок (рис. 3.31, б, в). За конструкцією головки поділяються на такі типи:

за розташуванням плашок щодо оброблюваної деталі:

- на радіальні (див. рис.3.23, а, в);
- тангенціальні (див. рис.3.23, б);

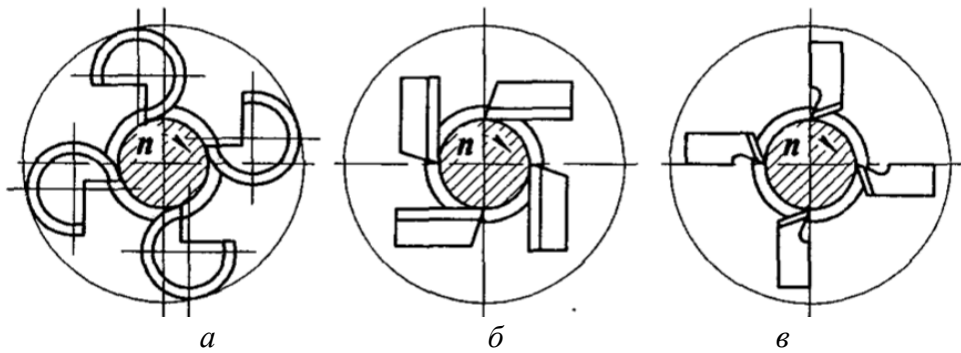


Рис. 3.23. Схема роботи різьбонарізних головок: *а* – з круглими гребінками;
б – із плоскими тангенціальними плашками;
в – із плоскими радіальними плашками

за кінематикою різання:

- обертові для токарних напівавтоматів;
- не обертові – для револьверних та різьбонарізних верстатів;

по виду оброблюваної різьби:

- для обробки зовнішньої та внутрішньої різьби.

3.7. Лабораторна робота №5

Заточування мітчиків

Ціль роботи.

1. Вивчення конструкції та геометричних параметрів мітчиків.
2. Ознайомлення з обладнанням для заточування мітчиків і набуття навичок в його налагоджуванні.
3. Ознайомлення з вимірювальними пристроями для контролю мітчиків і набуття навичок у вимірюванні параметрів мітчика.

Порядок виконання роботи.

Вивчити самостійно класифікацію, конструктивні елементи і геометричні параметри мітчиків.

1. Привести ескіз мітчика з позначенням на ньому геометричних параметрів і конструктивних елементів.
2. У відповідності з варіантом завдання обрати шліфувальний круг для заточування мітчика.
3. Визначити параметри упорки для заточки мітчика.
5. Заточити мітчик.
6. Виміряти геометричні параметри і порівняти їх з заданими.
7. Зробити висновок по роботі.

Визначення висоти упорки при заточуванні мітчиків.

Заточування мітчиків (рис.3.24) ведуть на універсально заточувальному верстаті. Для закріплення мітчика на столі верстату встановлюють центри. Величину повздовжнього переміщення стола обмежують упорами, які встановлюють на певній відстані один від одного. Якщо центрові отвори у мітчика відсутні або непридатні для використання, то заточування по передній поверхні проводять в універсальній головці з цанговим або патронним затискачем. При заточуванні передньої поверхні мітчиків в центрах поділ може проводитись за допомогою упорки, причому базою є задня поверхня зуба, що заточується. В малосерійному виробництві заточування мітчиків по передній поверхні виконується без ділильних пристроїв шляхом притискання вручну зуба інструмента до круга. В цьому випадку можливе нерівномірне знімання металу з кожного зуба, внаслідок чого мітчик після заточування має підвищене биття різальних кромки. Для підвищення точності поділу при заточуванні мітчиків можна використовувати ділильні пристрої або виконувати ділення за допомогою упорки по спеціальному ділильному диску, закріпленому на хвостовику мітчика.

Заточування мітчиків по передній поверхні виконується тарільчастими або чашковими кругами як по різальній так і по калібрувальній частині. При заточуванні мітчиків з переднім кутом $\gamma > 0$ (рис. 3.24), торцева площина круга зміщується на відстань h по відношенню до лінії центрів (рис.3.25).

$$h = \frac{D}{2} \sin \gamma,$$

де D - діаметр мітчика.

Для того, щоб положення кожного зуба мітчика в процесі заточування по відношенню до шліфувального круга було правильним, використовують упорку.

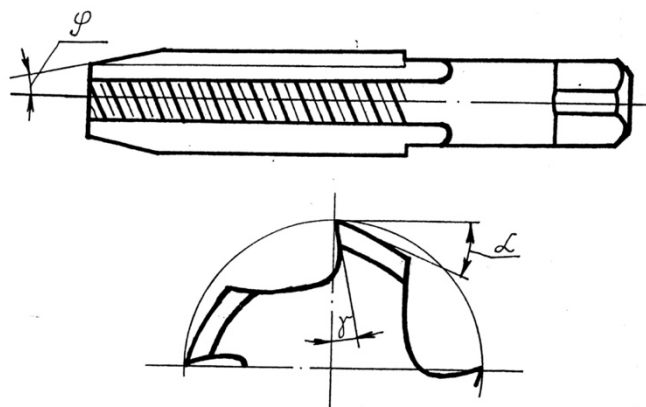


Рис. Рис. 3.24. Геометричні параметри мітчика

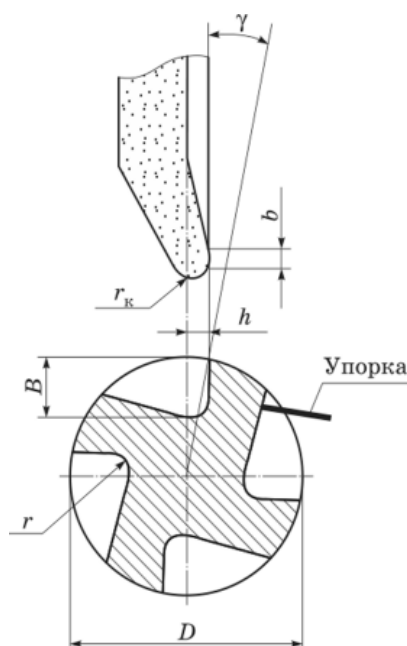


Рис. 3.25. Схема заточування мітчика

Контроль заточеного мітчика.

Для вимірювання заднього та переднього кутів застосовують кутомір Вабчініцера М.І. (рис.4). Прилад складається з корпусу 2, на якому розташована шкала, проти штрихів якої нанесено цифри, що відповідають числу зубців інструмента. По корпусу 2 вільно переміщується сектор 1, на якому також нанесена шкала, в обидві сторони від нуля якої відраховуються передні та задні кути. Ціна поділки 1° .

При вимірюванні переднього кута кутомір розташовують по відношенню до інструмента так, щоб ребро лінійки 3 без зазору притулялося до передньої поверхні зуба який вимірюється, а опорна лінійка 4 ребром спиралася на задню поверхню сусіднього зуба. При вимірюванні заднього кута лінійку 3 можна втопити, а лінійка 5 без зазору прилягає до задньої поверхні зуба, що вимірюють. Опорна лінійка 4, як і в першому випадку, спирається на задню поверхню сусіднього зуба. Значення переднього і заднього кутів по шкалі сектора визначають по штриху шкали корпусу, який показує число зубів інструмента який вимірюється.

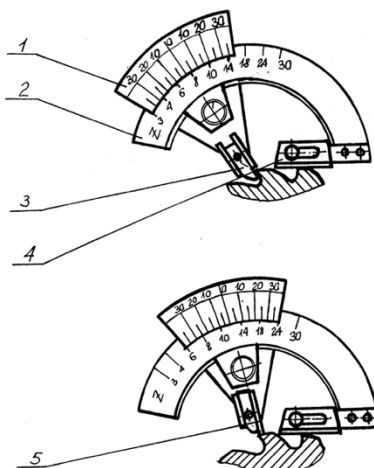


Рис. 3.26. Вимірювання кутів кутоміром Вабчініцера

Звіт до лабораторної роботи №5.

Заточування мітчиків				Варіант №			
1. Ескіз мітчика							
Геометричні параметри мітчика							
Задано Виміряно							
Обладнання та пристрої: Заточувальний верстат моделі –							
2. Вимірювальні прилади та пристосування							
Найменування		Границі вимірювання				Ціна поділки	
3. Вибір шліфувального круга:							
Форма круга	Розміри круга	Абразив ний матеріал	Зернис тість	Твердість	Структура	Зв'язка	Ескіз круга
Режими різання: $V=$; $S_{пов.}=$; $S_{поп}=$;							

4. Висновки.

Запитання для самоперевірки

1. Які типи мітчиків за конструкцією та застосуванням розрізняють?
2. Які типи виконання західної частини і їх призначення?
3. Особливості західної частини мітчиків у комплекті?
4. У яких мітчиків всі витки різуть?
5. Перелічити конструктивні і геометричні параметри мітчиків.
6. Як забезпечити евакуацію стружки в глухому отворі?
7. Особливість гайкових мітчиків.
8. Особливість машинних мітчиків і таких, що оброблюють крупні різьби.
9. Яка форма задньої поверхні мітчика і чи її переточують?

4. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗУЧОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1. Вимоги до властивостей інструментальних матеріалів

Різальний інструмент повинен відповідати умовам його експлуатації, для яких характерна комбінація високих нормальних і дотичних напружень і температур у зоні різання, а також тертя на контактних поверхнях і вібрацій у системі «інструмент – заготовка».

Необхідним умовам процесу різання відповідає певна комбінація фізико-механічних властивостей інструментальних матеріалів. До них належать наведені нижче властивості.

Твердість. Процес різання супроводжується впровадженням ріжучого клина інструмента в оброблювану заготовку. Ефективність обробки різанням переважно залежить від відношення $H_{ін}/H_{об}$,

де $H_{ін}$ – твердість матеріалу різального інструменту,

$H_{об}$ – твердість оброблюваного матеріалу.

Оброблення різанням лезовим різальним інструментом може бути виконана в деталях, матеріалом яких є конструкційні сталі й сплави твердістю $HRC(50)$. При чому при твердості до $HRC 30...40$ в основному використовують інструменти зі швидкорізальних сталей, а вище цих значень – переважно із твердих сплавів.

Міцність. Процес різання супроводжується виникненням сил різання, прикладених до робочих поверхонь інструментів. Під дією сил різання матеріал робочої частини інструментів повинен без руйнування працювати при навантаженнях на вигин, стискання, крутіння, тертя. Тому інструментальні матеріали повинні мати певну комбінацію міцністих властивостей. Такою кращою комбінацією мають інструментальні сталі, для яких, наприклад, відношення їх меж міцності на стискання і розтягнення становить 1,5...2,1. Гіршою комбінацією міцністих характеристик мають тверді сплави й інші матеріали.

Теплостійкість. Обробка лезовими інструментами супроводжується збільшенням температури в зоні різання до 200...1000°C і більш. Перевищення певного рівня температури для кожного інструментального матеріалу супроводжується значним зниженням його твердості й міцності.

З металевих інструментальних матеріалів найбільшої теплостійкості відповідають тверді сплави, а найменшої – інструментальні вуглецеві сталі.

Теплопровідність. При підвищенні температур у зоні різання значну роль у збереженні ріжучих властивостей інструментів відіграє відвід тепла із цієї зони в тіло інструмента. Такий відвід тепла залежить від фізичної властивості матеріалу інструмента – його теплопровідності.

Зносостійкість. Контакт робочих поверхонь інструментів і шару, що зрізується, в умовах взаємного переміщення контактних поверхонь зі швидкістю 20...100 м/хв і більш приводить до зношування робочих поверхонь інструментів.

Зносостійкість може бути оцінена відношенням

$$B = \frac{A}{m},$$

де A – робота сил тертя;

m – маса продуктів зношеного інструментального матеріалу.

