

УКРАЇНА

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**З НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ
НА КАФЕДРІ “ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА”
«ШЛІФУВАЛЬНІ ВЕРСТАТИ І АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ»**

КИЇВ 2020

Затверджено методичною комісією факультету конструювання та дизайну НУБіП України.

Укладачі: Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Семеновський О.Є., Похиленко Г. М.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ЖУРНАЛ З НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ НА КАФЕДРІ “ТЕХНОЛОГІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ І МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА” ШЛІФУВАЛЬНІ ВЕРСТАТИ І АБРАЗИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Журнал теоретичних і практичних робіт розділів дисциплін
«Матеріалознавство», «Технологія конструкційних матеріалів»,
«Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів»

для студентів спеціальностей факультетів конструювання та дизайну,
механіко-технологічного, харчових технологій та управління якістю
продукції АПК

Зав. видавничого центру НУБіП
Редактор

Підписано до друку _____ Формат 60/84 1/18
Ум. друк. арк. _____. Обл.-вид.арк. _____. Тираж _____

Вступ

Методичний посібник складений відповідно до робочої програми навчальної практики з дисципліни "Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство", діючих держстандартів та існуючих методик проведення практичних занять з розділу "Обробка шліфуванням". Технічні терміни та інформаційні матеріали з літературних джерел подані в перекладі українською мовою з відповідними посиланнями.

У посібнику наведені: суть і призначення процесу шліфування; класифікація шліфувальних верстатів та абразивних інструментів; характеристики абразивних матеріалів. Також до посібника входять вимоги техніки безпеки при виконанні шліфувальних робіт.

По завершенні практичних занять студент повинен:

- **знати** класифікацію, будову та налагодження шліфувальних верстатів; види шліфування та елементи режиму різання при шліфуванні; класифікацію та маркування абразивних інструментів; вимоги техніки безпеки при виконанні шліфувальних робіт.
- **уміти** вибирати режими обробки та налагоджувати шліфувальні верстати на вибрані режими; вибирати марки абразивних інструментів у відповідності з умовами виконуваної роботи; виконувати нескладні операції шліфування поверхонь та заточування інструменту.

Вимоги техніки безпеки при виконанні практичних занять

Робота з абразивними інструментами пов'язана з підвищеною небезпекою через високі швидкості різання, утворення абразивного пилу і дрібної металічної стружки, можливість розриву шліфувального круга, наявність аерозолів змащувально-охолоджуючих рідин (ЗОР).

Для запобігання розриву шліфувального круга необхідно дотримуватись правил його транспортування, зберігання і підготовки до роботи. Шліфувальні круги з пошкодженнями, тріщинами або відшаруванням на верстат не встановлюють.

Перед початком роботи необхідно:

- виконати всі вимоги, що пов'язані з підготовкою та установленням шліфувальних кругів;
- оглянути робоче місце, прибрати з верстата і підлоги все зайве, що заважає роботі;
- привести в порядок робочий одяг;
- перевірити наявність і справність запобіжних і захисних пристроїв.

Категорично забороняється працювати на верстаті зі знятим кожухом шліфувального круга;

- перевірити і забезпечити змащення верстата, подачу ЗОР, встановити запобіжний прозорий екран або надіти окуляри;
- впевнитись у справності пускового і зупиняючого пристроїв.

Під час роботи необхідно:

- шліфування або заточування проводити за режимами, що вказані в операційній карті;
- новий шліфувальний круг прокрутити на робочій швидкості не менше 5 хвилин;
- забороняється стояти в площині обертання круга, спочатку вмикати обертання круга, а потім механізм подачі;
- перевірити надійність кріплення пристрою на верстаті і деталі в пристрої;
- виконувати спеціальні вимоги, виклені в інструкції з безпеки праці.

1. Абразивні інструменти

1.1 Суть і призначення процесу шліфування

Шліфуванням називається процес обробки матеріалів різанням за допомогою абразивних інструментів, в яких роль ріжучих елементів виконують тверді зерна абразивних матеріалів. Слово "абразивний" походить від фр. і лат. *abrasio*, що в перекладі означає "зіскрібання".

Абразивні інструменти (рис.1) являють собою моноліти, до складу яких входять абразивні зерна, скріплені зв'язуючою речовиною (зв'язкою). Між зернами і зв'язкою знаходяться пори (пустоти), необхідні для виходу стружки. Так, наприклад, шліфувальний круг середнього діаметру зернистістю №25 містить до 180 млн. зерен, а на його ріжучій поверхні нараховується близько 400 тис. зерен.

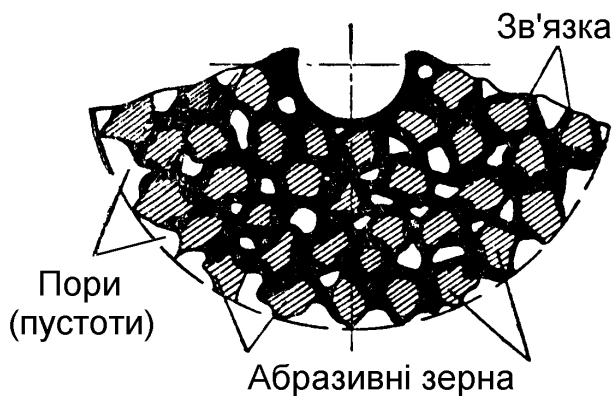


Рис. 1. Будова шліфувального круга

В процесі роботи абразивні зерна, що виступають зі зв'язки, зрізають шар матеріалу з оброблюваної поверхні, утворюючи велику кількість стружок товщиною в кілька мікрометрів. В процесі шліфування мають місце явища притаманні процесу стружкоутворення при обробці

різнанням багатолезовим інструментом, наприклад при фрезеруванні: переривчаста стружка, пружні та пластичні деформації, зміцнення поверхневого шару оброблюваного матеріалу, спрацювання інструменту, теплові явища в зоні різання.

Процес шліфування відрізняється від інших процесів обробки різанням своїми деякими особливостями: невизначеністю геометричної форми зерен та їх положення відносно оброблюваної поверхні, в більшості випадків наявності від'ємного переднього кута зерна-різця, що призводить до інтенсивного тертя в парі зерно-оброблюваний матеріал. В процесі обробки при затупленні різальної кромки зростає сила різання, в результаті чого затуплені зерна вириваються зі зв'язки і на їх місці з'являються нові зерна з гострими кромками. Цей процес називається *самозаточуванням* шліфувального інструменту.

Висока температура (до 1000–1500°C), що виникає в зоні різання, може призвести до структурних змін в оброблювальному матеріалі. Застосування змащувально-охолоджуючих рідин підвищує стійкість інструменту, зменшує шорсткість обробленої поверхні, сприяє видаленню із зони різання стружки та абразивного пилю.

Широкого застосування при шліфуванні заготовок із сталі набули змащувально-охолоджувальні водяні розчини таких речовин:

- а) 2%-ний розчин мильного порошка,
- б) 5-7%-ний розчин емульсолу,
- в) 1%-ний розчин кальцинованої соди (Na_2CO_3) та 0,15%-ний розчин нітрату натрію (NaNO_3).

Гас застосовують при шліфуванні заготовок з чавуну і алюмінію. Часто при шліфуванні алюмінієвих заготовок використовують гас з добавкою масла.

Без охолодження можна шліфувати заготовки із чавуну та міді, але при умові забезпечення надійного пилевидалення.

Процес шліфування застосовується як кінцева (фінішна) операція (табл. 1) після токарної, фрезерної і інших операцій та після термообробки, але часто цей процес також використовують для зняття шару матеріалу глибиною до 6 мм (обдирні роботи).

1. Шорсткість поверхні та економічна точність при різних методах обробки шліфуванням

Метод обробки	Шорсткість поверхні	Квалітет
Шліфування кругле і плоске:		
обдирне	$R_z40...R_a2,5$	11
чистове	$R_a1,25...0,63$	9...10
тонке	$R_a0,32...0,16$	10...(5,6)
Притирання	$R_a1,25...0,01$	8...5
Хонінгування	$R_a0,32...0,02$	8...5
Суперфініш	$R_a0,32...0,01$	
Полірування	$R_a1,25...0,04$	

1.2. Абразивний інструмент, його характеристика

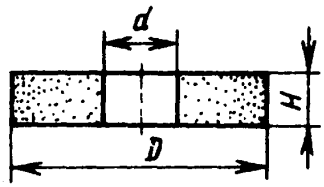
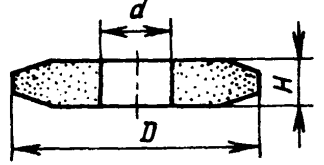
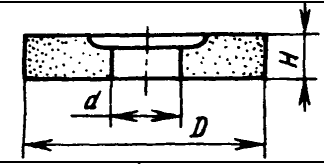
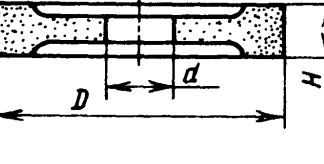
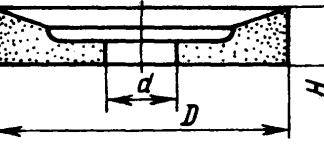
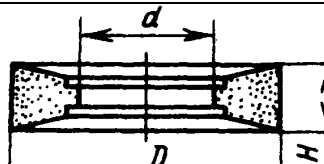
В залежності від призначення абразивний інструмент виготовляють у вигляді кругів, брусків, сегментів, шліфувальних головок, а також шліфувального паперу і шліфувальних стрічок. Цей інструмент характеризується формою, розмірами, матеріалом абразивних зерен, зернистістю, зв'язуючою речовиною, твердістю, структурою, точністю виготовлення.

За формою абразивні інструменти поділяються на чотири групи: круги, бруски, сегменти та шліфувальні головки, які в залежності від типу верстата, виду операції, розмірів і конфігурації оброблюваної поверхні, способу закріплення інструменту мають свої особливості.

Промисловість випускає 52 різновиди абразивного інструменту за конфігурацією, більше 820 типорозмірів, більше 1100 різновидів інструменту з врахуванням виду зв'язки. Всього налічується близько 13000 видів абразивних інструментів, різних за формою, розмірами, матеріалом абразивних зерен та іншими характеристиками.

Основні форми абразивних інструментів, їх найменування та призначення приведені в таблиці 2.

2. Форми абразивних інструментів

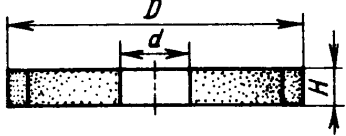
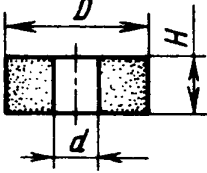
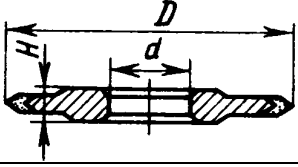

Тип	Форма	Призначення
Шліфувальні круги		
ПП – прямого профілю		кругле (зовнішнє і внутрішнє), плоске, безцентрове шліфування, шліфування різьби, заточування інструменту, ручне обдирне шліфування на переносних верстатах
2П – з двостороннім конічним профілем		шліфування контактної поверхні зубів коліс, одностороннє шліфування різьби
ПВ – плоский з виточкою		внутрішнє кругле шліфування, шліфування торцьової поверхні, плоске шліфування
ПВД – плоский з виточкою двосторонньою		заточування різців, плоске, кругле зовнішнє, безцентрове шліфування
ПВК – плоский з конічною виточкою		кругле зовнішнє шліфування в центрах з обробкою деталі по зовнішньому діаметру і виступу
ПВДК – плоский з двосторонньою конічною виточкою		кругле зовнішнє шліфування з підрізанням торця

1К – Кільце		плоске шліфування, заточування і доведення інструменту
ЧЦ – циліндрична чашка		заточування і доведення ріжучого інструменту, внутрішнє та плоске шліфування
ЧК – чашка конічна		заточування і доведення інструментів, плоске шліфування у випадку, коли виникає утруднення при оброблені кругами інших форм
1Т – тарілка		заточування і доведення багатолезового ріжучого інструменту, зубошліфування
ПР – спеціальні		обдирне плоске шліфування, чистове шліфування на спеціальних верстатах

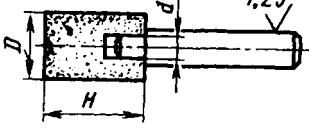
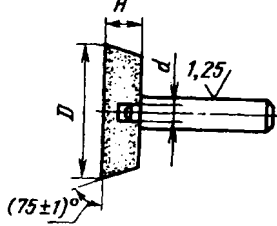
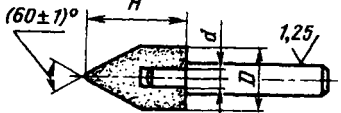
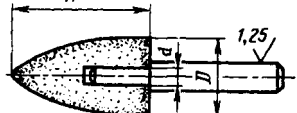
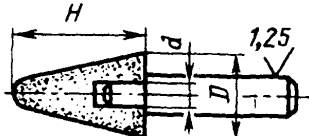
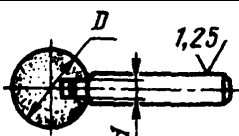
Алмазні шліфувальні круги

12A2		шліфування торців, заточування та доведення деревообробного та багатолезового ріжучого інструменту з твердих сплавів та швидкоріжучих сталей (мітчики, розвертки, фрези), обробка неметалічних матеріалів
14U1		шліфування виробів з твердих сплавів, твердих неметалічних матеріалів, обробка скла, напівдорогоцінного та дорогоцінного каміння
11V9		шліфування торців, заточування та доведення ріжучого інструменту з твердих сплавів, шліфування плоских поверхонь з природного та синтетичного каменю

Ельборові шліфувальні круги

1A1-1 - плоский прямо- го профілю		на керамічній зв'язці: для шліфування сталі
A8 - плоскі прямого профілю без корпуса		
14EE1X - плоский з двостороннім профілем		на органічних зв'язках: для заточування інструменту
12R4 - тарілковий		

Шліфувальні головки

AW - циліндрична		шліфування різних за конфігурацією поверхонь, коли їх розміри не дозволяють застосувати шліфувальні круги
DW - кутова		шліфування канавок відповідної конфігурації, пазів, виточок
EW - конічна з кутом 60°		зачищення центрових і конічних поверхонь
F-1W - схияста		шліфування криволінійних поверхонь великого радіуса
KW - конічна з закругленою вершиною		зачищення конічних поверхонь
F-2W - кульова		обробка поверхонь малого радіуса

FW - кульова з циліндричною боковою поверхнею		оброблення комбінованих поверхонь
---	--	-----------------------------------

Шліфувальні бруски

БКв - квадратні		для ручних робіт, суперфінішу
БП - плоскі		для ручних робіт
БТ - тригранні		для ручних робіт
БКр - круглі		для ручних робіт
БПкр - напівкруглі		для ручних робіт
Бх - плоскі для хонінгування		обробка хонінгуванням, суперфінішем

Шліфувальні сегменти

СП - плоскі		комплектування набірних шліфувальних кругів
1С - випукло-ввігнуті		кругле і плоске шліфування, заточування різних виробів
2С - ввігнуто-вигнуті		для набірних кругів в залежності від типу верстата і конструкції сегментної головки або оправки
3С - випукло-плоскі		
4С - плоско-випуклі		
5С - трапеціє-подібні		

Алмазні круги, на відміну від електрокорундових та інших, у яких ріжуча та несуча частини виготовлені з одного і того ж абразивного матеріалу, мають наступні складові: корпус зі сталі, алюмінію або пластмаси і алмазоносний шар, що містить зерна алмазу (натурального або синтетичного), наповнювачі (карбід бору позначається Б1, залізний порошок – Б2, електрокорунд білий – Б3, карбід кремнію зелений – Б4). Зв'язка для алмазоносного шару може бути металічною (наприклад, М1 – на бронзовій основі), органічною або керамічною. Для кругів алмазоносний шар виготовляють у вигляді кілець шириною 2...20 мм, товщиною 1,5...5 мм. Алмазоносний шар кріпиться до корпусу одним з трьох способів: 1) склеюванням; 2) одночасним пресуванням корпусу і алмазоносного шару; 3) напресуванням корпусу з пластмаси на алмазоносний шар. Важливою характеристикою алмазоносного шару є концентрація алмазних зерен. За 100 % концентрацію прийнято вміст 4,39 карата алмазів в 1см^3 алмазоносного шару, що займає близько 25 % його об'єму. Інструмент випускають з концентрацією 25...200 % з інтервалом 25 % [3].

Шліфувальний папір (шліфпапір або шліфувальна шкірка) – це абразивний інструмент на гнучкій основі, на яку нанесені абразивні зерна, скріплені зв'язкою. Промисловістю виготовляється шліфувальний папір у вигляді листів, кілець, дисків, стрічок, рулонів, трубок. Гнучка основа абразивного інструменту поділяється на паперову, фіброву, тканинну, комбіновану. За властивостями основи і зв'язуючої речовини шліфпапір поділяється на водостійкий, термостійкий, неводостійкий.

За кількістю шарів абразиву, нанесених на одній із сторін листа, шліфпапір поділяється на одношаровий та двохшаровий. В залежності від нанесення абразивних зерен з одного або двох боків гнучкої основи шліфпапір називається відповідно одно- або двостороннім.

Шліфувальні листи певної форми, скріплені з одного боку і радіально розміщені утворюють пелюстковий шліфувальний круг (тип КЛ, КЛО).

Марки абразивних інструментів на гнучкій основі: шліфувальні не склеєні стрічки (стрічки-бобіни) типів Б і БМ, шліфувальні диски типів Д і ДО, шліфпапір у формі пелюсткових кругів типів КЛ і КЛО, де О – оправка; шліфувальні конуси типів К і КУ, де У – зрізаний (рос. усеченый) конус.

Шліфувальні пасти складаються з абразивних порошоків (корунд, оксид хрому (Cr_2O_3), оксид заліза [10]) та хімічно активних речовин.

Наприклад, паста ГОИ (Государственный оптический институт) містить як абразив оксид хрому (76%), як зв'язку – парафін, поверхнево активні речовини олеїнову та стеаринову кислоти (22%) та 2% гасу. Паста пришвидшують процес притирання, оскільки хімічно активні речовини, які входять до їх складу, окислюють матеріал оброблюваної поверхні, і м'яка плівка, що утворюється, видаляється абразивними зернами.

В машинобудуванні паста із синтетичних алмазів в залежності від зернистості основної фракції мають умовне позначення груп: крупна (зернистість 100...40 мкм), середня (40...14 мкм), дрібна (14...5 мкм), тонка (5...1 і дрібніше). Алмазні паста використовуються для фінішних операцій при виготовленні особливо точних деталей, до яких висуваються високі вимоги щодо шорсткості поверхні. Алмазні паста використовуються для обробки надтвердих, твердих та відносно м'яких матеріалів.

1.3. Абразивні матеріали

Абразивний матеріал, який має твердість, що перевищує твердість оброблюваного матеріалу і, знаходячись в подрібненому стані, здатний виконувати обробку різанням, називається *шліфувальним матеріалом*. Такі матеріали повинні відповідати певним вимогам: за твердістю, зернистістю, теплостійкістю, міцністю, гостротою кромки, абразивною здатністю.

Абразивні матеріали поділяються на натуральні (природного походження) і синтетичні.

До *натуральних абразивних матеріалів* відносяться:

- ♦ *кварц* (SiO_2) - складається із зерен кварцу, скріплених вапняковими і глинистими речовинами;
- ♦ *кремій* як різновид кварцу – щільна гірська порода, що складається з кремнезему і мікроскопічних зерен кварцу (вміст SiO_2 не менше 97%). Застосовується для виготовлення шліфувального паперу, що використовується для обробки шкіри, ебоніту, дерева;
- ♦ *корунд* – складається в основному з кристалічного оксиду алюмінію ($80...95\% \text{Al}_2\text{O}_3$) з невеликими домішками кварцу та інших мінералів. З корунду виготовляють шліфпорошки для виробництва абразивного інструменту та мікропорошки для полірування скла та металів;
- ♦ *наждак* – тонкозерниста гірська порода, що складається з корунда (вміст Al_2O_3 від 20 до 60%), магнетиту з домішкою гематиту і кварцу та шпінелі. Використовується для шліфування вільним

зерном. Наждак використовувався людиною з прадавніх часів, зокрема, для млинових жорнів;

- ♦ *алмаз* – мінерал, що складається з кристалічного вуглецю з кубічною гранецентрованою граткою. Має найвищу твердість з усіх відомих матеріалів. Маса алмаза вимірюється в каратах (1 карат = 0,2 г). Природні алмази використовують для правлення шліфувальних кругів і виготовлення різців для тонкого точіння кольорових металів і сплавів.

Ці матеріали, крім алмазу, знаходять обмежене застосування в машинобудуванні у зв'язку з нестабільністю їх фізико-механічних властивостей, яка викликана наявністю домішок (глина, вапняк).

Штучні абразивні матеріали:

- ♦ *Електрокорунд нормальний* (92...95 % Al_2O_3) марок 12А, 13А, 14А, 15А, 16А одержують плавленням бокситів в електропечах (при температурі 2400°C). Застосовується для грубої обробки, де необхідно знімати значний шар металу (обдирні роботи – обробка сталевих поковок і виливків).
- ♦ *Електрокорунд білий* (99 % Al_2O_3) – марок 22А, 23А, 24А, 25А. У порівнянні з нормальним електрокорундом білий має більшу однорідність, його зерна мають більшу твердість, міцність і гостроту кромки, в зоні обробки виникає менше нагрівання. Застосовується при обробці пластичних матеріалів (сталь, ковкий чавун, м'які бронзи) та для точних робіт: шліфування різьби, калібрів.
- ♦ *Електрокорунд хромистий* (технічний рубін) одержують додаванням до електрокорунда білого 0,3% оксиду хрому Cr_2O_3 , марок 32А, 33А, 34А.
- ♦ *Електрокорунд титаністий* (технічний сапфір) марки 37А вміщує домішку оксиду титану, що підвищує ріжучу здатність зерен.
- ♦ *Електрокорунд цирконієвий* марка 38А – різновид електрокорунду з домішкою оксиду цирконію (від 10 до 45%), є найбільш ефективним матеріалом в обдирних операціях з високими навантаженнями і великим об'ємом металу, що знімається.
- ♦ *Монокорунд* (марки 43А, 44А, 45А), його зерна мають форму правильних неподрібнених кристалів, що забезпечує високу ріжучу здатність; в якості домішок містить сульфід заліза FeS (пірит). При шліфуванні зерна монокорунду поступово сколюються мікрочастинками, що забезпечує відновлення гостроти кромки і знижує силу різання. Монокорунд застосовують для всіх видів шліфування матеріалів і заточування різальних інструментів.