Процес зношування матеріалів можна оцінити інтенсивністю зношування l_i , яка визначається швидкістю росту маси m продуктів зношеного матеріалу до путі, що пройдений інструментом L , тобто

$$l_i = \frac{dm}{L}$$

Необхідні вимоги зносостійкості забезпечують регулюванням фізико-механічних властивостей інструментальних матеріалів і створенням оптимальних умов експлуатації різальних інструментів.

Більшість сучасних процесів обробки різанням вимагає комбінації багатьох з перерахованих вимог до матеріалів ріжучої частини інструментів.

4. 2. Групи й марки інструментальних матеріалів

Інструментальні матеріали ділять на наступні групи:

- вуглецеві інструментальні сталі;
- леговані інструментальні сталі;
- швидкорізальні сталі;
- металокерамічні тверді сплави;
- мінералокерамічні матеріали;
- синтетичні алмази;
- синтетичні композиційні матеріали на основі нітриду бору.

Інструментальні сталі. Вуглецеві інструментальні сталі мають добру оброблюваність і високу твердість ($HRC\ 62 - 64$) в загартованому стані. Теплостійкість цих сталей $200 - 250^\circ C$, тому вони можуть працювати лише при невеликих швидкостях різання ($15 - 18\text{ м/хв.}$). В залежності від вмісту вуглецю ($0,65 - 1,35\%$) властивості сталей змінюються. Збільшення вмісту вуглецю підвищує твердість і крихкість.

Вуглецеві інструментальні сталі маркуються так: У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13, У13А, У8Г, У8ГА. Літера "У" означає, що інструментальна сталь вуглецева, цифра - показує кількість вуглецю в десятих частках відсотка, літера "А" в кінці позначення марки означає, що сталь високоякісна з низьким вмістом шкідливих домішок (сірка, фосфор), літера "Г" - підвищений вміст марганцю.

Сталі марок У7, У8, У9 використовують для виготовлення зубил, слюсарних молотків, гільйотинних ножиців.

Сталі марок У10, У11, У12 використовують для виготовлення мітчиків, розверток, штампів, калібрів та інших інструментів. Різальні властивості інструментальних вуглецевих сталей можна поліпшити легуванням хромом, вольфрамом, ванадієм, кремнієм, марганцем, нікелем та іншими елементами.

Леговані інструментальні сталі відрізняються підвищеною в'язкістю, більш високими різальними властивостями, ніж інструментальні вуглецеві сталі. Проте вони також мають невисоку теплостійкість (250 - 350°C) і призначені для роботи при невеликих швидкостях різання (15 - 25 м/хв.). Леговані сталі позначають так: 7ХФ, 9ХФ, 13Х, ХВ4, 9Х, 12Х, В2Ф, 9ХС, ХГС, 9ХВГ, ХВСГ, 9Х5ВФ, 8Х6НФТ (ГОСТ 5950-73). З цих сталей виготовляють плашки, мітчики, протяжки, розвертки, свердла та інші інструменти.

В позначенні марок легованих сталей перша цифра вказує на вміст вуглецю в десятих долях відсотка. Якщо вміст вуглецю дорівнює одному відсотку, то сталь маркується без зазначення числа 10. Наявність легуючих елементів позначається відповідними літерами. Цифра після літери характеризує наявність відповідного елемента у відсотках. Відсутність цифри після літер показує, що вміст легуючого елемента ~ 1%. Наприклад: сталь 9ХС складається з 0,9% вуглецю, 1% хрому, 1% кремнію.

Швидкорізальні інструментальні сталі мають високу твердість, міцність, стійкість до зношування, їх теплостійкість досягає 600 - 650°C, швидкість різання - до 100 м/хв. Основні марки швидкорізальних сталей: Р9, Р18, Р6М3, Р6М5, Р12Ф2, Р9К5, Р18К5Ф2, Р9М4К8 (ГОСТ 19265-73).

Літера "Р" означає належність сталі до групи швидкорізальних, цифра після літери "Р" показує середню масову частку вольфраму у відсотках; М - молібден, Ф - ванадій, К - кобальт. Цифри після літер - масову частку відповідного елемента у відсотках. Наприклад: Р18К5Ф2 - містить 18% вольфраму, 5% кобальту, 2% ванадію. Ці сталі використовують для виготовлення різців, свердел, фрез, зуборізного інструменту тощо.

Металокерамічні тверді сплави мають високу твердість, стійкість до зношування і високу теплостійкість (800 - 1000°C), що дозволяє обробляти заготовки з швидкостями різання до 800 м/хв. Тверді сплави складаються з карбідів титану, вольфраму, танталу, карбонітридів титану і кобальту, інколи нікелю та молібдену. Тверді сплави (ГОСТ 3882-74), які містять в собі вольфрам, поділяють на три групи: вольфрамові (ВК), титановольфрамові (ТК), титанотанталовольфрамові (ТТК) металокерамічні тверді сплави. Вольфрамові складаються з карбідів вольфраму і металевого кобальту. Їх позначають літерами "ВК" і цифрами, які вказують вміст кобальту у відсотках. Сплави ВК3, ВК4, ВК6, ВК8 призначені для обробки сірого чавуну, кольорових металів та сплавів, а також неметалевих матеріалів. Групи й марки твердих сплавів.

Титановольфрамові двокарбідні сплави складаються з карбідів вольфраму і титану, зцементованих кобальтом. Їх позначають літерами ТК і цифрами, які вказують вміст карбіду титану і металевого кобальту у відсотках. Сплави Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т3К4 призначені для обробки вуглецевих та легованих сталей.

Титанотанталовольфрамові трикарбідні сплави складаються з карбідів танталу, титану, вольфраму, зцементованих кобальтом, їх позначають літерами ТТК і цифрами. Цифри після літер ТТ вказують сумарний вміст карбідів титану і танталу, цифри після літери К означають вміст кобальту у

відсотках (репгга - карбіди вольфраму). Сплави ТТ7К12, ТТ20К9 призначені для чистової та напівчистової обробки чавунів, сталевих виливків та сталей, які важко оброблюються різанням. Приклади розшифрування: ВК8 - вміщує 92% карбідів вольфраму, 8% кобальту; Т15К6 - вміщує 15% карбідів титану, 79% карбідів вольфраму, 6% кобальту; ТТ7К12 - вміщує 4% карбідів титану, 3% карбідів танталу, 81% карбідів вольфраму, 12% кобальту.

Безвольфрамові тверді сплави виготовляють на основі карбідів титану і карбонітридів титану з добавкою нікелю чи молібдену. Сплави ТМ-3, ТН-20, ТНМ-30, КНТ-16, КНТ-30 (ГОСТ 26530-85) за різальними властивостями не поступаються твердим сплавам з вольфрамом. Безвольфрамові сплави використовують для чистової обробки легованих сталей, кольорових металів і сплавів, для виготовлення прес-форм, калібрів та іншого інструменту, їх стійкість до зношування в 1,5-3 рази вища, ніж у сплавів групи ВК.

Карбідохромові тверді сплави виготовляють на основі карбідів хрому з добавкою нікелю. Сплави КХН-10, КХН-15, КХН-20, КХН-35, КХН-40 (цифра вказує вміст нікелю у відсотках, решта - карбіди хрому) не окислюються на повітрі до 1000 - 1100°C, добре працюють при абразивному зношуванні. Карбідохромові сплави використовують аналогічно безвольфрамовим твердим сплавам. Ці сплави більш економічні внаслідок відсутності дорогого вольфраму.

Тверді сплави виготовляють у вигляді пластин, які припаюють до робочої частини інструменту, або закріплюють механічними способами. У металообробці стандартом ISO 513-75 виділені три групи різання для застосування твердосплавного ріжучого інструменту:

група Р - для обробки матеріалів, що дають в основному зливну стружку;

група К - для обробки матеріалів, що дають як зливну, так і стружку надлому;

група М - для обробки різних матеріалів (універсальні тверді сплави), що дають стружку надлому

ГРУПА Р	ГРУПА М	Група К
<u>Оброблювані матеріали</u>	<u>Оброблювані матеріали</u>	<u>Оброблювані матеріали</u>
Конструкційні сталі	Корозійно-теплостійкі сталі	Чавуни
нелеговані	(аустенітного класу)	ковкі
леговані	Жаростійкі і жароміцні сплави:	сірі
підшипникові	мартенситного,	антифрикційні
ресорно-пружинні	аустенітно-мартенситного і	з шаровим графітом
Інструментальні сталі	аустенітного класів;	Алюмінієві сплави
вуглецеві	на Ni-Cr основі	деформуємі
для мірального інструмента	Нікель- кобальтові сплави	ливарні
штампові	Титанові сплави	Мідь і мідні сплави
швидкорізальні	деформуємі	мідь
Сталі для виливків	ливарні	латуні
вуглецеві		бронзи
низьколеговані		Антифрикційні сплави
Корозійно-теплостійкі сталі		цинкові
(мартенситно-феритного		алюмінієві
класів)		порошкові спечені
		бабіти

Мінералокерамічні матеріали поділяють на два основних види: оксидну білу кераміку, яка має в своєму складі 99,7% оксиду алюмінію (Al_2O_3), і чорну оксидно-карбідну кераміку з додаванням до оксиду алюмінію карбідів титану (Al_2O_3+TiC). На основі алюмооксидної мінералокераміки розроблений матеріал ОНТ-20 (картиніт). Цей матеріал перевершує тверді сплави за твердістю і стійкістю до зношування, але має високу крихкість. Його використовують для чистової обробки сірого чавуну, вуглецевих і легованих сталей. Інструментальні мінералокерамічні матеріали оксидно-карбідного типу ВЗ, ВОІЗ, ВОК-БО використовують для чистової і напівчистової обробки гартованих сталей (ШС 45 - 60), зі швидкістю різання в 2 - 3 рази більшою, ніж при обробці твердими сплавами. Синтетичні надтверді матеріали. Для обробки деталей на гнучких автоматичних лініях і верстатах з ЧПК використовують композити на основі кубічного нітриду бору та синтетичного алмазу. СНМ на основі нітриду бору випускають такі марки: композит 01 (ельбор - Р), композит 02 (белбор), композит 10 (гексаніт - Р), композит 05, які одержують спіканням порошків нітриду бору з легуючими добавками.

Найбільш поширені різці та фрези, оснащені пластинами композита 01 (ельбор - Р) і композита 10 (гексаніт - Р). За твердістю ці композити поступаються тільки алмазам. Їх використовують для обробки загартованих та цементованих сталей.

Абразивні матеріали. Ці матеріали являють собою дрібнозернисті або порошкоподібні речовини, які застосовуються для виготовлення абразивних інструментів: шліфувальних кругів, брусків, головок, полірувальних і шліфувальних стрічок. Абразивні матеріали мають високу теплостійкість (1800 - 2000°C) і стійкість до зношування. Їх поділяють на штучні та природні. Природні (кварц, наждак, корунд) знаходять обмежене застосування - внаслідок неоднорідності і нестабільності властивостей. У промисловості застосовуються в основному штучні абразивні матеріали (карбід бору, електрокорунд, карбід кремнію та інші) завдяки високій твердості та однорідності. Електрокорунд виготовляють при плавленні з матеріалів, що вміщують оксид алюмінію. У залежності від кількості Al_2O_3 електрокорунд буває нормальний, білий, легований.

Електрокорунд нормальний в основному випускають марки А15, який містить в собі 95% Al_2O_3 . З нього виготовляють круги для шліфування сталей, ковких чавунів, міцної бронзи.

Електрокорунд білий випускають чотирьох марок: 22А, 23 А, 24А, 25А, які містять від 97% до 99% Al_2O_3 . З нього виготовляють заточувальні круги, бруски для хонінгувальних і суперфінішувальних головок.

Легований електрокорунд хромистий (технічний корунд) одержують з глинозему (до 97% Al_2O_3) з додаванням до 2% оксиду хрому Cr_2O_3 . Хромистий електрокорунд випускають марок 32А, 33А, 34А. Електрокорунд титанистий (технічний сапфір) марки 37А отримують шляхом плавлення глинозему з присадкою (2-3%) оксиду титану.

Монокорунд - це різновид електрокорунду, який містить до 97% Al_2O_3 . Твердість його вища, ніж твердість білого електрокорунду. Монокорунд випускають марок: 43А, 44А, 45А і використовують для виготовлення заточувальних кругів і мікропорошків.

Карбід кремнію SiC отримують в електропечах з кремнезему. Він поділяється на чорний і зелений карбід кремнію. Карбід кремнію чорний випускають марок 52С, 53С, 54С, 55С, які коштують 95 - 98% карбіду кремнію (SiC). Його застосовують для заточування інструментів та шліфування твердих сплавів, чавуну, кольорових металів.

Карбід кремнію зелений випускають марок 62С, 63С, 64С, які містять 97 - 99% карбіду кремнію (SiC). Він має вищу твердість, ніж карбід кремнію чорний. Застосовують зелений карбід при виготовленні інструментів, для заточування швидкорізальних і твердих сплавів та для правлення шліфувальних кругів.

Карбід бору отримують плавленням борної кислоти в електропечах. Він містить до 94% B_4C і 1,5% вільного вуглецю. Карбід бору значно твердіший за карбід кремнію, тому його застосовують у вигляді металевих порошків чи паст при доведенні твердосплавних інструментів.

Алмази. Алмаз вважається найтвердішим матеріалом, хімічно малоактивний, не піддається дії кислотних і лужних середовищ, має високу теплостійкість ($850^\circ C$), стійкість до зношування, але крихкий і дорогий. У промисловості в основному використовують штучні (синтетичні) алмазні різці і круги різних профілів, головки, бруски, надфілі і пасти. Швидкість різання при обробці заготовок синтетичним алмазом перевищує 100 м/хв. З синтетичних алмазів виготовляють алмазні порошки, які необхідні для отримання алмазноабразивних інструментів (шліфувальні круги, хони, пригари та ін.). Поверхні деталей, які оброблені алмазним інструментом, характеризуються низькою шорсткістю і високою точністю поверхні.

4.3. Лабораторна робота № 6

Розшифровка марок твердих сплавів

Ціль роботи

Практичне ознайомлення з основними типами металокерамічних твердих сплавів, їх марки, хімічний склад.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з інструментальними матеріалами, з яких виготовляють різальні частини інструментів.
2. Отримати від викладача марки інструментальних матеріалів та здійснити їх розшифровку і обґрунтувати область застосування.
3. Зробити висновки по роботі.

Звіт до лабораторної роботи №6.

1. Скласти таблицю, за формою, поданою нижче, в якій навести назву інструмента, марку матеріалу, з якого виготовлена різальна частина цього інструментаЮ

2. Дати розшифрування складу матеріалу, навести можливі галузі застосування.

№	Назва інструменту	Марка матеріалу і її розшифрування	Можливі галузі застосування
1			
2			
3			

Контрольні запитання.

1. З яких карбідів складаються вольфрамові і безвольфрамові тверді сплави?
2. Проаналізувати застосування твердих сплавів.
3. Які тверді сплави рекомендують для обробки чавунів, сталей?
4. Як з'єднують твердосплавні пластини з робочою частиною інструменту?
5. Який матеріал називають мінералокерамічним?
6. Які марки синтетичних надтвердих матеріалів Ви знаєте?
7. Для виготовлення яких інструментів використовують абразивні матеріали?
8. Які штучні абразивні матеріали використовують у промисловості?
9. В чому переваги і недоліки технічних інструментальних алмазів?

5. ФРЕЗИ

Фреза є одним із найпоширеніших різальних інструментів. У промисловості із загального парку устаткування фрезерні верстати становлять близько 18%, а в авіаційної промисловості до 50...60% всього заводського парку.

Фрези перед іншими типами інструментів мають перевагу, тому що дозволяють проводити обробку фасонних поверхонь без складної установки та без високої кваліфікації верстатника; сама операція фрезерування більш продуктивна та економічна, ніж точіння та стругання.

Фрезами, оснащеними мінералокерамікою та надтвердими матеріалами, можна обробляти сталі, загартовані до твердості 60HRC, виключаючи у ряді випадків операції шліфування.

Різноманітність конструктивних різновидів фрез, що випускаються промисловістю, можна розділити на такі типи:

за конструкцією інструменту:

- фрези цілісні, коли зуби виконані за одне ціле з корпусом;
- фрези збірні (зі вставними ножами);

- фрези набірні або комплектні, що складаються з набору декількох універсальних та спеціальних фрез, призначених для одночасної обробки кількох поверхонь;

за конструкцією зубів:

- фрези з гострозаточеними (загостреними) зубами
- фрези із затилованими зубами;

за розташуванням зубів щодо осі фрези:

- фрези циліндричні; кутові; торцеві;
- фасонні фрези, у яких зубці розташовані по поверхні з криволінійною твірною;

- фрези з комбінованим розташуванням зубів (торцово-циліндричні, двокуткові та ін.);

за формою зубів:

- фрези з прямими зубами,
- фрези з гвинтовими зубами,
- фрези з кутовими зубами;

за профілем зубів (за призначенням):

- різьбові, зуборізні дискові та пальцеві;
- зуборізні черв'ячні, дискові фасонні (для канавок інструментів);

за способом кріплення на верстаті

- фрези кінцеві (з конічним або циліндричним хвостовиком);
- фрези насадні, що мають отвори під оправку.

Величезна номенклатура фрез не дозволяє розглянути всі можливі, відповідно до наведеної класифікації, їх типи. Тому ми обмежимося вивченням конструктивних і геометричних особливостей гострозаточених і затилованих фрез, а також збірних фрез різних типів з механічним кріпленням пластин твердих сплавів, мінералокераміки і надтвердих матеріалів. Останні, як і різці, знайшли широке застосування в автоматизованому виробництві на верстатах з ЧПУ.

5.1. Фрези з гострозаточеними зубами

5.1.1. Конструктивні елементи та геометричні параметри фрез

Незважаючи на різноманіття типів гострозаточених фрез (циліндричні, торцеві, дискові, кінцеві, кутові, пилки по металу) вони мають багато загальних конструктивних елементів: діаметр інструменту, посадкові розміри, форма зубів та їх число, кути різальної частини, пристрої для дроблення стружки.

Діаметр фрези впливає як на процес фрезерування, так і вибір конструктивних елементів інструменту. Доцільно вибирати найбільший діаметр фрези, тому що з цим пов'язане число зубів, їх розміри та форма, товщина тіла корпусу. На практиці для забезпечення достатньої міцності корпусу використовується залежність

$$D_1 = (1,6 - 2,5)d,$$

де D_1 - діаметр кола западин зубів;
 d – діаметр посадкового отвору.

Розмірний ряд гострозаточених фрез стандартизований для кожного виду: наприклад, кінцеві фрези з швидкорізальної сталі виготовляються діаметрами 3...63 мм, а твердосплавні кінцеві фрези - 3...40 мм.

Кінцеві твердосплавні цільні фрези виготовляються за діаметрами 14...30 мм; дискові тристоронні фрези швидкорізальні мають діаметри 100...250 мм. У такому самому діапазоні розмірів інструментальна промисловість випускає торцеві фрези зі вставними ножами зі швидкорізальної сталі.

Посадковим розміром для насадних фрез є діаметр отвору під оправку, який залежно від зовнішнього діаметра інструменту вибирається з ряду 16; 22; 27; 32; 40; 50 та 60 мм.

Форма зубів і западин фрез повинні забезпечувати міцність зуба та достатній простір для розміщення стружки, її відведення із зони різання, а також максимальну кількість переточувань.

Для гострозаточених фрез найбільш поширена трапецеїдальна форма зуба (рис. 5.1, а), яка застосовується у чистових фрез. Зуб такої форми заточується по задній поверхні. Висота зуба h вибирається не більшою 0,5...0,65 від окружного кроку, а $r = (0,5-2,0)$ мм.

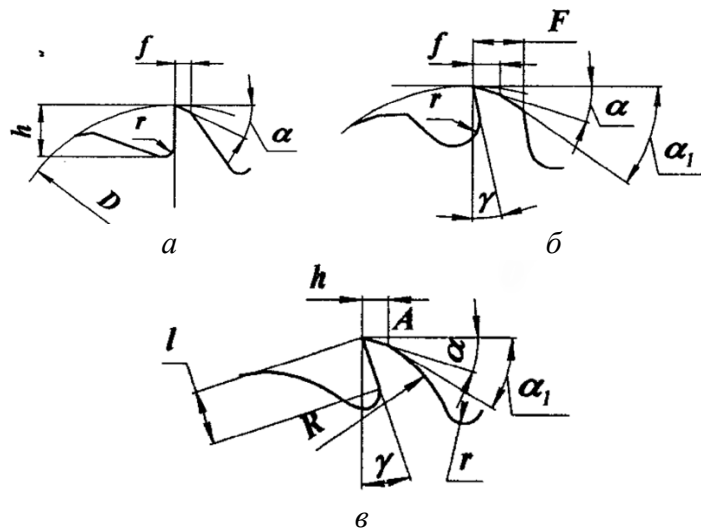


Рис. 5.1. Форма гострозаточених зубів

Великі зуби фрез оформляються згідно з рис. 5.1, б, в. Форма зуба на рис. 5.1, б має подвійну прямолінійну спинку, де α - робочий задній кут, а $\alpha_1 = 20...30^\circ$. Зуб третьої форми (рис. 5.1, в) має криволінійну спинку, при цьому; $R = (0,3...0,45)D$; $h = (0,3...0,45)t_{\text{кола}}$; $f = 1...2$ мм, $r = (0,4...0,75)h$, а $\alpha_1 = (10...15^\circ)$. Таку форму зуба мають, наприклад, швидкорізальні кінцеві обдирні фрези.

Число зубів вибирається з умов забезпечення рівномірності фрезерування. Як відомо з теорії різання, для гвинтових фрез рівномірність

фрезерування досягається за умови, коли ширина фрезерування кратна осьовому кроку інструменту, тобто.

$$B/t_0 = C,$$

де C – ціле число.

Якщо D – діаметр фрези, ω - кут нахилу зуба, то

$$z = (C\pi D \operatorname{ctg}\omega)B.$$

Для прямозубих фрез ця умова виконується, якщо одночасно працює щонайменше два зуби, тобто

$$z = \frac{360^\circ}{\varphi} \xi,$$

де $\varphi = \arccos\left(1 - \frac{2t}{D}\right)$ - кут контакту;

$\xi \geq 2$ - коефіцієнт нерівномірності ($\xi = \varphi/\varepsilon = \varphi z/360^\circ$).

Кути ріжучої частини вибираються в залежності від типу фрези, властивостей оброблюваного матеріалу та технологічних умов обробки.

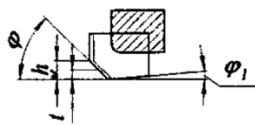
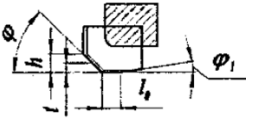
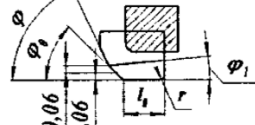
Передні кути у швидкорізальних фрез при обробці сталі змінюються в межах $20...10^\circ$, твердосплавних - $+15^\circ...-15^\circ$, причому менші значення призначаються для обробки сталі з більшою міцністю ($\sigma_s > 1000$ МПа).

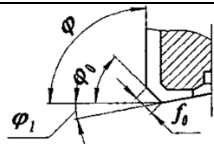
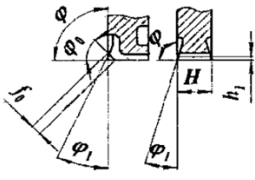
Задній кут α у дрібнозубих фрез приймається рівним 16° , для фрез з великим зубом – 12° , а для дискових та прорізних – до 30° ; у твердосплавних фрез $\alpha = 5...8^\circ$. Деякі типи фрез мають допоміжні ріжучі кромки; задні кути α_1 на них вибираються не більше $4-8^\circ$.