- ♦ *Карбід кремнію (SiC)* – карборунд – одержують сплавленням кварцевого піску з подрібненим коксом. Має більшу твердість, ніж електрокорунд, але й більшу крихкість. Виготовляється двох видів: карбід кремнію чорний (марок 52С, 53С, 54С, 55С) і карбід кремнію зелений (марок 62С, 63С, 64С). Карбід кремнію чорний застосовують при шліфуванні матеріалів з малим опором на розрив (сірий чавун, алюмінієві сплави, бронзи; неметалеві матеріали: дерево, шкіра, скло, пластмаси, мармур, порцеляна). Карбід кремнію зелений має вищу абразивну здатність у порівнянні з карборундом чорним і використовується при заточуванні твердосплавного інструменту.
- ♦ *Карбід бору (B₄C)* вміщує до 94 % кристалічного карбиду бору, використовують у вигляді порошків і паст для фінішних операцій (доводка твердосплавного інструменту, використання як заміника алмазних порошків при шліфуванні рубіну, кварцу).
- ♦ *Кубічний нітрид бору (ельбор)* марок ЛО, ЛП має твердість близьку до алмаза, але вищу теплостійкість (1500°С). Одержують з гексагонального нітриду бору при високих тисках і температурі. Використовується в промисловості досить широко, в основному як аналог алмазного інструменту, а також на різальні пластинки для різців, бурів, сверدل.
- ♦ *Технічне скло* (марка 71Г) використовують для виготовлення шліфувального паперу для обробки дерева.
- ♦ *Синтетичний алмаз* виготовляють з графіту при нагріванні до 2500°С і тиску 10000 МПа. Зерна синтетичних алмазів мають більшу шорсткість у порівнянні з природними, тому краще утримуються зв'язкою в абразивному інструменті.

Абразивна здатність визначається як відношення маси зішліфованого зі зразка матеріалу до маси витраченого абразивного порошку (абразивну здатність алмазу прийнято за 1).

3. Абразивна здатність шліфувальних матеріалів

Абразивний матеріал	Абразивна здатність
Алмаз	1,0
Карбід бору	0,56 – 0,64
Карбід кремнію	0,25 – 0,45
Монокорунд	0,15 – 0,25
Білий електрокорунд	0,153
Нормальний електрокорунд (93 % Al ₂ O ₃)	0,149
Природний корунд	0,145

1.4. Зернистість

Абразивні матеріали призначені для виготовлення абразивних інструментів і для обробки матеріалів вільним зерном, подрібнюються, збагачуються в результаті магнітної, хімічної і термічної обробки, розділяються на групи в залежності від розмірів зерна в мкм: шліфзерно, шліфпорошки, мікрошліфпорошки, тонкі мікрошліфпорошки.

Сукупність розмірів абразивних зерен в установленому інтервалі називають фракцією. Основною фракцією вважається фракція, яка переважає за об'ємом, масою або числом зерен.

Класифікація шліфзерна і шліфпорошків виконується за методом ситового аналізу. Зерна після подрібнення просіюють через набір контрольних сит з різними розмірами отворів. Залишки зерен на ситах зважують і визначають процент від загальної маси просіяного матеріалу. Сита установлюють в колонку в послідовності зменшення розмірів отворів. *Зернистість для шліфзерна і шліфпорошків визначається як 0,1 розміру сторони отвору сита в мкм (рис. 2).*

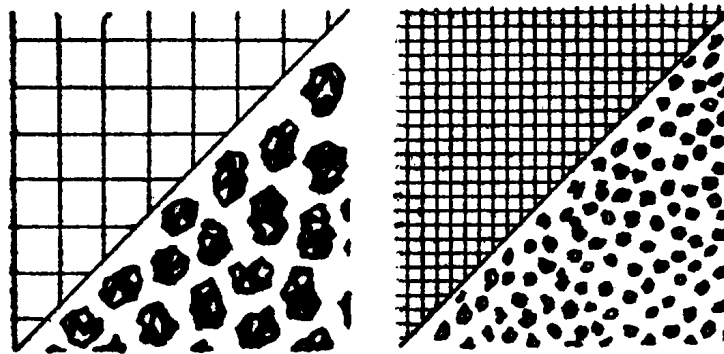


Рис. 2. Порівняння розмірів отворів сит і абразивних зерен

Зернистість мікрошліфпорошків визначають за допомогою мікроскопічного метода, тобто вимірювання максимальних лінійних розмірів зерен і визначенні зернового складу фракцій в процентах за масою.

Крім названих методів визначення зернистості використовують комбінований метод, який включає ситовий аналіз для зерен, крупніших 40 мкм, і мікроскопічний – для зерен, які пройшли через сито з розмірами отворів 40 мкм (ГОСТ 3647-80 с.21).

До зернового складу абразивних матеріалів входять фракції: гранична, крупна, або гранична плюс крупна, основна, комплексна і дрібна. Для шліфзерна і шліфпорошків комплексна фракція складається з трьох фракцій : крупної, основної і суміжної.

Номери зернистості для шліфзерна і шліфпорошків (розмір сторони отвору сита, на якому затримується зерно основної фракції в

сотих долях міліметра) і для мікрошліфпорошків і тонких мікрошліфпорошків (максимальний розмір зерна в мкм) наведені в табл. 4.

4.Класифікація шліфувальних матеріалів в залежності від розміру зерен

Група матеріалу	Номери зернистості
Шліфзерно	200...16
Шліфпорошки	12...4
Мікрошліфпорошки	M63...M14
Тонкі мікрошліфпорошки	M10...M5

1.4.1. Індекс зернистості

Номери зернистості в залежності від процентного вмісту основної фракції мають літерні індекси В, П, Н, Д (табл.5).

5. Позначення індекса зернистості

Індекс	Мінімальний процентний склад основної фракції для зернистості				
	200-8	6-4	M63-M28	M20-M14	M10-M5
В	-	-	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	40
Д	41	-	43	39	39

1.5. Алмазні порошки

За методом одержання і розмірами поділяються на: шліфпорошки (розміри зерен від 3000 до 40 мкм), мікропорошки (від 80 до 10 мкм), субмікропорошки (від 1,0 до 0,1 і дрібніші).

Зернистість алмазних шліфпорошків визначають за значенням номінальних розмірів в мікрометрах отворів двох сит, з яких через верхнє сито зерна повинні проходити, а на нижньому затримуватись. Позначення зернистості 400/250; 160/125.

Для алмазних мікропорошків і субмікропорошків зернистість теж позначається у вигляді дробу, де в чисельнику позначено найбільший, а в знаменнику найменший розмір зерен основної фракції (40/28; 28/20).

В залежності від виду сировини, з якої вони виготовлені, алмазні шліфпорошки позначаються індексами: А - з природних алмазів, АС - із синтетичних, АР - із синтетичних полікристалічних алмазів. Крім індексу АР додають індекс, що визначає тип полікристалічного алмазу: В - тип "баллас", К - тип "карбонадо", С - тип "спеки".

Додаткові індекси характеризують відмінності властивостей даної марки: Т - термостійка, Д - динамічно стійка, О - овалізована, Н - немагнітна.

Алмазні мікропорошки і субмікропорошки в залежності від сировини позначаються літерними індексами: АМ - з природних алмазів, АСМ - з синтетичних. Для мікропорошків з природних і синтетичних алмазів підвищеної абразивної здатності індекс М замінюється на індекс Н (АН, АСН).

Наприклад, шліфпорошок АС6 160/125 – виготовлений з синтетичних алмазів, зерна яких представлені в основному кристалами неправильної форми, їх уламками і зростками; зернистість 160/125.

1.6. Зв'язка абразивних інструментів

Закріплення в абразивних інструментах ріжучих зерен і наповнювачів здійснюється за допомогою зв'язуючих речовин, які називаються зв'язкою.

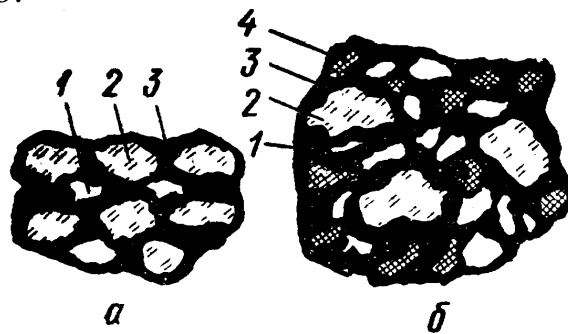


Рис. 3. Схема закріплення абразивних зерен зв'язкою:

а - керамічною; б - бакелітовою;

1 - пора; 2 - абразивне зерно; 3 - зв'язка; 4 - наповнювач

За допомогою наповнювачів абразивним інструментам надають необхідних експлуатаційних, фізико-механічних і технологічних властивостей.

Властивості зв'язуючої речовини значною мірою визначають параметри шорсткості обробленої поверхні, міцність інструменту, інтенсивність його спрацювання і рельєф робочої поверхні, вибір режимів різання.

Зв'язки абразивних інструментів поділяються на дві групи (рис. 3):

- неорганічні (керамічна, магнезіальна, силікатна);
- органічні (бакелітова, вулканітова, гліфталева).

Керамічна зв'язка відзначається високою тепло-, водо- та хімічною стійкістю, відносно високою міцністю на розтяг. До її складу входять наступні компоненти: вогнетривка глина, кварц, калієвий польовий шпат, тальк, крейда, рідке скло. Марки зв'язки К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10. На керамічній зв'язці виготовляють до 70% всієї кількості абразивних інструментів. Недоліком керамічної зв'язки є обмеження виготовлення абразивних кругів великих діаметрів товщиною менше 3 мм.

До складу *магнезійної* зв'язки (марка М) входять магнезит $MgCO_3$ та магнію хлорид $MgCl_2$.

Силікатна зв'язка (марка С), що складається з глини, силікатного пилю, рідкого скла, застосовується рідко.

Бакелітова зв'язка виготовляється на основі фенолоформальдегідної смоли (марок Б, Б1, Б2, Б3, Б4, БУ, Б156, БП2), має найбільше застосування серед органічних зв'язок. У порівнянні з керамічною зв'язкою вона має більш високу міцність, достатню пружність. Інструменти на її основі можуть виготовлятися різної форми і розмірів; мінімальна висота прорізних та відрізних кругів може досягати 0,5 мм. При тривалому нагріванні до температури 200°C і вище бакелітова зв'язка набуває крихкості, а при 250-300°C – починає вигоряти. Під дією лугів, які входять до складу змащувально-охолоджуючих рідин, бакелітова зв'язка руйнується, тому шліфувальні круги по всій поверхні покривають суриком або фарбують водостійкою фарбою. Шліфувальні круги на бакелітовій зв'язці у порівнянні з керамічними можуть працювати на підвищених швидкостях різання (більше 40 м/с). Для швидкісного шліфування (60 м/с) вони виготовляються з текстильною арматурою.

Вулканітова зв'язка виготовлена на каучуковій основі. Вона має високу еластичність і підвищену щільність. Круги, виготовлені на її основі, можуть експлуатуватись при колових швидкостях до 75 м/с [1]. Теплостійкість вулканітової зв'язки 150-180°C, при подальшому нагріванні матеріал розм'якшується. На відміну від шліфувальних кругів на інших зв'язках, круги на вулканітовій виготовляються висотою 0,3-0,5 мм при діаметрі 150-200 мм. Завдяки еластичності вулканітової зв'язки абразивні зерна під час роботи заглиблюються в ній, що призводить до зменшення глибини різання і поліпшення якості обробленої поверхні. Вулканітові зв'язки випускають марок В, В1, В2, В3, В5 в залежності від складу наповнювачів, прискорювачів вулканізації.

Крім перелічених зв'язуючих речовин для виготовлення абразивних інструментів використовують зв'язки на основі

гліфталевої смоли (Гф), спіненого полівінілформалю (Пф), ебоніту (Э5, Э6).

Для алмазних кругів підвищеної стійкості проти спрацювання, а також кругів для електрохімічної абразивної обробки і ін. використовують *металеві* зв'язки, які поділяються на порошкові (одержують спіканням) і гальванічні, в основному на нікелевій основі, – (закріплення зерен гальванічним способом).

Матеріалом для зв'язок абразивних зерен також використовують бронза (М1) та сплав алюміній-цинк (М5).

1.7. Твердість абразивного інструменту

Твердістю абразивного інструменту називається властивість зв'язки утримувати під час роботи зерно від виривання.

Твердість абразивного інструменту не слід змішувати з твердістю абразивних зерен. Для абразивних матеріалів твердість визначається за Моосом (шкала твердості до 10 балів) і за Ріджвеєм (15 балів). Метод визначення полягає в проведенні риски одним абразивом по іншому. Найменшу твердість серед мінералів має тальк (1 бал), найтвердіший мінерал – алмаз (10 і 15 балів, відповідно названим шкалам).