Для торцевих і тристоронніх фрез важливу роль відіграє головний кут у плані φ , що визначає співвідношення між шириною і товщиною зрізу, і допоміжний кут у плані φ_1 , при цьому робоча частина у фрез може бути оформлена по-різному в залежності від типу фрези та умов різання (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

Кути у плані фрез основних типів

	φ	φ_0	φ_1	Характеристика фрез
	20...30	-	2...3	Торцеві фрези з $D \geq 150$ мм для грубої обробки з глибиною різання до 3мм
	45...60	-	2...3	При глибині різання до 3мм
	45...60	-	2...3	Торцеві фрези з $D \geq 150$ мм для чистової обробки при великих подачах. Допоміжна кромка вибирається рівною $l_0 = (4...6)f_{зуб}$
	45...60	-	2...3	Торцеві фрези з $D < 150$ мм для чистової обробки з одним зачисним зубом, що піднімається над іншими на 0,06мм. Фрези з $D \geq 150$ мм мають два зачисні зуби. Довжина $l_0 > f_{зуб}$, але не менше 30мм. Кут φ_1 на зачисних зубах дорівнює нулю при обробці чавуну і $= 6...120$ – при обробці сталі

	φ	φ_0	φ_1	Характеристика фрез
	90	45	1...3	Торцеві фрези для обробки взаємно перпендикулярних площин, пазів та канавок. Фаска $f_0 = 0,5-1,5$ мм залежно від діаметра фрез
	90	45	1...2	Фрези дискові дво- та тристоронні. Фаска $f_0 = 0,5 \dots 1,5$ мм, якщо не задана кресленням
	90	-	-	Прорізні (шліцеві) фрези з $D=40\dots60$ мм; при ширині до 0,8 мм $\varphi_1 = 15^\circ$, понад 0,8 мм $\varphi_1 = 30^\circ$.

Кутом нахилу ріжучої кромки λ забезпечуються всі типи фрез з кутовою різальною кромкою - торцеві, дискові, дво- і тристоронні. Для твердосплавних фрез $\lambda = 12\dots15^\circ$, а у швидкорізальних фрез λ не перевищує 10° . Для циліндричних фрез з гвинтовим і похилим зубом циліндричні насадні фрези мають $\omega = 45\dots60^\circ$, кінцеві - $30\dots60^\circ$, а дискові дво- і тристоронні - $15\dots20^\circ$.

5.1.2. Конструктивні особливості деяких типів гострозаточених фрез із швидкорізальної сталі

Фрези зі швидкорізальної сталі за призначенням представляють найбільшу групу фрезерного інструменту і за призначенням бувають: циліндричні, дискові, кутові, торцеві, відрізні та пили по металу.

Кінцеві фрези призначені для обробки площин, уступів, прямокутних пазів та виготовляються з циліндричним хвостовиком (ГОСТ 17025-71) діаметром 3...32 мм, з конічним хвостовиком (ГОСТ 17026-71) діаметром 14...63 мм, для верстатів з ЧПУ (ТУ2-035-022232.3-90) діаметром 14...50 мм. Для чорнового фрезерування відкритих широких поверхонь на деталях з великими припусками застосовують обдирні кінцеві фрези (ГОСТ 15086-69). На рис. 5.2. показана типова конструкція та геометричні параметри стандартної кінцевої фрези зі швидкорізальної сталі для обробки сталі та чавуну.

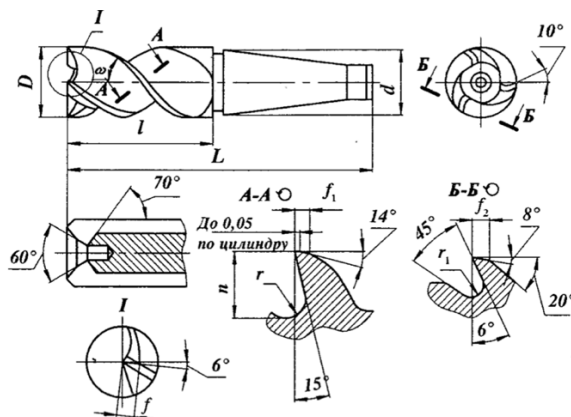


Рис. 5.2. Конструкція та геометричні параметри кінцевої фрези

Торцеві фрези зі вставними ножами зі швидкорізальної сталі виготовляються діаметром 80...250 мм, шириною $B=36...45$ мм і з числом зубів $z=10...26$.

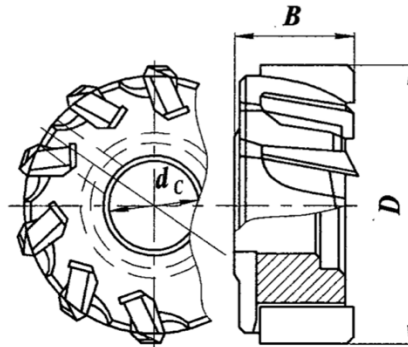


Рис. 5.3. Фреза торцева насадна із вставними ножами

Дискові фрези в залежності від зовнішнього діаметра та ширини зуба виготовляються цільними та збірними зі вставними ножами. До цього типу фрез відносяться пазові, три- та двосторонні кутові та інші, наприклад, тристоронні дискові фрези (рис. 5.4) з прямим зубом (див.рис.5.4,а) виготовляються діаметром 50...125 мм, з різноспрямованими зубами – діаметром 63...125 мм із кутом нахилу зубів $\omega = 15...20^\circ$.

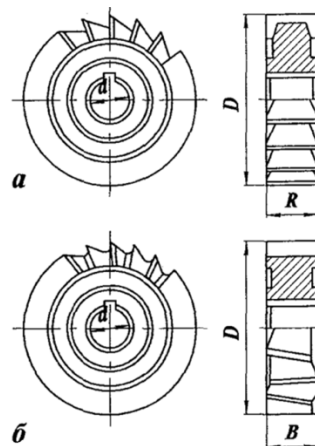


Рис. 5.4. Фрези тристоронні:

а – із прямим зубом; б – з різноспрямованими зубами

Відрізні фрези призначені для розрізання заготовок різного профілю; номенклатура цих фрез з дрібним, середнім та великим зубом виготовляються (рис. 5.5) діаметрами $D=20...315$ мм і числом зубів $z=16...200$.

Різновидом відрізних фрез є сегментні пили (рис. 5.6). Пили діаметром понад 200мм виконуються збірними. Корпус пили виконаний у вигляді диска з конструкційної сталі, і по всьому колу до диска закріплюються сегменти зі швидкорізальної сталі (див. рис. 5.6,б). Геометрія зуба відрізної пили наведена на рис. 5.6, в; спинка зуба має профіль, виконаний по дузі кола:

$\gamma = 0...25^\circ$; $\alpha = 12...16^\circ$; $\varphi_l = 2^\circ 30'... 2^\circ 15'$.

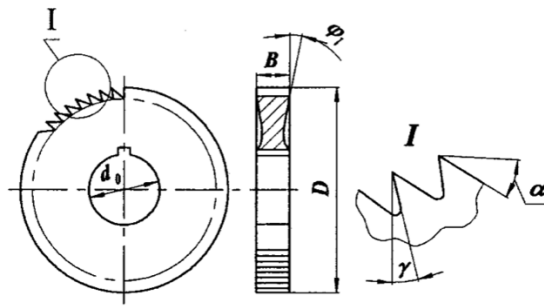


Рис. 5.5. Фреза відрізна

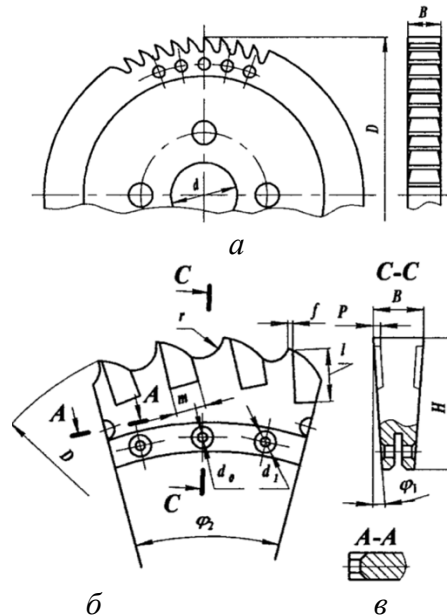


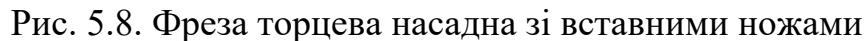
Рис. 5.6. Конструкція сегментної пики

5.1.3. Конструктивні особливості гострозаточених твердосплавних фрез

За конструктивним виконанням твердосплавні фрези випускаються монолітними, з припаяними пластинами, збірними, оснащеними ножами або багатограними пластинами.

Монолітні фрези із твердого сплаву випускаються двох типів: цілісні діаметром 3...12 мм; $z = 3...5$, $\omega = 30...40^\circ$ та зі сталевим хвостовиком діаметром 5...12 мм; $z = 3...5$ і $\omega = 30...40^\circ$. На рис. 5.7 показано конструкцію кінцевої фрези з коронкою твердого сплаву, яка припаюється конічною частиною до сталеві опраки. Такі фрези мають $z = 3...8$ та виготовляються діаметром 5...22 мм.

Торцеві фрези, оснащені твердим сплавом, набули найбільшого поширення в металообробці. Фрези зі вставними рифленими ножами та припаяними пластинами твердого сплаву виготовляються діаметром 100...250 мм, з числом зубів $z = 10...24$ та призначені для обробки площин та невисоких уступів у чавунних деталях. Насадні торцеві фрези виготовляються діаметром 100...630 мм із числом зубів $z = 8...30$. Ножі таких фрез кріпляться в



Найбільшого поширення набули торцеві, кінцеві, торцово-циліндричні,

Конструкції фрез з БНП відрізняються великою різноманітністю, і

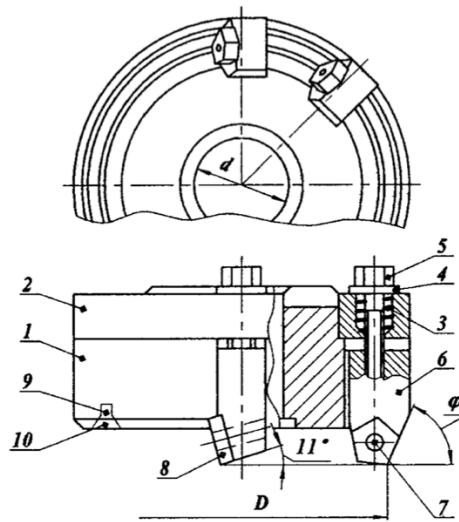


Рис. 5.9. Торцева фреза з механічним кріпленням п'ятигранних БНП

Такі фрези випускаються з тригранними ($\varphi = 90^\circ$), чотиригранними ($\varphi = 75^\circ$), п'ятигранними ($\varphi = 67^\circ$) та круглими пластинами з різних твердих сплавів діаметром 100...200 мм. У корпусі 1 фрези є пази з встановленими державками 6 зі штифтами 7, на які установлені ріжучі пластини 8. На корпусі розташоване кільце 2, що має отвори для затискних гвинтів 5, вкручених в хвостики державок. Для зручнішого складання фрези передбачені пружини 3 і шайби 4, що підтискають ріжучу пластину до базових поверхонь корпусу та державки. Остаточно пластину закріплюють гвинтом 5 при втягуванні державки, яка притискає штифтом ріжучу пластинку до спеціально виконаним в кільцевому жолобку 10 фаскам 9. Форма жолобка відповідає формі пластини.

Торцеві насадні фрези з механічним кріпленням твердосплавних пластин у блоках представлені на рис. 5.10. Чотиригранні пластини 2 можуть кріпитися прямо до блоку 4, розміщеному в пазах корпусу 1, гвинтом 3 (див. рис. 5.10,а). Фрези з таким кріпленням пластин відрізняються універсальністю, тому що дозволяють на базі одного корпусу отримувати фрези для різних робіт шляхом заміни блоків із пластинами однієї форми на іншу. Подібні фрези випускає фірма "Планзе" (Австрія).

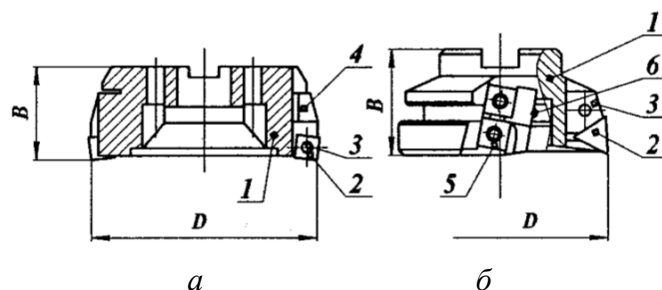


Рис. 5.10. Фрези торцеві насадні, блочні

Кріплення тригранних пластин 2, встановлених в блоці 3, але закріплених клином 5 через корпус 1, показано на рис. 5.10,б. Ці фрези

відрізняються наявністю регулювання в осьовому напрямку блоку 3 за допомогою ексцентрика 6.

Фрези з тангенціальним розташуванням чотиригранних твердосплавних пластин (рис. 5.11) складаються з корпусу 1 з гніздами під пластини, пластин 2, гвинтів-коромисел 5, кульок 4 і гайок 3.

Пластини в корпусі закріплені тангенціально, при цьому зусилля різання діє у напрямку більшої сторони пластини, за рахунок чого навантаження на пластину можуть бути підвищені. Зміна пластин здійснюється поворотом гайки 3; при цьому гвинт-коромисло 5 переміщається вздовж осі, торкається кульки 4 ділянками своєї канавки зростаючої глибини і звільняє пластину. Після повороту або заміни пластину гвинт-коромисло 5 за допомогою гайки переміщається у зворотному напрямку та притискає пластину до базових поверхонь корпусу.

Аналогічний спосіб кріплення ріжучих пластин використаний у конструкції фрези з механічним кріпленням ріжучих пластин з кераміки.

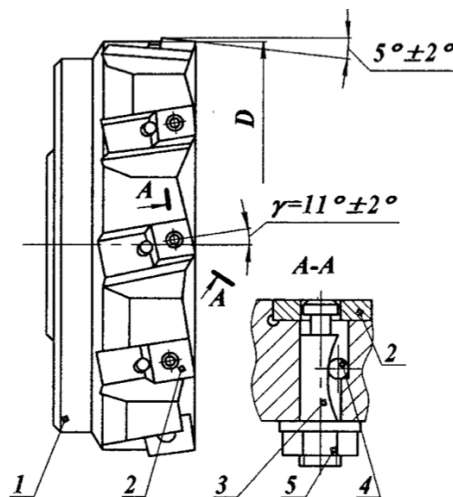


Рис. 5.11. Фреза з тангенціальним розташуванням чотиригранних твердосплавних пластин

Широке застосування отримали також кінцеві та торцово-циліндричні фрези з БНП. Кінцеві фрези з механічним кріпленням п'ятигранних або ромбічних пластин (рис. 5.12) складаються з корпусу 1 із гніздом під пластини та конічного хвостовика для кріплення на верстатах. У корпус вставляється і закріплюється гвинтом 5 втулка 3, на якій в радіальному напрямку базуються ріжучі пластини 2. Пластина спирається на основу гнізда корпусу і притискається до базових поверхонь корпусу і втулки за допомогою пружного штифта 4. Зміна леза після його затуплення здійснюється випресуванням штифта, поворотом або заміною пластини та запресуванням штифта. Крім стандартних твердосплавних пластин у корпус фрези можна вставити й інші пластини. діаметрами від 20 до 50 мм (чотиригранні пластини) та від 40 до 63 мм (п'ятигранні пластини).

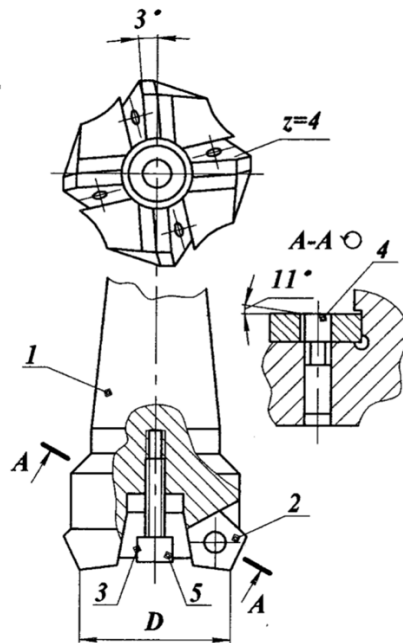


Рис. 5.12. Кінцева фреза з механічним кріпленням БНП

Зазвичай кінцеві та торцюво-циліндричні фрези виготовляють з кутом у плані $\varphi = 90^\circ$ з трикутними та квадратними пластинами, хвостові фрези з $D = 16...40$ мм та насадні з $D = 50...100$ мм. Пластини з позитивним або негативним переднім кутом закріплюються в корпусі гвинтом, клином або притисочною планкою. Квадратні пластини розташовуються на зубах у шаховому порядку та закріплюються гвинтами, при цьому кут нахилу зубів має бути в межах $6...15^\circ$. Пластини, розташовані біля торця, упираються в циліндричні штифти, що оберігають їх від зсуву в осьовому напрямку.

Ізраїльська фірма ISCAR пропонує широкую гаму кінцевих копіювальних фрез (рис. 5.13) оригінальної конструкції з механічним кріпленням БНП сферичної форми з радіусом $R = 4...10$ мм.

Ці фрези випускають з нормальною та з подовженою робочою частиною. Фрези з нормальною робочою частиною мають циліндричний корпус, а з подовженою – конічний для забезпечення достатньої жорсткості у процесі різання.

У фрезах з $R=4$ і 5 мм БНП 1 (див. рис. 5.13,а і б) закріплюють у гнізді корпусу 2 за допомогою гвинта 3. Бічні поверхні 4 гнізда і БНП утворюють жорстке з'єднання типу «ластівчиного хвоста», що перешкоджає зсуву пластини під дією сил різання у процесі обробки. БНП для фрези з $R=4$ мм має одну ріжучу кромку, а для фрези з $R=5$ мм – дві (робочу та запасну). Спеціальна форма передньої поверхні цих пластин полегшує процес стружкоутворення.

У фрезах $R = 6; 8$ і 10 мм (рис. 5.13,в) використовуються БНП з двома симетрично розташованими ріжучими кромками та установчою поверхнею V -подібної форми. У корпусі 2 фрези виконаний паз, дно 3 якого є опорною поверхнею для БНП і має відповідну V -подібну форму.

Проріз 4 паза, вужчий і більш довгий, ніж проріз у дні 3, відокремлює пружну частину корпусу фрези (пружний притиск) від жорсткої частини. Закріплення БНП притиском здійснюється за допомогою спеціального гвинта 5. Пластина має поперечну ріжучу кромку (як у свердла), що забезпечує її врізання в матеріал, що обробляється.

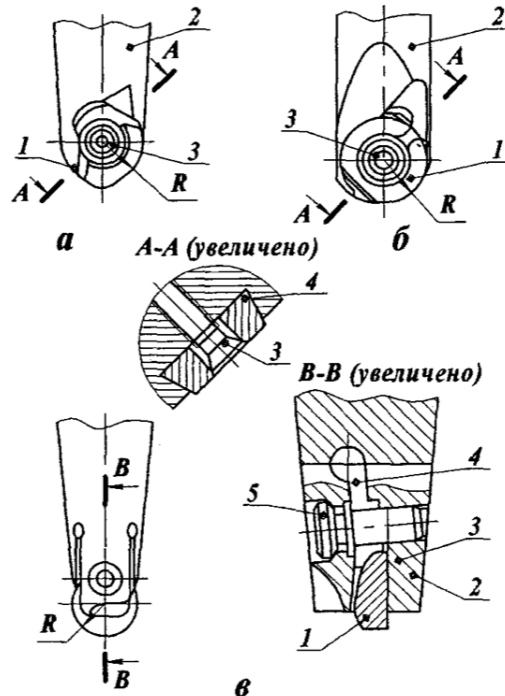


Рис. 5.13. Копіювальні кінцеві фрези з механічним кріпленням БНП:
а - $R = 4$ мм; б - 5 мм та 6...10 мм (в)

Опорна поверхня БНП, звернена до пружного притиска, і пов'язана з нею поверхня притиска мають також *V*-подібну форму (кут розкриття приблизно 170°). Наявність двох опорних поверхонь *V*-подібної форми виключає зсув пластини щодо осі фрези у процесі різання.

Для обробки загартованих сталей та високоміцних чавунів застосовують фрези, оснащені надтвердими матеріалами (НТМ) різних марок та керамікою. У порівнянні з твердосплавними такі фрези забезпечують підвищення в 4...10 рази швидкості різання, але зменшення до 4 разів подачі на зуб; при цьому досягається шорсткість обробленої поверхні як при шліфуванні.

Практичне застосування знайшли три різновиди фрези: з механічним кріпленням ножів (вставок), оснащених композитом; з механічним кріпленням пластин та з механічним кріпленням касет з ріжучими пластинами. Деякі конструктивні варіанти цих різновидів фрез показано на рис. 5.14-5.16. У корпусі 1 багатозубої торцевої фрези (рис. 5.14) ножі 2 розташовані під кутом 10° до осі фрези і кріпляться гвинтом 5 і 4 втулкою, що має кутову лиску.

При загвинчуванні гвинта втулка, переміщуючись, заклинює вставку в отворі. Гвинти 6 призначені для регулювання 2 ножа після його заточування або заміни. Фрези цього виду виготовляються діаметром 80...200 мм та оснащуються композитом.

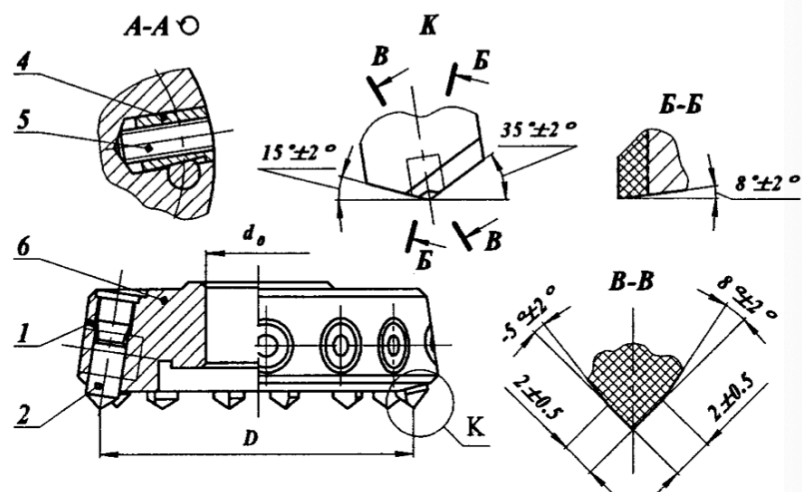


Рис. 5.14. Багато зуба торцева фреза з ножами з композиту

Розроблені та серійно випускаються торцеві одно- та двоступінчасті фрези з механічним кріпленням круглих, квадратних та ромбічних пластин з композиту. Конструкція хвостової торцевої фрези діаметром 20...63 мм з механічним кріпленням круглих або ромбічних пластин із НТМ представлена на рис. 5.15. Інструмент складається з корпусу 1 і ріжучих пластин 2, що закріплюються в корпусі притиском 3 та гвинтом 4.