Для абразивних інструментів з різною зв'язкою і зернистістю визначення твердості здійснюється за відповідними методами:

- ♦ Для інструменту на керамічній і бакелітовій основі (зернистість 12-90) – на поверхню інструменту направляють струмінь кварцевого піску і за глибиною ямки, що утворилась, визначають твердість інструменту. У випадку зернистості 100-М14 – за допомогою приладу Роквелла за глибиною відбитку сталевий кульки.
- ♦ Для інструменту з вулканітовою зв'язкою – за числом обертів свердла для одержання отвору певної глибини при свердлінні з постійним навантаженням.

Стандартом передбачена *шкала ступенів твердості абразивних інструментів*:

ВМ1, ВМ2 – дуже м'які, М1, М2, М3 – м'які, СМ1, СМ2 - середньо-м'які, С1, С2 – середні, СТ1, СТ2, СТ3 – середньотверді, Т1, Т2 – тверді, ВТ1, ВТ2 – дуже тверді, ЧТ1, ЧТ2 – надзвичайно тверді.

1.8. Структура абразивного інструменту

Структура абразивного круга характеризує об'ємний вміст абразивних зерен у відсотках і позначається номерами.

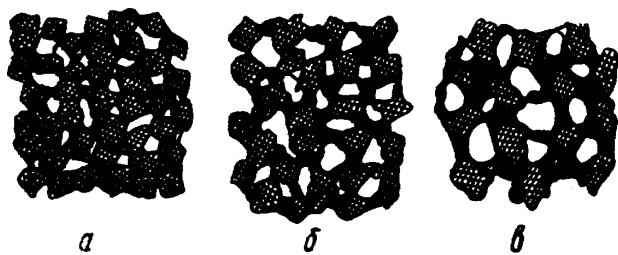


Рис. 4. Структури абразивного круга:
а – закрита; б – середня; в – відкрита
краще відведення стружки, що зрізається, але менша міцність круга.

Зміна об'ємної концентрації абразивних зерен на 2% відповідає переходу на інший номер структури. Чим вищий номер структури, тим менше абразивних зерен, більша відстань між ними (рис. 4, табл. 6),

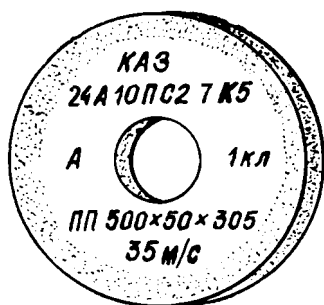
6. Класифікація абразивного інструменту за структурою

Назва групи	Номери структур в групі	Об'ємна концентрація абразивних зерен, %
Щільна	0...3	62...56
Середня	4...8	54...46
Відкрита	9...12	44...38
Дуже відкрита	13...20	36...22

1.9. Маркування абразивних інструментів

На неробочих поверхнях абразивних інструментів проставляється марка з позначенням його основних характеристик і назвою заводу-виробника.

Приклад умовного позначення шліфувального круга:



ПП 500×50×305 24А 10-П С2 7 К5 35м/с А 1 кл.
Круг типу ПП (див. табл. 1) (круги типу ПП випускаються за розмірами від $D \times H \times d = 3 \times 8 \times 1$ до $1100 \times 90 \times 305$ мм та масами від 0,0001 до 180,00 кг), діаметром $D=500$ мм, висотою $H=50$ мм, діаметром отвору $d=305$ мм, з білого електрокорунду марки 24А, зернистості 10,

індекс зернистості П, ступінь твердості С2, номером структури 7, на керамічній зв'язці К5, з робочою швидкістю 35 м/с, класу точності А [3] (шліфувальні круги виготовляються трьох класів точності: АА – найвища точність, А, Б), 1-го класу неврівноваженості.

Приклад умовного позначення алмазного шліфувального круга:

АПП 125×10×3×32 - АС5 - 100/80 - М1 - 50

Круг алмазний типу ПП (див. табл. 1), діаметром $D=125$ мм, $d=32$ мм; ширина алмазного шару 10 мм, товщина - 3 мм; алмазні зерна

марки АС5, зернистість - 100/80, металева зв'язка М1, концентрація алмазних зерен 50%.

Приклад умовного позначення шліфувальної головки:

AW 8×10 24A 25-H CT1 6 K1A 35 м/с

Головка типу AW (див. табл. 1) діаметром $D=8$ мм, висотою $H=10$ мм, з білого електрокорунду марки 24А, зернистістю 25, індекс зернистості Н, ступінь твердості СТ1, номером структури 6, на керамічній зв'язці (К), класу точності А, з робочою швидкістю 35 м/с.

Приклад умовного позначення шліфувального бруска:

БП 20×16×150 63С 6-Н С2-33 7 Б А

Шліфувальний брусок типу БП (див. табл. 1) з шириною $B=20$ мм, висотою $H=16$ мм, довжиною $L=150$ мм, з зеленого карбїду кремнію марки 63С, зернистістю 6, індекс зернистості Н, ступінь твердості С2, зі звуковим індексом 33, на бакелітовій зв'язці Б, номера структури 7, класу точності А.

Приклад умовного позначення шліфувального сегмента:

5С 100×40×200 14А 40-Н С1-33 6 Б А

Шліфувальний сегмент типу 5С (див. табл. 1), з шириною $B=100$ мм, висотою $H=40$ мм, довжиною $L=200$ мм, з нормального електрокорунду марки 14А, зернистістю 40, індекс зернистості Н, ступінь твердості С1, зі звуковим індексом 33, номер структури 6, на бакелітовій зв'язці Б, класу точності А.

1.10. Вибір, правлення, випробування абразивних кругів

1.10.1. Вибір абразивних кругів

Вибір характеристики абразивного інструменту залежить від багатьох факторів: виду і властивостей оброблюваного матеріалу, потужності верстата і режиму шліфування, вимог до точності та шорсткості оброблюваної поверхні, виду і характеру операцій шліфування.

В залежності від цих факторів встановлюються:

- *форма і розмір потрібного абразивного інструмента* – вибирається зовнішній діаметр круга максимально допустимий для даного верстата, обов'язково стандартного розміру;
- *вид абразивного матеріалу* – кожний абразивний матеріал має певну область використання. Так, наприклад, висока твердість і в'язкість електрокорунда дозволяє використовувати його при шліфування металів з високим опором розриву (вуглецевих і легированих сталей, ковкого чавуну, деяких сортів нікелевих і

алюмінієвих сплавів, марганцевистої бронзи тощо). Інструменти з нормального електрокорунду використовуються для грубої обробки сталевих відливок, поковок, прокату. Білий електрокорунд використовують для всіх точних робіт, коли знімається незначний шар металу, також для оброблення скла. Монокорунд відрізняється високою ріжучою здатністю, тому круги з нього застосовуються при шліфуванні деталей з цементованих, загартованих, азатованих і високолегованих сталей з низькою теплопровідністю та теплоємністю. Оскільки зерна карбиду кремнію мають більшу крихкість, ніж зерна електрокорунду, то його використовують для обробки матеріалів з низьким опором розриву, а також в'язких металів і сплавів (сірий чавун, алюміній, м'яка латунь і бронза, мідь і майже всі неметалічні матеріали – дерево, шкіра, мармур, граніт, кераміка, пластмаси). Абразивний інструмент з зеленого карбиду кремнію використовується для заточування різальних інструментів та штампів з твердих сплавів, обробки твердої кераміки. Алмазні шліфувальні круги з природних або синтетичних алмазів використовують для заточування і доведення твердосплавного інструменту, виробів з технічного та оптичного скла, кераміки, граніту, напівпровідникових матеріалів;

- *ступінь зернистості абразивного матеріалу* – у відповідності з вимогами до шорсткості оброблюваної поверхні абразивні круги виготовляються з зернистістю 125, 100, 80 – для ручного обдирного шліфування, відрізання; 40-32 – для заточування інструментів; 25-16 – чистового шліфування, шліфування крихких матеріалів; М40-М5 – для доведення особливо точних матеріалів;
- *вид зв'язки* – необхідно керуватись, в першу чергу, способом шліфування і вимогами до шорсткості оброблюваної поверхні. К1, К2, К3, К4, К5, К6, К8, К10 (керамічна) – для всіх видів шліфування, крім операцій прорізання пазів, відрізання, К3 – для заточування різальних інструментів з карбиду кремнію; В1, В5 (вулканітова) – для безцентрового шліфування; Б1, Б3 (бакелітова) – для тонкого шліфування і заточування твердосплавного інструменту;
- *ступінь твердості* – круги вибираються на основі вимог якості обробленої поверхні і довговічності інструменту: тверді матеріали оброблюють м'якими кругами (М, СМ, С), м'які – твердими. Виняток становлять в'язкі матеріали – мідь, свинець, які оброблюють м'якими кругами;
- *структура абразивного інструменту* – інструменти зі щільною структурою застосовують при фінішних операціях; з середньою –

для оброблення в'язких матеріалів, з відкритою – для швидкісного шліфування, з дуже відкритою – для шліфування дерева, шкіри, пластмас, гуми.

1.10.2. Правлення абразивного інструменту

Засалюваністю інструменту називається втрата ним різальних властивостей внаслідок затуплення шліфуючих зерен та забивання пор стружкою та брудом. Зовнішніми ознаками засалювання є поява на поверхні інструмента блискучих плям, підвищення шорсткості оброблюваної поверхні, поява припалів. Засалені інструменти підлягають правленню.

Правленням інструменту називають відновлення його різальних властивостей і потрібної геометричної форми робочої поверхні. Правку виконують за допомогою алмазних і безалмазних інструментів та з надтвердих матеріалів.

Геометрична форма інструменту для правлення може бути у вигляді різців, олівців, голок, брусків, роликів, зірочок, дисків гладеньких і гофрованих, шліфувальних кругів, пластин, гребінок.

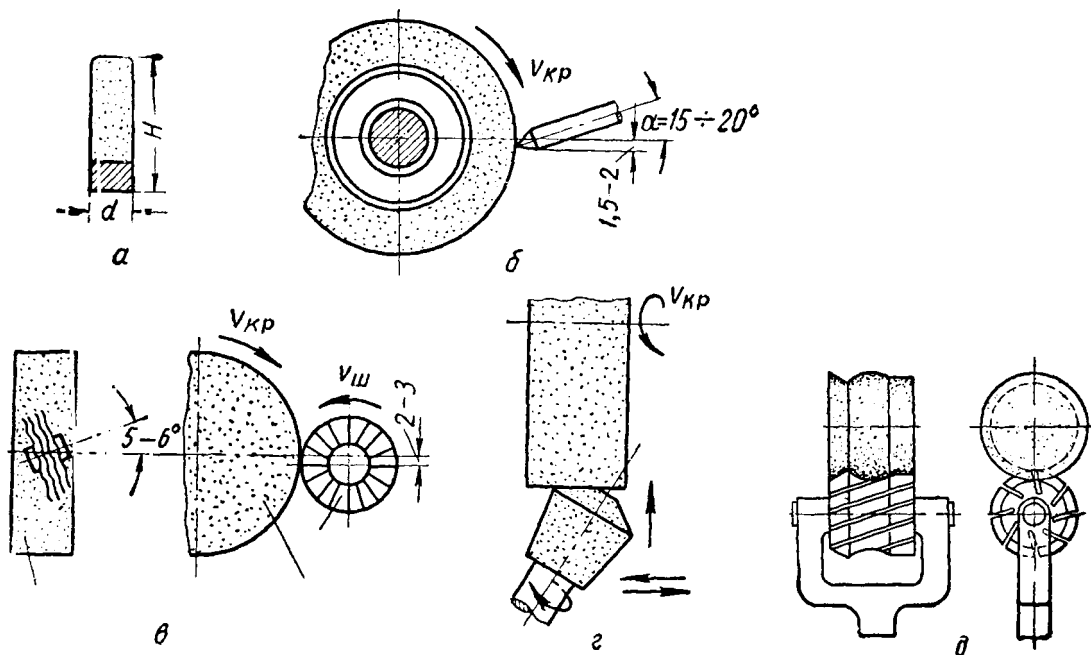


Рис. 5. Правлення шліфувальних кругів:

а – алмазний олівець; б – правлення кругів алмазом; в – правлення шарошкою; г – правлення карборундовим дзвоником; д – правлення обкочувальними роликами з загартованої сталі

Алмазні олівці (рис. 5, а) застосовуються для правлення прямолінійних або нескладних фасонних профілів і виготовляються чотирьох типів (01 – алмази розташовані ланцюжком по осі олівця; 02

– шарами; 03 – на сферичній поверхні; 04 – неорієнтованим розташуванням) та в трьох виконаннях (А – циліндричні, В – з конічним корпусом, С – ступінчасті) [7].