У двоступінчастих фрезах (рис.5.15) пластини розташовані у два ряди, а упорні поверхні гнізд зміщені на 1,5 мм. Закріплення пластин обох рядів здійснюється одним притиском. Пластини зовнішнього ряду виконують чорнову обробку, а пластини внутрішнього ряду – напівчистову обробку. Такі фрези виготовляються зі змінними пластинами композиту в діапазоні діаметрів 100...400 мм.

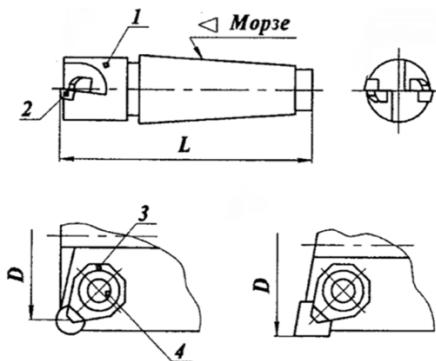


Рис. 5.15. Хвостова торцева фреза

Головним напрямом розвитку конструкцій торцевих фрез із пластинами із НТМ та кераміки є використання касетного принципу (рис. 5.16). Наприклад, показаний на рис. 5.16 варіант використання фрези діаметром 125...250 мм, призначений для роботи на верстатах з ЧПУ, а діаметром 315...800 мм на спеціальних важких верстатах та верстатах, що вбудовуються в автоматичні лінії. Фреза складається з корпусу 1 і касет з ріжучими пластинами 8. Касети складаються з державки 6, притиска 9, гвинта кріплення 7, сухаря 4 і регулювального гвинта 3 з обмежувальною шайбою 5 і кріпляться в пазах корпусу гвинтами 2.

Фрези, оснащені НТМ та керамікою, слід експлуатувати на металорізальних верстатах підвищеної, високої та особливо високої точності і мають високу верхню межу частоти обертання шпинделя 3000 об/хв і більше.

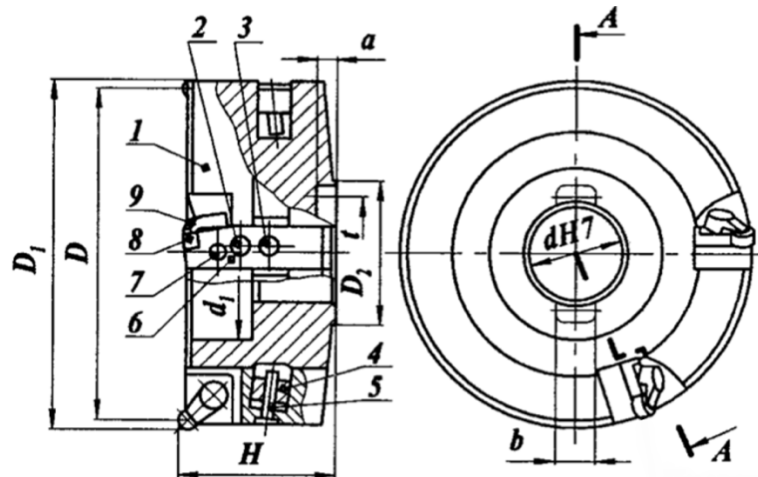


Рис. 5.16. Насадні збірні торцеві фрези з осьовим регулюванням пластин з НТМ та кераміки

5.2. Фрези із затилованими зубами

5.2.1. Конструктивні особливості затилованих фрез

Фрези із затилованими зубами застосовуються в основному для фасонної обробки. Особливістю їх зубів є те, що при заточенні передньої поверхні, що лежить в осьовій площині фрези, зберігається профіль виробу до повного зносу фрези. Для цього зуб фрези по задній поверхні формується (затилюється) деякою кривою (рис. 5.17).

Переваги та недоліки фрез з гострими (заточуваними по задній поверхні) та затилованими зубами (заточуваними по передній поверхні):

1. При переточуваннях у гострозаточених фрез простір для розміщення стружки різко зменшується, а у затилованих, навпаки, збільшується.
2. Затиловані фрези допускають більше переточок, ніж фрези з гострозаточеними зубами.

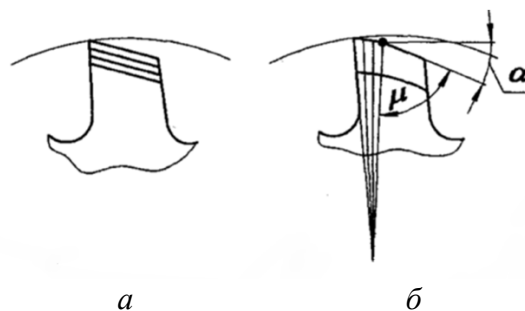


Рис. 5.17. Профіль зубів: а - загостреної; б - затилової фрези

3. Затиловані фрези дають гіршу чистоту і більшу шорсткість обробленої поверхні, ніж фрези гострозаточені, тому що вони не піддаються круглому шліфуванню (зуб'я розташовані на різній відстані від осі фрези і мають менше зубів, в результаті працюють неспокійно).

4. Профіль затилової фрези, як правило, не шліфується, не видаляється обезвуглецевий шар при термообробці, тому стійкість затилованих фрез нижче.

Незважаючи на низку великих недоліків, фрези з затилованими зубами набули широкого поширення в інструментальному виробництві при фрезеруванні канавок свердел, мітчиків, розверток та інших фасонних поверхонь як такі, що забезпечують сталість профілю виробу.

Постійність профілю виробу зуб затилової фрези забезпечує в тому випадку, якщо він затилований по кривій, у якій кут між дотичною і радіусом-вектором має постійну величину або змінюється в незначних межах, тобто. зберігається постійний задній кут.

Розглянемо найпростіший випадок оформлення головної задньої поверхні зуба фасонної фрези – по прямій лінії (ab), нахилений під деяким кутом α до дотичної до кола (рис. 5.18).

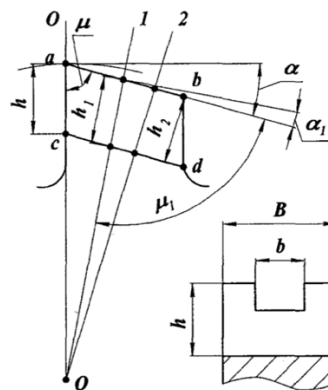


Рис. 5.18. Профіль зуба фасонної фрези

Профіль зуба буде окреслений прямими cd паралельними заданій прямій. По мірі переточувань фрези по діаметральним площинам 00 , 01 , 02 (для забезпечення $\gamma = 0$) початкова висота зуба $h = ac$ не залишається постійною ($h_1 < h$), так як непаралельні відрізки, розташовані між паралельними прямими ab і cd не рівні між собою. У той самий час розміри, що паралельні осі фрези (B , b - фрагмент), при переточках не змінюються. Внаслідок того, що $h > h_1 > h_2$ зміниться глибина профілю на оброблюваній деталі. Під яким би кутом α ми не нахилили пряму ab , сталість висоти профілю зуба h при переточках забезпечено не буде; одночасно зі зменшенням h при переточуванні фрези змінюються кути α і додаткові до них кути μ . Таким чином, для забезпечення сталості висоти зуба затилової фасонної фрези при переточуваннях необхідно задню поверхню зуба зробити за такою кривою, у якій кут α (задній кут) був би постійним або змінювався в незначних межах.

З таких кривих заслуговують на увагу логарифмічна спіраль і спіраль Архімеда.

5.2.2. Затилювання по логарифмічній спіралі

Рівняння логарифмічної спіралі в полярних координатах має такий вигляд: $\rho = ae^{m\theta}$,

де ρ - радіус-вектор, проведений з початку координат у точку на кривій;
 a, m - постійні коефіцієнти;
 e - основа натуральних логарифмів;
 θ - поточний полярний кут цієї точки кривої, в радіанах.

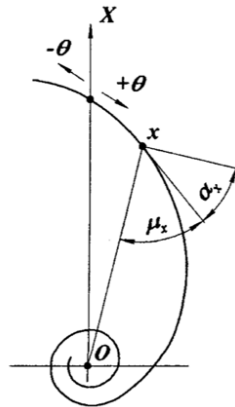


Рис. 5.19. Логарифмічна спіраль

На практиці при затилюванні висота профілю зуба h залишається постійною, що досягається сталістю форми затиловочного різця. Тому реально виходить, що точна логарифмічна спіраль проходить через одну або кілька точок профілю, а через інші точки профілю, що лежать нижче або вище за розрахункову, проходять інші криві, які називаються конхоїдами (рис. 5.20).

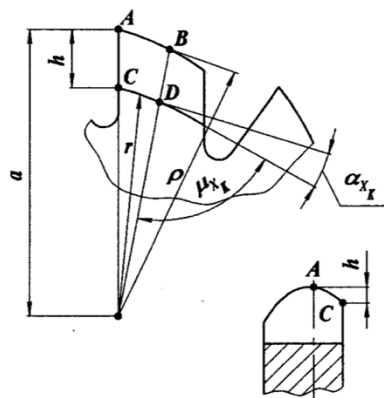


Рис. 5.20. Задній кут на конхоїді логарифмічної спіралі

Задні кути для точок конхоїди не є постійними величинами: чим ближче точка конхоїди лежить до центру фрези (різниця $\rho-h$ менше), тим задній кут більше.

При конструюванні фрези необхідно знати величину затилювання K , віднесену до початку наступного зуба (рис. 5.21).

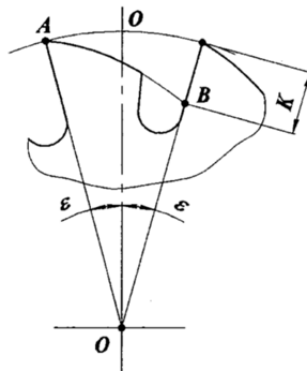


Рис. 5.21. Величина затилювання

Величина затилювання:

$$K = \frac{\pi D}{z} \frac{1}{e^{m\theta}} \operatorname{tg} \alpha$$

де z - число зубів;

D - діаметр фрези.

Наближена формула:

$$K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha$$

Для кутів, що застосовуються на практиці, різниця між величиною K , обчисленою за точною та наближеною формулами, не перевищує 8-10%.

5.2.3. Затилювання по спіралі Архімеда

Рівняння спіралі Архімеда в полярних координатах (рис.5.22) має вигляд:

$$\rho = b\theta,$$

де ρ - радіус-вектор точки на кривій;

θ - поточний полярний кут у радіанах для точки на кривій;

b - постійний коефіцієнт.

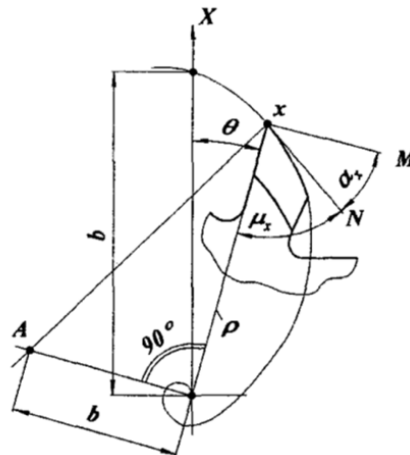


Рис. 5.22. Спіраль Архімеда

Оскільки $b = \text{const}$, а радіус-вектор є змінною величиною, то задній кут при переточках фрези не є постійним, а змінюється пропорційно до полярного кута θ .

Розглянемо зміну заднього кута у будь-якій точці профілю (рис. 5.22). З рівняння спіралі Архімеда видно, що збільшення радіуса-вектора пропорційне приросту полярного кута. Тому вся поверхня зуба фрези складається з відрізків однієї і тієї ж спіралі Архімеда.

$$\operatorname{tg} \alpha_x = \frac{R}{R - h} \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{Величина затилування: } K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha$$

5.2.4. Порівняння кривих затилування

Аналіз розглянутих вище кривих затилування показує, що задні кути не залишаються постійними для всіх точок профілю, а змінюються залежно від віддаленості від центру фрези; крім цього, ці кути змінюються і при переточках фрези.

При виборі кривої затилування вирішальну роль відіграють технологічні фактори. В даний час у практиці застосовується для затилування спіраль Архімеда з наступних причин:

1. Дуже просто виготовити кулачок для затилування (Рис. 5.23.), так як у спіралі Архімеда збільшення радіуса-вектора пропорційно збільшенню полярного кута; кулачок легко виготовити на верстаті, у якого існує узгодження між обертальним та поступальним рухом.

Кулачок з логарифмічною спіраллю виготовляється за розміткою і подальшою обробкою кривою по точках.

2. Кулачок є універсальним, тому що його можна використовувати для фрез різних діаметрів. Для логарифмічної спіралі та прямої лінії для кожного діаметра фрези потрібен свій кулачок. Кулачки характеризуються величиною затилування « K », яка практично вибирається в межах $K=0,5 \dots 12$ мм залежності від умов різання встановлюється значення заднього кута α , потім за формулою $K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha$ визначається величина затилування, і для неї підбирається кулачок. Фреза насаджується на оправку, що обертається у центрах. Затилувальний різець відповідної форми та геометрії переміщається під дією кулачка, розташованого в супорті затилувального верстата, перпендикулярно осі фрези.

При повороті фрези на 1 кутовий крок $\theta = \frac{2\pi}{z}$ кулачок робить повний оберт: $\theta = 2\pi$.

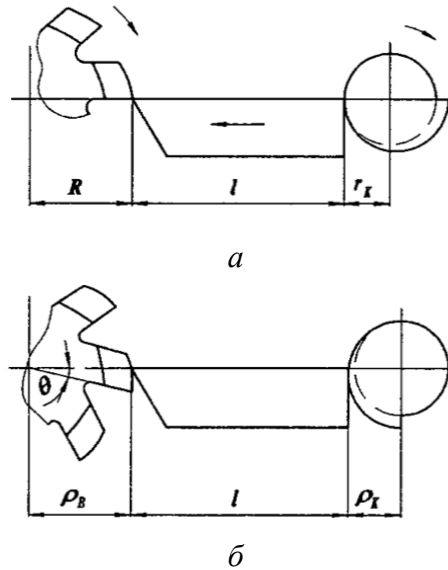


Рис. 5.23. Схема затилювання

5.2.5. Задній кут для будь-якої точки профілю зуба затилової фрези

Ми досі розглядали задні кути фасонної фрези в площині, перпендикулярній осі фрези. Однак при її проектуванні необхідно мати формули для розрахунку задніх кутів в інших перерізах, наприклад, у нормальному. Отримаємо зв'язок між кутами в нормальному та поздовжньому перерізах.

Із трикутників (рис. 5.24) $A_1B_1C_1$ і $A_2B_2C_2$:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{A_1B_1}{A_1C_1}, \operatorname{tg} \alpha_N = \frac{A_2B_2}{A_2C_2}.$$

Оскільки $A_1C_1 = A_2C_2$, то

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{A_2B_2}{A_1C_1}.$$

Але з побудови $A_1B_1 = AB$; $A_2B_2 = DC$, а

$$DC = BC \sin \varphi (\triangle BCD).$$

Тоді

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\operatorname{tg} \alpha_0} = \frac{A_2B_2}{A_1C_1} \frac{A_1C_1}{A_1B_1} = \frac{BC \sin \varphi}{BC} = \sin \varphi$$

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_0 \sin \varphi$$

З формули видно, що α_N зі зменшенням кута φ зменшується і при $\varphi = 0$ кут $\alpha_N = 0$. Для нормальної роботи фрези необхідно прийняти $\alpha_N = 2...3^\circ$, а потім аналітично або графічно визначити кут φ для несприятливої точки бічної кромки.

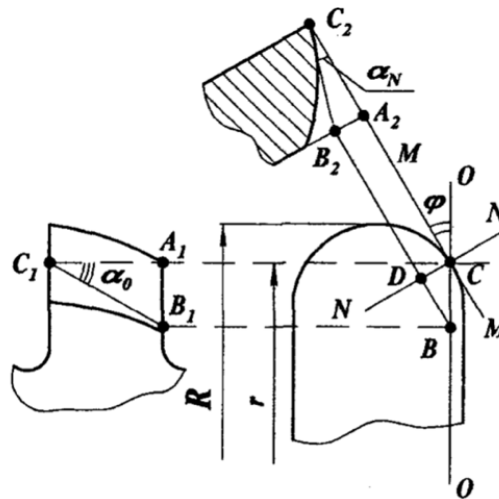


Рис. 5.24. Задній кут у нормальному перерізі затилової фрези: 00 – перетин, перпендикулярний до осі фрези; MM – дотична площина у точці C ; NN – нормальний переріз; α_0 – кут у площині 00 , α_N – задній кут у площині NN ; φ – кут між дотичною до профілю фрези та лінією (площиною), перпендикулярною до осі фрези

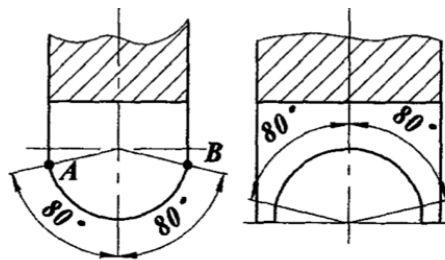


Рис. 5.25. Форми зубів напівкруглих фрез

Якщо φ виявляється меншим 5° , його необхідно збільшити штучним шляхом, наприклад, виконати скоси під кутом 10° (рис.5.25).

5.3. Плунжерне фрезерування

На даний час все більшого розповсюдження набуває метод плунжерного фрезерування. Взагалі, слово „плунжерне” походить від англійського слова „plunge”, яке у перекладі означає „занурюватися” (рис. 5.26). Операції плунжерного фрезерування істотно відрізняються від традиційного фрезерування. При плунжерному фрезеруванні оброблення здійснюється не периферійною, а торцевою частиною різального інструменту, що кардинально перерозподіляє напрямки сил різання: з радіальних на осьові, тим самим, зменшуючи ризик виникнення вібрацій та віджимання інструменту.

Плунжерне фрезерування використовується у тому випадку, коли застосування традиційних методів неможливо застосовувати через надмірні вібрації. Перевагами плунжерного фрезерування є його використання за наступних умов :

- 1) при вильоті різального інструменту більше, ніж 4 діаметра фрези;
- 2) при недостатньо жорсткій системі металорізального верстата;

- 3) при обмеженому крутному моменті металорізального верстата;
- 4) при обмеженій потужності металорізального верстата;
- 5) при напівчистовому обробленні кутів, глибоких закритих пазів, карманів, виборок;
- 6) при обробленні важкооброблюваних матеріалів, таких, як титан.

До недоліків плунжерного фрезерування, перш за все, слід навести наступні:

- 1) невисока продуктивність;
- 2) необхідність періодичного виведення фрези в процесі різання і залишає необхідність в подальшому чистовому обробленні;
- 3) труднощі при видаленні стружки;
- 4) досить обмежений вибір різального інструменту;
- 5) виникнення хвилястих кромek, які можуть вимагати значних зусиль по зачистці при напівчистовому проході перед чистовим обробленням.

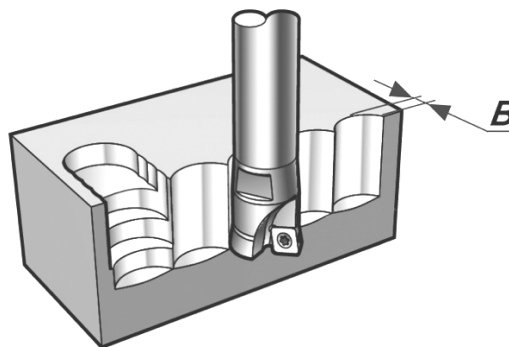


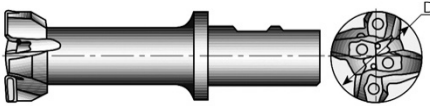
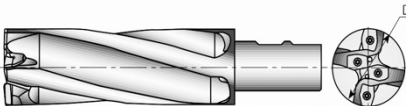
Рис. 5.26. Плунжерне фрезерування

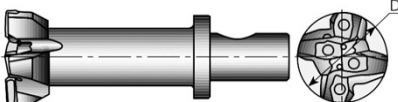
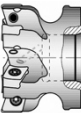
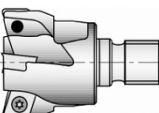
Хоча до недоліків плунжерного фрезерування належить досить обмежена кількість різального інструменту для забезпечення виконання операцій даного виду оброблення, деякі фірми-виробники представляють на ринку плунжерні фрези. Це, по-перше, стосується таких всесвітньовідомих виробників різального інструменту, як ISCAR Ltd. (Ізраїль) та Sandvik Coromant (Швеція)

У табл. 5.2. наведено перелік фрез виробництва компанії ISCAR Ltd., призначених для виконання операцій плунжерного фрезерування.

Таблиця 5.2.

Плунжерні фрези виробництва компанії ISCAR Ltd.

Тип	Вигляд	Діаметр, мм	Використання
PH		40 50	оброблення пазів оброблення карманів
PH-A		50 63	оброблення пазів оброблення карманів

Тип	Вигляд	Діаметр, мм	Використання
PH-CF4		40 50	оброблення пазів оброблення карманів
PLX		52 66 80	оброблення пазів оброблення карманів оброблення уступів
PLX-M		32 40	оброблення пазів оброблення карманів оброблення уступів

5.4. Лабораторна робота №7

Заточування циліндричних фрез

Ціль роботи

- Вивчення геометричних параметрів циліндричних фрез.
- Формоутворення задніх і передніх площин циліндричних фрез.
- Ознайомлення з обладнанням для заточування фрез і придбання навичок в настроюванні універсально-заточувальної головки на універсально заточувальному верстаті.

Порядок виконання роботи

- Вивчити самостійно класифікацію, конструктивні елементи і геометричні параметри фрез.
- Навести ескіз циліндричної фрези з позначенням на ньому геометричних параметрів і конструктивних елементів у статичній системі координат.
- В залежності від варіанту завдання обрати шліфувальний круг для заточування фрези.
- Аналітично визначити настроювальні розміри при заточуванні фрези по передній та задній площинах.
- Заточити передню та задню площини.
- Виміряти геометричні параметри фрези та порівняти їх із заданими.
- Зробити висновок по роботі.

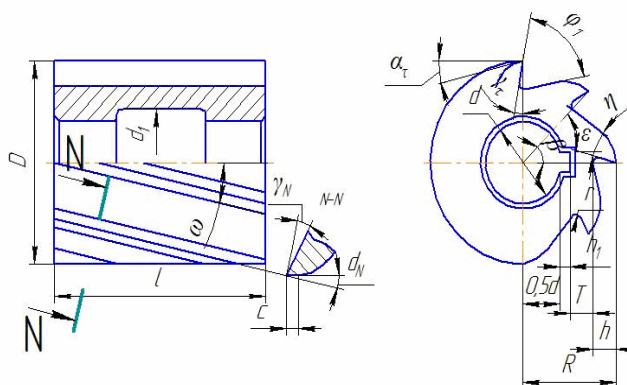


Рис. 5.27. Геометричні параметри різальної частини циліндричної фрези

Заточування і доведення фрез робиться: на універсально-заточувальних верстатах з ручним управлінням моделей ЗА64М, ЗА64Д и ЗВ642 або на заточувальних напівавтоматах для циліндричних і торцевих фрез моделей ЗЕ667, ЗЕ667ДО.

Загальний вид універсально-заточувального верстата ЗА64М показаний на рис.2.