Правлення алмазним обточуванням (рис. 5, б) використовується для абразивних кругів на керамічній, вулканітовій та бакелітовій зв'язках, для алмазних і ельборових кругів на керамічній зв'язці. Режим правки: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,2...0,4$ м/хв, $s_{п}=0,02...0,04$ мм/подв.хід.

Правлення обточуванням абразивними брусками застосовується для алмазних і ельборових кругів на бакелітовій зв'язці, а також для очищення від засалювання алмазних і ельборових кругів на металічній зв'язці. Брусок закріплюють в лещатах на столі верстата. Режим правлення: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,3...0,5$ м/хв, $s_{п}=0,1...0,15$ мм/подв.хід.

Правлення обкатуванням кругом з карбїду кремнію використовується для алмазних і ельборових кругів на металічній і бакелітовій зв'язках. Правильний круг одержує обертальний рух від шліфувального круга за рахунок тертя в зоні контакту. Режим правлення з поздовжньою подачею: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,5...1$ м/хв, $s_{п}=0,02...0,03$ мм/подв.хід. Режим правлення врізанням: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,5...1$ мм/хв.

Правлення обкочувальними роликами з загартованої сталі (рис. 5, д) використовується для фасонних абразивних кругів на керамічній зв'язці. Режим правлення: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,1...0,2$ м/хв, $s_{п}=0,02...0,06$ мм/подв.хід.

Правлення шліфуванням кругом з карбїду кремнію використовується для алмазних і ельборових кругів на металічній і бакелітовій зв'язках. Правильний круг має автономний привод. Режим правлення на шліфувальному верстаті: $v_{кр}$ – робоча, $s_{кр}=0,5...1$ м/хв, $s_{повздовж.}=1...1,5$ мм/хв, $s_{п}=0,05...0,08$ мм/подв.хід, $v_{повздовж.}=12...16$ м/с, при правці поза верстатом швидкість круга, що правиться – 1...1,5 м/с.

Правлення шліфуванням алмазним роликом застосовується для фасонних абразивних кругів на керамічній та бакелітовій зв'язках. Режим правлення врізанням: $v_{кр}$ – робоча, $s_{вр}=0,5$ мм/хв, $v_{повздовж.}$ – 10 м/с [2].

1.10.3. Балансування абразивних кругів

Перед використанням абразивні круги перевіряють на врівноваженість, тобто балансують. Порушення врівноваженості викликає передчасне спрацювання круга. При неправильному положення центра ваги сили інерції призводять до великих напружень і, як наслідок, до розриву круга [9].

Розрізняють балансування *статичне* (силове), *моментне* і *динамічне*. При статичному балансуванні центр мас ротора приводиться на вісь обертання розміщенням відповідних коригуючих мас (рис. 6). При моментному балансуванні зменшують головний момент дисбалансів шляхом розміщення коригуючих мас в двох площинах корекції. При динамічному – врівноваження досягається розміщенням коригуючих мас в двох або більше площинах корекції [7].

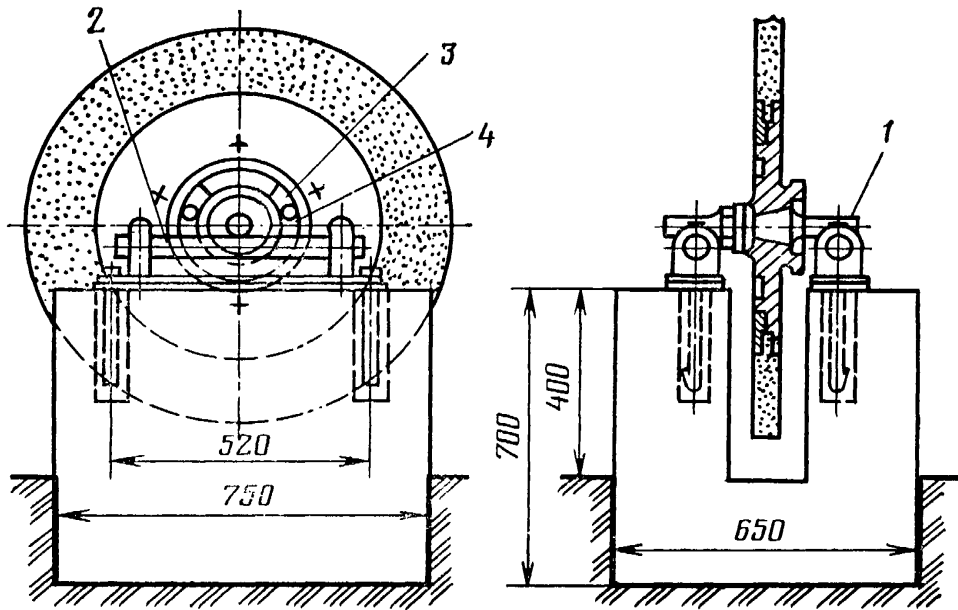


Рис. 6. Пристрій для статичного балансування шліфувальних кругів:
1 - оправка, 2 - загартовані валики, 3, 4 - коригуючі маси для врівноваження круга

В залежності від допустимих неврівноважених мас встановлено чотири класи неврівноваженості шліфувальних кругів, що позначаються цифрами 1 (найменша неврівноваженість), 2, 3, 4.

1.10.4. Випробування абразивних кругів

Щоб запобігти розриву шліфувального круга під час роботи необхідно виконати його попередні випробування на міцність та правильно закріпити круг на шпинделі верстата і відбалансувати.

Перед експлуатацією круга необхідно:

1. Впевнитись у відсутності тріщин, що виявляються по хрипкому звуку при легкому постукуванні по кругу дерев'яним молотком.
2. Випробувати обертанням при швидкості на 50-60 % більше робочої протягом 5-10 хвилин в залежності від діаметра круга.
3. Відбалансувати круг.

Безпечність роботи залежить також від правильної установки та надійного закріплення круга на шпинделі верстата [10].

2. Види шліфування

В машинобудуванні широкого застосування набули наступні види шліфування: кругле шліфування, яке застосовується при обробленні поверхонь, що мають форму тіл обертання (рис. 7); плоске— для оброблення плоских поверхонь (рис. 8); фасонне— для шліфування фасонних поверхонь, в тому числі зубо-, різьбо-, шліцешліфування (рис. 9).

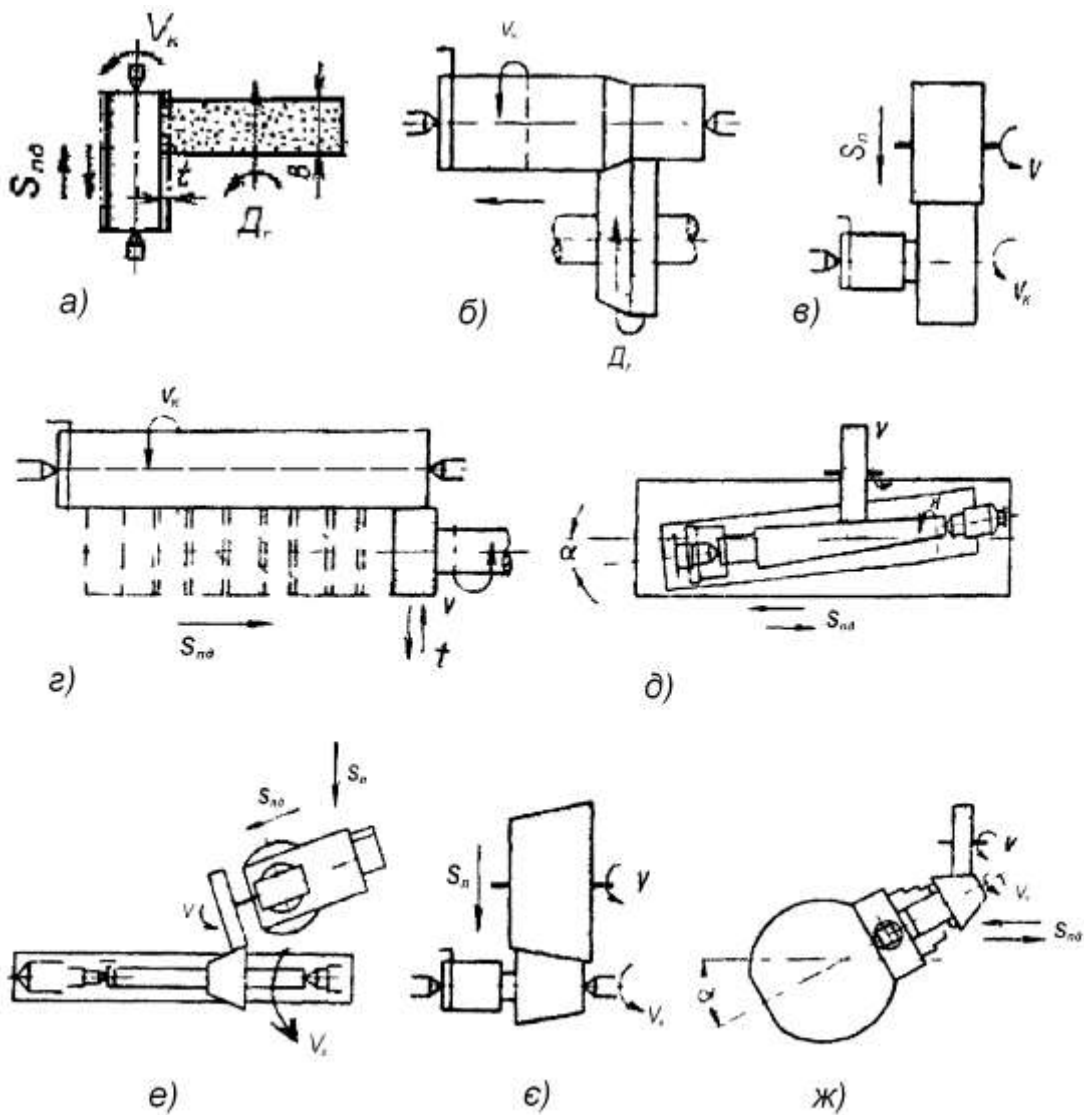


Рис. 7. Схеми круглого шліфування

Кругле шліфування може виконуватись за чотирма основними методами (рис. 7):

- а) з поздовжньою подачею $s_{\text{пд}}$ для оброблення відносно довгих поверхонь;
- б) шліфування при установленні круга на повну глибину t (глибинний метод шліфування);
- в) з поперечною подачею $s_{\text{п}}$ для шліфування поверхонь, довжина яких не перевищує ширини B шліфувального круга;
- г) шліфування уступами, виконується при поєднанні методів поперечної і поздовжньої подач. Спочатку шліфувальний круг переміщується вручну в напрямку поперечної подачі на глибину шліфування, потім круг відводиться у вихідне положення і переміщується у напрямку поздовжньої подачі на величину $0,8-0,9$ його ширини. В такій послідовності проводиться обробка всієї поверхні. Після шліфування даним методом виконують кілька робочих ходів інструменту з поздовжньою подачею для видалення слідів обробки між уступами.

Шліфування конусних поверхонь на круглошліфувальних верстатах виконують різними способами:

- г) поворотом шліфувальної бабки,
- д) поворотом стола,
- е) поперечною подачею заправленого на конус шліфувального круга;
- ж) поворотом передньої бабки разом із заготовкою.

Шліфування отворів в деталях, які мають форму тіл обертання – не великих за масою, наприклад зубчасті колеса, втулки, виконують на внутрішліфувальних верстатах. Шліфувальний круг крім обертального руху має поздовжню і радіальну подачі, а заготовка, закріплена в патроні або іншому пристрої, має обертальний рух (Рис. ..., б). В деталях, які мають несиметричну форму або великі габарити і масу, отвори шліфують на верстатах планетарного типу. Деталь в процесі обробки залишається нерухомою (Рис. ..., в), а всі рухи, необхідні для виконання процесу шліфування, виконує абразивний інструмент [3].

Безцентрове шліфування виконується на безцентрових круглошліфувальних верстатах при обробці зовнішніх і внутрішніх (рідше) поверхонь. Безцентрове шліфування може виконуватись одним з двох методів: методом поздовжньої подачі (шліфування на прохід) при обробці заготовок відповідної конструкції, що дозволяє виконувати цю операцію, і методом поперечної подачі (врізанням при обробці заготовок ступінчатої або фасонної форми).

Плоске шліфування – плоскі поверхні обробляються торцем (рис. 8 в, г) і периферією круга (рис. 8 а, б)

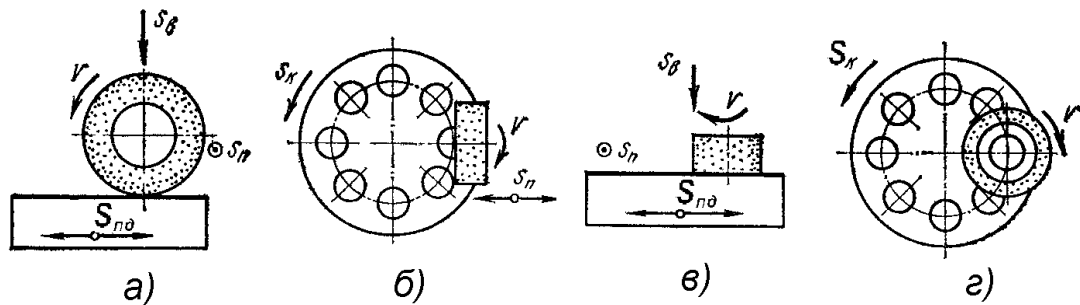


Рис. 8. Схеми плоского шліфування

2.1. Елементи режиму різання при шліфуванні

До елементів режиму різання при шліфуванні відносяться: глибина різання $t_{\text{шл}}$, мм; повздовжня подача $S_{\text{пр}}$, мм/об.; поперечна подача $S_{\text{по}}$ – мм/об. (визначається, як величина переміщення круга за один оберт деталі в поперечному напрямку), швидкість різання v , м/с; швидкість обертання деталі $v_{\text{д}}$, м/хв.

При чорновому шліфуванні вибирають $t = 0,01 \dots 0,08$ мм, при чистовому $t = 0,05 - 0,015$ мм. Повздовню подачу призначають в долях від ширини круга B в межах: для чорнового шліфування $S_{\text{пр}} = (0,3 \dots 0,07)B$, для чистового – $S = (0,2 \dots 0,4)B$.

Припуски на шліфування призначають в межах $0,2 \dots 1,2$ мм (на діаметр) в залежності від габаритів деталі і виду термообробки [11].

Швидкісне шліфування виконується на високих швидкостях різання (70 м/с і вище) спеціальними кругами підвищеної міцності.

3. Шліфувальні верстати

За класифікатором ЭНИМС (Експериментальний науково-дослідний інститут металорізальних верстатів) шліфувальні верстати відносяться до третьої групи верстатів і поділяються на 10 типів (від 0 до 9), в яких враховуються різні ознаки: основні розміри, особливості обробки, тощо. До них належать: 0 – резервний, 1 – круглошліфувальні (ЗБ151П, ЗУ10В), 2 – внутрішньо шліфувальні (ЗК225В, СШ162), 3 – обдирні (З32А, З32Б), 4 – спеціалізовані (МШ-168, ВШ-80М), 5 – резервний, 6 – заточні, 7 – плоскошліфувальні (ЗЕ710А, ЗД740В), 8 – притиральні та полірувальні (З83), 9 – різні верстати (МШ-62А), що працюють абразивом. В марках верстатів перша цифра означає групу верстатів, літера – модернізацію, друга цифра – тип, наступні цифри – розміри і інші дані, літери вказують на точність, а також тип операційної системи для верстатів з ЧПУ.

3.1. Рухи в шліфувальних верстатах

Рухи в металообробних верстатах поділяються на основні (або робочі), допоміжні та взаємопов'язані. Основний рух поділяється на головний рух, або рух різання, який забезпечує процес різання та рух подачі завдяки якому досягається безперервність процесу різання [12].

Головним рухом різання (D_r) є прямолінійний поступальний або обертальний рух заготовки або ріжучого інструменту, що виконується з найбільшою швидкістю в процесі різання. Швидкість головного руху різання (v) – це швидкість певної точки ріжучої кромки або заготовки в головному русі різання.

Рух подачі (D_s) – це прямолінійний поступальний або обертальний рух ріжучого інструменту або заготовки, швидкість якого менше швидкості головного руху різання, призначений для того, щоб розповсюджувати відокремлення шару матеріалу на всю оброблювану поверхню.

В усіх шліфувальних верстатах головним рухом різання (D_r) є обертання шліфувального круга, колова швидкість якого (v) вимірюється в м/с. Ці верстати мають від двох до трьох видів подачі, що мають різний характер: $s_{\text{пд}}$ – поздовжня, $s_{\text{п}}$ – поперечна, $s_{\text{к}}$ – колова.

В *круглошліфувальних* верстатах рухом подачі є: обертання деталі, зворотно-поступальний рух стола з закріпленою на ньому заготовкою, поперечне періодичне переміщення шліфувального круга відносно деталі (подача на глибину).

В групі *внутрішньошліфувальних* розрізняють два типи верстатів:

✦ у верстатах першого типу (для обробки отворів діаметром до 800 мм) – обертання деталі (кругова подача), зворотно-поступальний рух деталі або шліфувального круга (поздовжня подача), періодичне поперечне переміщення бабки шліфувального круга (поперечна подача);

✦ верстати другого типу (планетарні) призначені для обробки отворів діаметром від 60 до 1000 мм в деталях несиметричної форми або важких; при цьому заготовка залишається нерухомою (або в деяких планетарних верстатах з горизонтальним шпинделем одержує поздовжню подачу разом зі столом верстата). В цих верстатах круг окрім робочого обертання навколо своєї вісі отримує ще й обертальний рух кругової подачі відносно вісі оброблюваного отвору, періодичне радіальне переміщення – поперечну подачу, а в більшості випадків також поздовжню подачу.

В *плоскошліфувальних верстатах з прямокутним столом*, що працюють периферією круга, стіл отримує зворотно-поступальний рух

поздовжньої подачі ($D_{с\text{пд}}$), стіл або бабка шліфувального круга – періодичне поперечне переміщення на ширину шліфування за кожний хід стола. Після обробки всієї площини шліфувальний круг отримує вертикальне переміщення – подачу на глибину.

В плоскошліфувальних верстатах з круглим столом круг одержує зворотно-поступальний рух подачі, а столу надається рух колової подачі, вертикальне переміщення стола є установочним.

До допоміжних рухів відносяться всі рухи, які безпосередньо не беруть участі в процесі різання, але необхідні для підготовки верстата до роботи, управління робочими органами верстата.

Одержання необхідної конфігурації оброблюваної поверхні досягається введенням певних додаткових рухів (*взаємопов'язаних*), що мають кінематичний зв'язок з основними рухами. В залежності від характеру і призначення взаємопов'язані рухи поділяються на 5 видів: рух обкочування, утворення гвинтової поверхні, архімедової спіралі, утворення складних поверхонь, ділення [12].

3.2. Круглошліфувальні верстати

Круглошліфувальні верстати поділяються на: прості для обробки в центрах (рис. 8, 9) і патроні; універсальні, що мають поворотну бабку, стіл і супорт; врізні, які працюють без поздовжньої подачі методом врізання широкого круга; безцентрові, які шліфують на прохід і методом врізання (рис. 10).

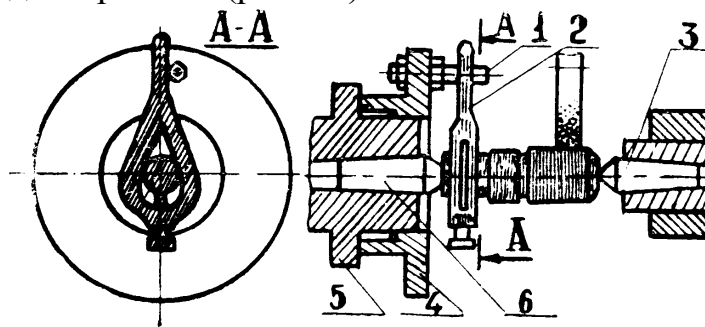


Рис. 8. Установка заготовки в центрах круглошліфувального верстата:

- 1 - стержень, 2 - хомутик, 3 - задній центр, 4 - повідкова планшайба,
- 5 - шпиндель, 6 - нерухомий передній центр

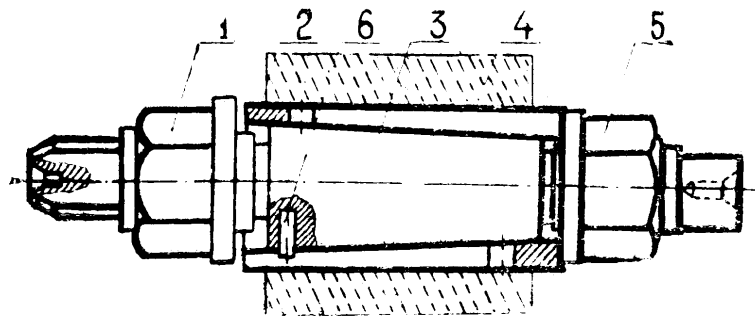


Рис. 9. Цангова оправка:

1, 5 - гайка, 2 - цанга з поздовжніми прорізами, 3 - конус, 4 - заготовка, 6 - штифт