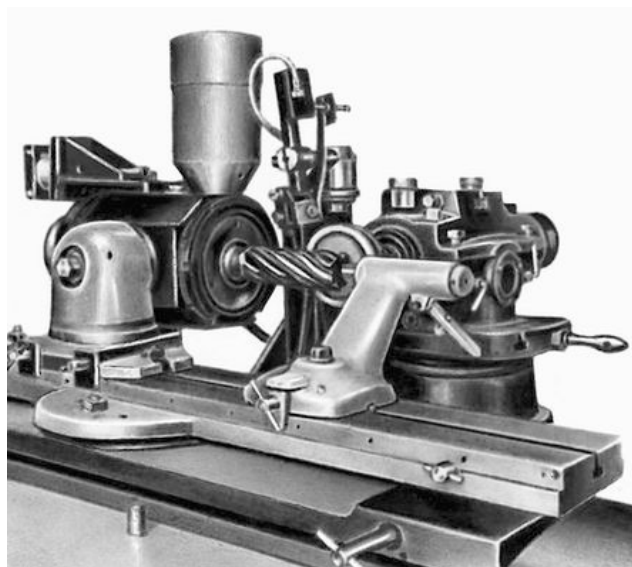


Рис. 5.28. Загальний вид універсально-заточувального верстата мод. ЗА64

Фрези зі значною величиною зносу попередньо шліфують по циліндричній поверхні на круглошліфувальному верстаті для видалення слідів зношування, а потім заточують по передній і задній поверхнях зубів.

Заточування збірних фрез відбувається в два етапи: попередньо заточують вставні ножі (різці) поза корпусом і остаточно заточують фрези після складання. Переточування фрез здійснюється у зібраному виді.

Циліндричні фрези із гвинтовими зубами заточуються по задній поверхні. Передній поверхні заточується тільки при наявності на ній сильно виражених слідів зношування. Однак при заточуванні фрез для точного оброблення, коли навіть один зуб має потребу в заточуванні передньої поверхні, рекомендується здійснювати рівномірне сточування передніх поверхонь всіх зубів, щоб не порушувати рівномірність участі кожного зуба в різанні.

Заточування і доведення передніх і задніх поверхонь зубців проводять при установці фрези в центрах, насадний інструмент попередньо закріплюється на оправці. Кутове положення фрези забезпечується за допомогою упорки. При заточуванні гвинтових зубів упорку закріплюють на корпусі шліфувальної головки нерухомо відносно шліфувального круга. При поздовжньому русі стола верстата із закріпленою на ньому фрезою нерухома упорка змушує фрезу робити оберт на кут, який відповідає частини кроку гвинтових канавок фрези.

При обробці прямих зубів упорку встановлюють на столі верстата, і вона переміщається разом із заточуваним інструментом.

Упорка повинна бути встановлена можливо ближче до вершини зуба, що заточується. Цим забезпечується одержання найменшої похибки значення кута, а також полегшення відсунення упорки при переході на заточування наступного зуба.

Заточування здійснюється при поздовжньому переміщенні стола верстата. Після кожних 2-3 проходів здійснюється обертання фрези на один кутовий крок, завдяки чому в контакт зі шліфувальним кругом вступає новий зуб.

Заточування по передній поверхні

Передня поверхня гвинтового зуба фрези заточується конічною частиною тарілкового круга (рис. 5.29). Якщо заточування робиться плоскою торцевою поверхнею круга, то виникає небезпека зрізання частини різальної кромки зуба. Передня поверхня прямих зубів заточується торцем круга тарілкової або чашкової форми. При заточуванні фрез із гвинтовими зубами шліфувальну бабку розвертають у вертикальній площині на кут нахилу стружкових канавок ω . Вершину зуба, що заточується, необхідно змістити щодо вертикальної осі фрези на величину B (рис.5.29) для отримання заданого переднього кута.

При заточуванні торцем круга:

$$B = 0.5D \sin \gamma, \text{ мм.}$$

де D — зовнішній діаметр фрези, мм;
 γ — передній кут, град.

При заточуванні конічною частиною тарілкового круга:

$$B = 0.5D \sin (\gamma + \beta),$$

де β - кут профілю шліфувального круга, град.

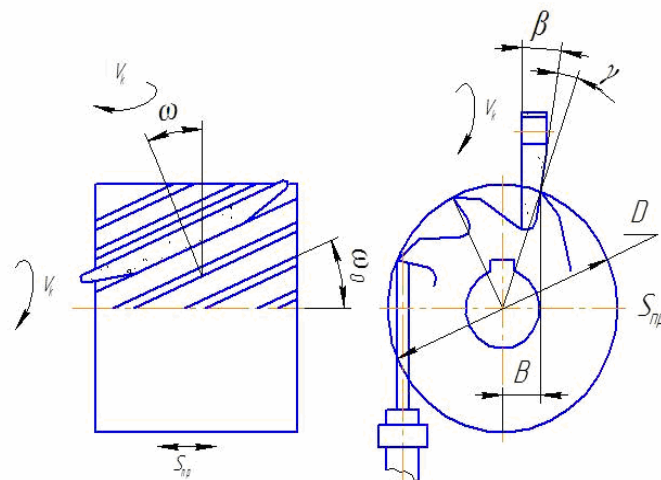


Рис. 5.29. Схема заточування циліндричної фрези по передній поверхні

Заточування по головній задній поверхні

Фрезу встановлюють і закріплюють у центрах на столі верстата (рис.5.30).

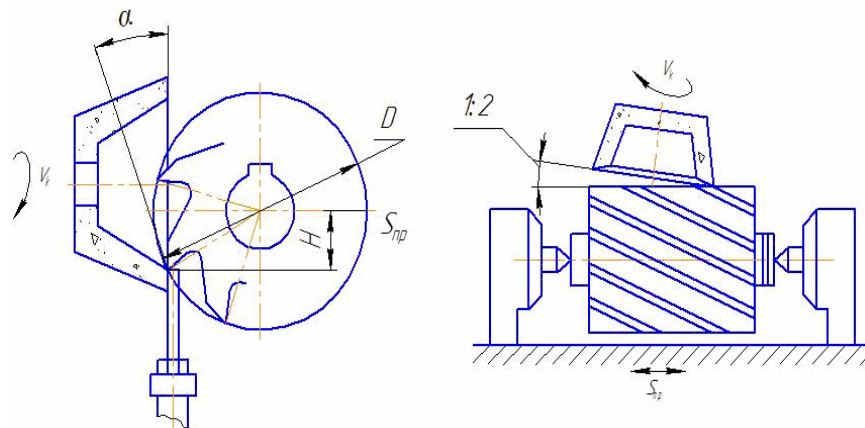


Рис. 5.30. Схема заточування циліндричної фрези по задній поверхні

Для утворення позитивного заднього кута α зуб фрези, що підлягає заточуванню, зміщують у вертикальній площині щодо осі обертання фрези на величину:

$$H = D \sin \alpha / 2, \text{ мм}$$

де D – діаметр фрези, мм;

α - задній кут, град.

Величина H досягається регулюванням упорки по висоті з точністю 0,01 мм.

Фрези з гострою формою зубів по задній поверхні заточують кругами чашкової (ЧЦ, ЧК) або тарілчастої (ІТ, 2Т, 3Т) форми. Вісь тарілчастого (або чашкового) круга при заточуванні встановлюють не перпендикулярно до осі фрези, а під кутом $(89—88)^\circ$, щоб забезпечити контакт круга із зубом фрези тільки на невеликій ділянці його робочої поверхні.

Звіт до лабораторної роботи №7.

1. Назва роботи, її мета, задачі.
2. Ескізи циліндричної і торцевої фрез, їх геометричні і конструктивні параметри.
3. Характер зношування фрези, розрахунок припустимої кількості переточувань.
4. Схеми і коротка характеристика різних способів заточування фрез.
5. Розрахунок настроювальних розмірів для забезпечення заданих кутів при заточуванні.

Варіант завдання

Універсально-заточувальний верстат моделі:

Матеріал різця:

Шліфувальний круг: $\beta =$

Заточити фрезу з такими геометричними параметрами:

$D, \text{мм}$	$\omega, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	$\alpha, ^\circ$

Висновок: (навести результати заточування, поміряти передній і задній кути та порівняти із заданими).

Контрольні питання

1. Які типи фрез ви знаєте? Яка область їхнього застосування?
2. Приведіть ескіз циліндричної фрези, укажіть її конструктивні параметри, поверхні і різальні кромки.
3. Приведіть ескіз торцевої фрези, укажіть її конструктивні параметри, поверхні різальні кромки.
4. Яку форму можуть мати зуби фрези? Залежно від чого вибирається форма і розміри зуба фрези?
5. На що впливають і залежно від чого вибираються значення кутів різальної частини фрези?
6. Зобразите характер зношування зуба фрези. По яких поверхнях і в якій послідовності заточують фрези?
7. Приведіть схеми заточування фрези по передній і задній поверхнях. Як розрахувати настроювальні розміри?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верстатний різальний інструмент [Текст] : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підгот. 6.050501 "Прикладна механіка", 6.050502 "Інженерна механіка", 6.050503 "Машинобудування", 6.010104 "Професійна освіта. Машинобудування" усіх форм навчання / [В. М. Гарнець та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - 2-ге вид., допр. і допов. - Київ : КНУБА, 2016. - 99 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 95. - 50 прим.
2. Гарнець В.М. Верстатний різальний інструмент [Текст] : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл., які навчаються за спец. "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання" / В. М. Гарнець [и др.] ; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. - К. : КНУБА, 2003. - 83 с.: рис., табл. - Бібліогр.: с. 79. - ISBN 966-627-090-0
3. Кукляк М.Л. Металорізальні інструменти : навч. посіб. / М.Л. Кукляк, І.С. Афтаназів, І.І. Юрчишин. – Львів : вид-во НУ «Львівська політехніка», 2003.– 556 с.
4. Металорізальні інструменти: підручник / Равська Н. С. - Житомир: ЖДТУ, 2016. – 612 с.
5. Металорізальні інструменти : навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
6. Скочко Є.В. Різальні інструменти. - Житомир, ЖІТІ, 2000. – 208 с.
7. Стискін Г.М. та ін. Інструменти для механічної обробки матеріалів. – Львів, 2000.– 497с.
8. Швець С.В. Металорізальні інструменти: Навчальний посібник. - Суми: Вид-во СумДУ, 2007. - 185 с.

Додаткова:

9. Короткі історичні відомості про розвиток верстатобудування та інструментального виробництва [Електронний ресурс] // кафедра машинобудування та прикладної механіки. – 2016. – Режим доступу до ресурсу:<http://mpm.snu.edu.ua/machine-tool-history-uk/>.
10. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Різання матеріалів - Різальний інструмент» для студентів спеціальності «Прикладна механіка» підготовки бакалаврів / Укл. Л.М. Данилова, – Київ: НТУУ«КПІ», 2017. – 47с.
11. Різальний інструмент. Методичні вказівки до виконання курсового проекту для студентів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка", спеціальностей 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування" / Укл.: О.В.Лисенко, В.М.Лисенко. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 96 с
12. Розвиток промисловості України у 50-х - 60-х роках ХХ ст. [Електронний ресурс] // ОСВІТА.UA. – 2009. – Режим доступу до ресурсу: <https://osvita.ua/vnz/reports/history/4013/>.
13. Теорія формоутворення поверхонь – 1. Засоби обробленням різанням [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна

- механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л.М. Данилова. – Електронні текстові данні (1 файл: 14,254 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133 с.
14. Фрезерування і фрезерна обробка металу: з ЧПУ і без, технологія і відео [Електронний ресурс] // PORADUM.COM - Поради на кожен день. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://poradum.com/remont/frezeruvannya-i-frezerna-obrobka-metalu-z-chpu-i-bez-tehnologiya-ivideo.html>.
15. Швець С.В. Ш 35 Основи формоутворення поверхонь різанням: навч. посіб. / С.В.Швець. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –127 с.
16. 3D фрезерування і верстат фрезерний з чпу [Електронний ресурс] // Брендингове агентство KOLORO. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://koloro.ua/ua/blog/3d-tehnologii/3d-frezerovanie-i-standart-frezernyj-s-chpu.html>.
16. Різальний інструмент: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, О.А. Плівак: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,83 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 278 с.