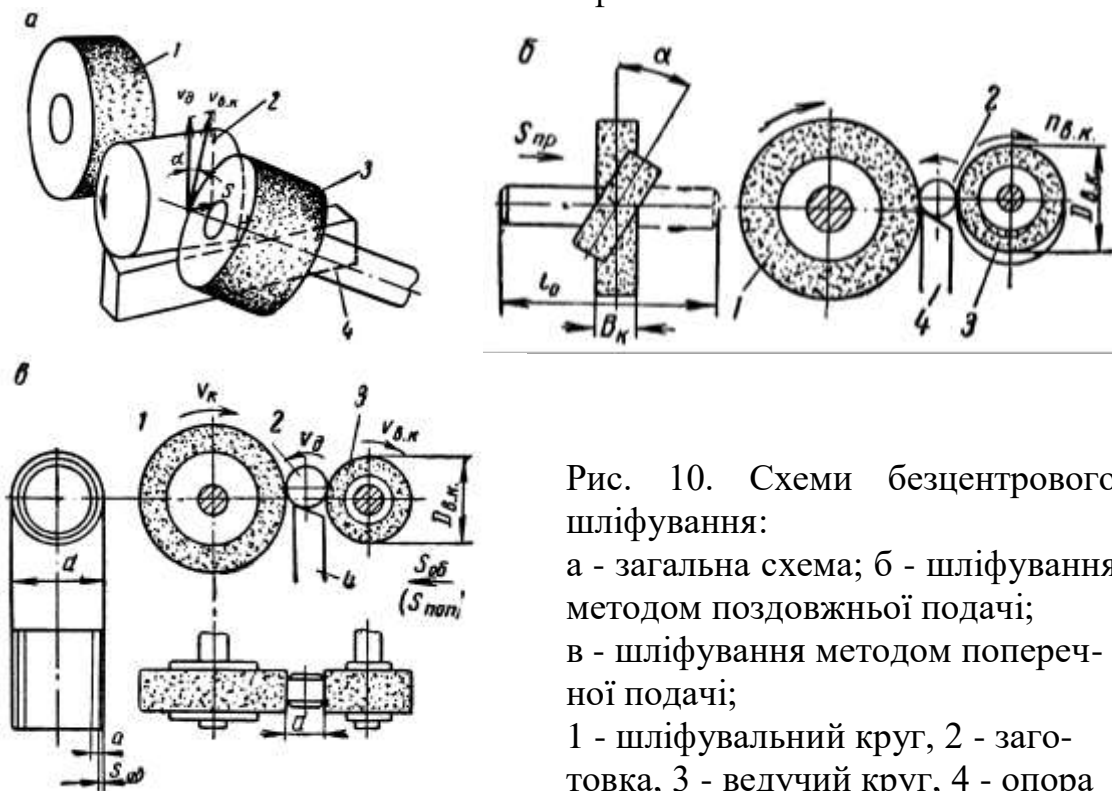


Рис. 10. Схеми безцентрового шліфування:

а - загальна схема; б - шліфування методом поздовжньої подачі; в - шліфування методом поперечної подачі;

1 - шліфувальний круг, 2 - заготовка, 3 - ведучий круг, 4 - опора

На рис. 11 наведена схема універсального круглошліфувального шліфувального верстата.

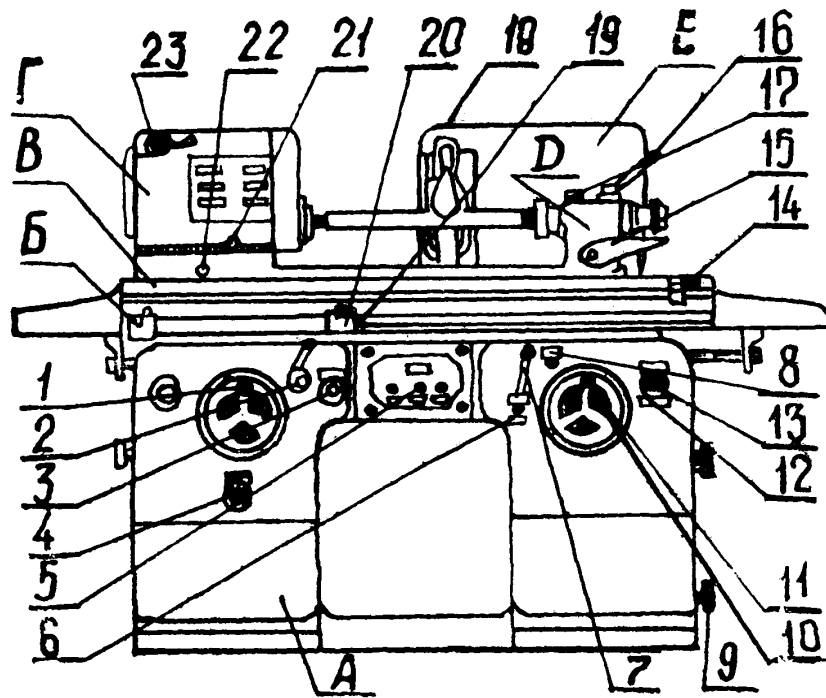


Рис. 11. Універсальний круглошліфувальний верстат:

А - станина, Б - нижній стіл, В - верхній стіл, Г - передня бабка, Д - задня бабка, Е - бабка шліфувального круга, Ж - універсальні салазки;

1 - маховичок ручного переміщення стола, 2 - рукоятка реверса ходу стола, 3 - рукоятка вимикання автоматичного ходу стола, 4 - рукоятка регулювання швидкості руху стола, 5 - кнопкова станція, 6 - блокувальний упор для внутрішнього шліфування, 7 - рукоятка швидкого підводу-відводу шліфувальної бабки, 8 - рукоятка подачі шліфувальної бабки, 9 - вмикач напруги, 10 - маховик подачі шліфувальної бабки, 11 - лімб відліку подачі шліфувальної бабки, 12 - рукоятка вимикання автоматичної подачі шліфувального круга і установки упора при ручній подачі, 13 - рукоятка установки автоматичної подачі шліфувального круга, 14 - гвинт повороту стола, 15 - рукоятка затискання задньої бабки, 16 - рукоятка відведення пінолі, 17 - рукоятка затискання пінолі, 18 - рукоятка регулювання подачі охолоджуючої рідини, 19 - гвинт мікрометричного настроювання, 20 - рукоятка затискання упора, 21 - рукоятка переналагодження бабки з роботи в центрах на роботу в патроні, 22 - рукоятка затискання поворотної частини бабки, 23 - перемикач діапазону частот обертання електродвигуна, 24 - затискач універсальних салазок, 25 - затискач поворотної частини шліфувальної бабки

3.3. Внутрішшліфувальні верстати.

Внутрішнім шліфуванням обробляють циліндричні, конічні, фасонні поверхні в наскрізних і глухих отворах термічно оброблених твердих заготовок [5].

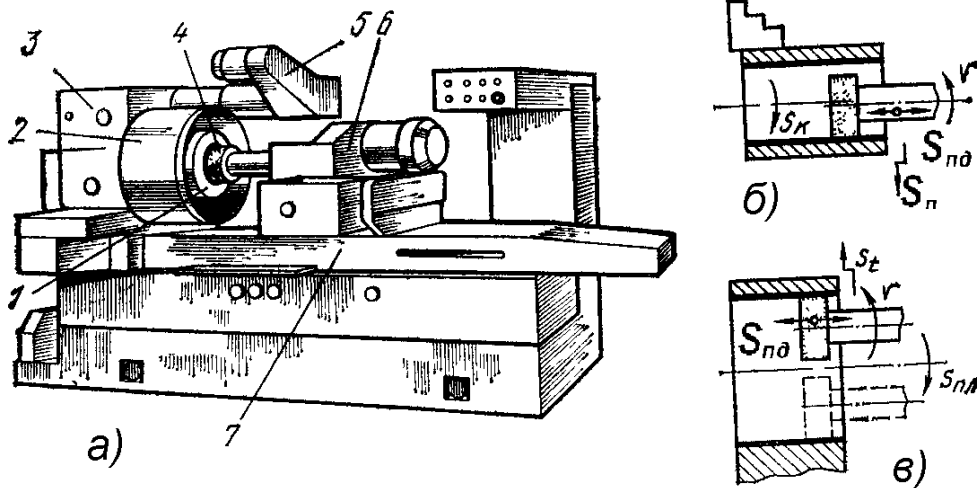


Рис. ... Внутрішньо шліфувальні верстати і схеми внутрішнього шліфування

Внутрішшліфувальні верстати поділяються на звичайні, у яких заготовка має обертальний рух, і планетарні, у яких масивна несиметрична заготовка закріплюється на столі верстата і не має обертального руху. На рис. 12 наведена схема звичайного внутрішшліфувального верстата. Заготовка **1** закріплюється в закритому кожухом **2** патроні шпindelної бабки **3**. Абразивний інструмент встановлюється на шпинделі шліфувальної бабки **6**, розміщеної на столі **7** верстата [5]. Для шліфування торцевих поверхнь використовується пристрій **5**. Фасонні внутрішні поверхні обробляються за допомогою відповідно заправленого шліфувального круга методом врізання.

В планетарних верстатах шліфувальний круг обертається навколо своєї вісі, а також навколо вісі отвору і періодично подається на глибину різання.

3.4. Плоскошліфувальні верстати

Плоскошліфувальні верстати випускаються з круглими або прямокутними столами. Їх поділяють на верстати, що працюють торцем круга або його периферією. Загальна схема плоскошліфувальних верстатів наведена на рис. 13.

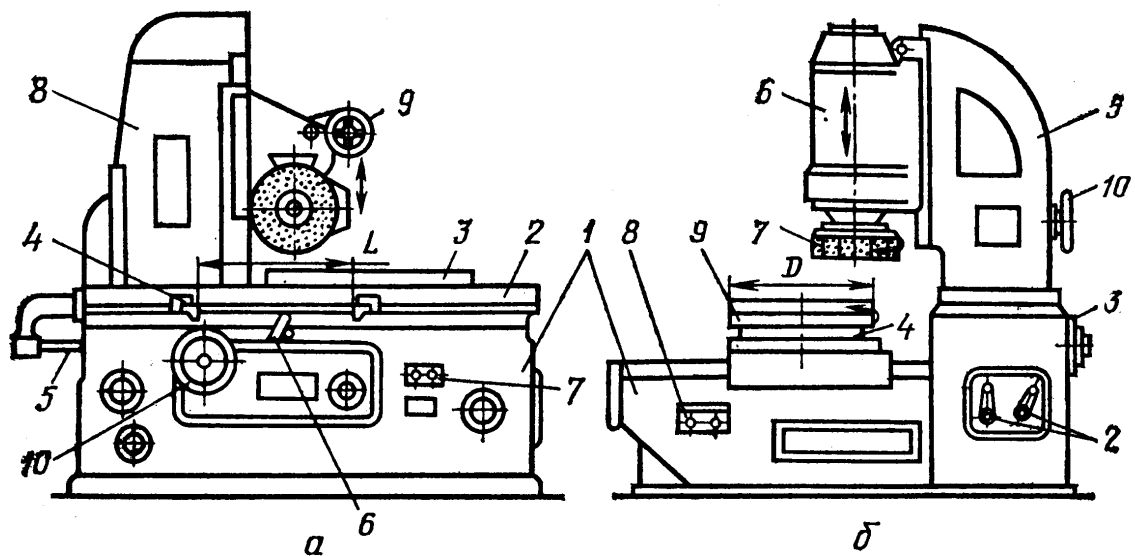


Рис. 13. Схема плоскошліфувальних верстатів, працюючих:

а - перферією круга:

1 - станина, 2 - стіл, 3 - магнітна плита, 4 - кулачки, 5 - шток робочого циліндра гідросистеми, 6 - важіль реверсування гідроприводу подачі стола, 7 - кнопчна станція, 8 - колона, 9, 10 - рукоятки, що керують переміщенням шліфувальної бабки;

б - торцем круга:

1 - станина, 2 - рукоятки керування, 3 - електродвигун приводу стола, 4 - стіл, що обертається, 5 - колона з направляючими, 6 - шліфувальна бабка, 7 - шліфувальний круг, 8 - кнопки керування, 9 - електромагнітна плита, 10 - маховичок

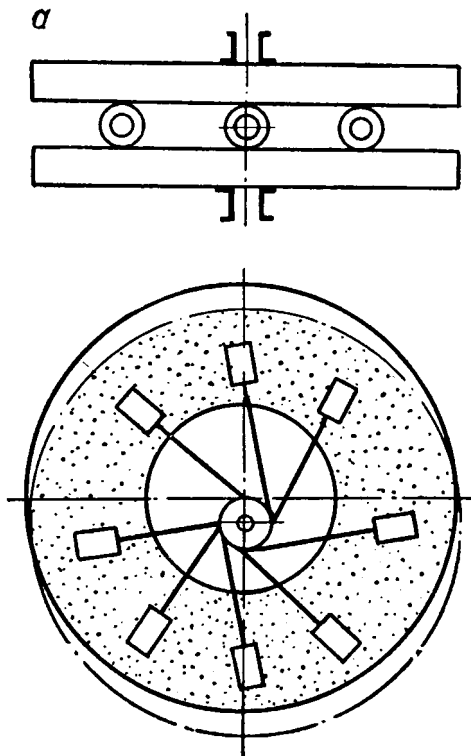
Серед спеціалізованих шліфувальних верстатів найбільш поширені різбошліфувальні, зубошліфувальні, шлицешліфувальні, а також верстати для авто- і тракторобудування (для шліфування колінчастих валів, розподільчих валиків, поршневих кілець), для шліфування деталей підшипників кочення, профіleshліфувальні верстати.

4. Фінішні методи абразивної обробки

Названі раніше методи абразивної обробки забезпечують шорсткість обробленої поверхні $R_z = 40$, $R_a = 0,10$ мкм і точність обробки 11-6 квалітетів.

Для досягнення більш високих показників якості обробленої поверхні застосовують фінішні (викінчені) методи абразивної обробки, які забезпечують шорсткість $R_a 1,25 \dots 0,01$ мкм: точність 6-5 квалітетів. Фінішні методи абразивної обробки поділяються на 1) процеси поліпшення параметрів шорсткості і зменшення відхилення

форми, 2) процеси, при яких тільки знижується шорсткість обробленої поверхні. До перших процесів належить суперфінішування, хонінгування, а до других процесів – притирання і полірування.



Притирання – абразивна обробка, яка характеризується одночасним протіканням механічних, фізико-механічних і хімічних процесів, що забезпечує параметри шорсткості обробленої поверхні R_a 0,050...0,010 мкм і відхилення форми до 0,05-0,3 мкм. Притирання виконується за допомогою інструмента – притира, виготовленого з сірого чавуну, міді, свинцю, пластмаси, гуми, дерева.

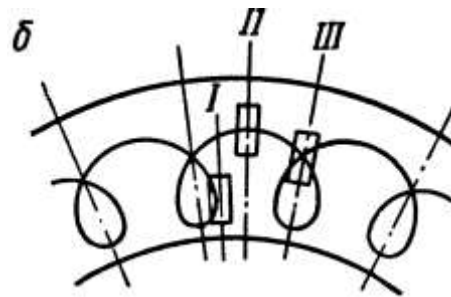


Рис. 14. Притирання коротких циліндричних деталей на верстаті з двома дисками:

а - схема взаємного розташування дисків, б - схема положень оброблюваних деталей (цифрами I, II, III позначені положення оброблюваної деталі по відношенню до верхнього диска)

Крім притирів часто використовують взаємне притирання двох деталей (плунжерні пари, деталі розпилювачів форсунок, деталі клапан-сідло двигунів внутрішнього згорання і ін.) [6].

Абразивні матеріали для притирів застосовують у вигляді порошків алмаза, корунда, карбокорунда, карбиду бора, пасти ГОИ. Припуск на обробку для притирання не перевищує 0,010-0,012 мм. При ручному притиранні швидкість взаємного переміщення оброблюваних поверхонь до 20 м/хв, а при механічному до 100 м/хв.

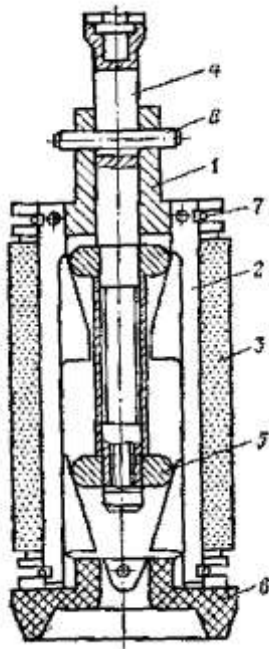


Рис. 14. Хонінгувальна головка:

- 1 - корпус, 2 - колодки,
- 3 - абразивні бруски,
- 4 - стержень, 5 - нажимні шайби, 6 - конус для центрування головки,
- 7 - кругові пружини

Хонінгування – фінішна обробка внутрішніх циліндричних поверхонь для зменшення шорсткості поверхні, підвищення розмірної точності і зменшення відхилення форми. При хонінгуванні зберігається мікротвердість і структура поверхневого шару, підвищуються залишкові стискуючі напруження і збільшується площа несучої поверхні деталі.

Оброблення виконується абразивними брусками, закріпленими на пристрої – хонінгувальній головці (хон) (рис. 14). Хон в процесі оброблення здійснює зворотно-поступальний і обертальний рухи. Колова швидкість $v=10-25$ м/хв (при обробленні сталі), $v=30-70$ м/хв (при обробленні чавуну). Охолоджуючими рідинами для сталі і чавуну є гас з маслом (до 30%).

Припуск на обробку знаходиться в межах $0,01...0,04$ мм і більше (до 0,5 мм). Шорсткість обробленої поверхні в межах $R_a = 0,32...0,0125$ мкм [3].

Суперфінішування – метод фінісної обробки абразивними брусками, які здійснюють коливальний рух з амплітудою 1,5-6 мм і частотою 250-1000 подв.ходів за хв. Швидкість обертального руху деталі $v=5...15$ м/хв (рис. 15) [3].

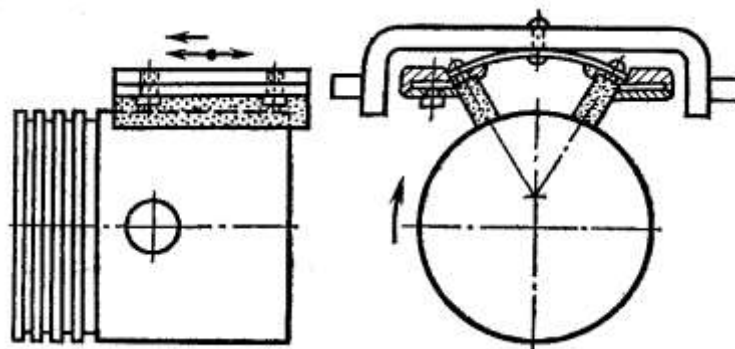


Рис. 15. Схема суперфінішування поршня

Суперфінішуванням оброблюють поверхні деталей зі сталі, чавуну, бронзи. Крім абразивних брусків використовують чашкові і

плоскі круги. Охолоджуючою рідиною служить гас із маслом (до 10%). Шорсткість поверхні досягає $R_a = 0,63 \dots 0,08$ мкм, розмірна точність змінюється.

Полірування – процес фінішної обробки поверхні – здійснюється для поліпшення якості оброблення. При цьому відхилення форми поверхні не усувається. Полірування застосовується для чистової обробки фасонних поверхонь і декоративного оброблення, оброблення поверхні перед металопокриттям.

Оброблення ведеться полірувальними еластичними кругами з повсті, шкіри, тканини, останім часом знайшли застосування пелюсткові полірувальні круги з водостійкого шліфувального паперу; оброблення також ведеться вільним абразивом у обертових барабанах і віброконтейнерах, а також використовується струминно-абразивне оброблення.

Абразивними матеріалами служать електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору, оксид хрому, оксид заліза, оксид алюмінію, паста ГОИ.

Полірувальний інструмент здійснює тиск на оброблювану поверхню в межах 20...50 Н. Шорсткість обробленої поверхні відповідає $R_a = 1,25 \dots 0,025$ мкм. Поліруванням оброблюють штоки гідроциліндрів, шийки колінчастих валів двигунів [3].

5. Заточування різальних інструментів

В процесі різання інструмент зношується по задній або передній поверхнях, в ряді випадків одночасно по обох поверхнях леза.

Леза інструменту відновлюють заточуванням і доводкою.

Режими заточування різального інструменту наведені в табл. 11.1 і 10.2.

В якості охолодної рідини для заточування використовують 2...5% розчин соди у воді або 5...10% розчин емульсола у воді.

Заточувальні верстати бувають прості, універсальні і спеціалізовані. Прості заточувальні верстати (точила) використовують для ручного заточування різців, ножів до фрезерних головок, свердел, зубил. На універсально-заточувальних верстатах заточуються різні типи різальних інструментів. Верстати забезпечуються пристроями для установки заточуваних інструментів.

Спеціалізовані заточувальні верстати призначені для заточування однотипних інструментів (різців, свердел, черв'ячних фрез, протяжок та ін.).

На верстаті для заточування різців(рис.11.1) можна заточувати одночасно два різці. Шпиндель 2 верстата отримує обертання через пасову передачу від електродвигуна 1. Різці закріплюються в пристроях на підручнику 4. Різці можна притискати до підручника вручну. Стіл верстата з підручником рукояткою 10 через зубчасте колесо 5 і рейку 6 переміщується в поздовжньому напрямі. Поперечне переміщення стола подача на глибину шліфування здійснюється маховичком (на схемі показано) через конічну пару 9, гвинту і гайку 8. Задані кути заточування різця отримують поворотом підручника навколо горизонтальної осі.

Таблиця 11.1

Режими чорнового заточування різального інструменту торцем круга.

Основні дані	Швидкорізальна сталь		Твердий сплав		Твердий сплав, кераміка, над-тверді матеріали
	з задовільною шліфуємістю P18, P12, P6M5 та ін.	з пониженою шліфуємістю P9K5, P12Ф3, P6M5K5 та ін.	З задовільною шліфуємістю BK8, BK6, T5 K10 та ін.	з пониженою шліфуємістю BK3, T15K6, та ін.	
Абразивний матеріал	електрокорунд 24А, 25А, 33А, 44А, 45А		карбід кремнію 63С, 64С		синтетичний алмаз АС6, АС4
Зернистість	40...25	40...25	40...25	40...25	125/100...100/80
Твердість	СМ1...СМ2	М3...СМ1	СМ1...СМ2	М2...М3	-
Номер структури чи концентрація	6...7	7...8	5...6	6...7	100 %
Зв'язка	керамічна К8, К51Б				металева М1-01
Швидкість шліфувального круга, м/с	20...25	16...18	12...15	10...12	16...18
Швидкість повздовжньо	3...6	3...6	5...8	5...8	1...2

ї подачі, м/хв.					
Подача на глибину шліфування, мм	0,04...0,06	0,02...0,04	0,08... 0,12	0,0 6...0,08	0,02...0,03
Охолодженн я	з охолодженням		без охолодження або з подачею ЗОР не менше 8 л/хв		з охолодженням

Таблиця 10.2 Режими заключного заточування і доведення різального інструменту

Основні дані	Заключне заточування		Доведення			
	Швидкоріза- льна сталь	Твердий сплав, кераміка, надтверді матеріали	Швидкоріза- на сталь		Твердий сплав, кераміка, надтверді матеріали	
Абразив- ний мате- ріал	Ельбор ЛО	Синтетичний алмаз АС2	Ель- бор ЛО	Карбід кремні ю 63С	Синтетичний алмаз САМ	
Зернис- тість	100/80...80/60	80/60...50/40	50/40.. .40/20	6...5	40/28...28/20	
Твердість	С1...С2	-	-	М3... СМ1	-	
Номер структури або кон- центрація	100 %	100 %	50 %	5...6	-	50 %
Зв'язка	вулканітова В2-01			бакелі- това Б	вулканітова В2-01	
Швидкість шліфува-	25...30	25...30	18...20	25...30	25...30	

льного круга, м/с					
Швидкість повздож- ньої пода- чі, м/хв	1...2	1...2	0,1... 0,3	0,1...0,3	0,1...0,3
Подача на глибину шліфуван- ня, мм	0,02...0,03	0,01...0,02	0,005.. 0,01	0,005... 0,001	0,005...0,01
Охолод- ження	Без охолодження чи з подачею ЗОР не менше 5 л/хв		Без охолодження		

Примітка: При роботі периферією круга або при заміні круга на керамічній зв'язки кругом на бакелітовій зв'язці, а також при ручному заточуванні слід використовувати круги твердістю на одну ступінь вище, а швидкість круга збільшити на 25%.

Універсально-заточувальні верстати призначені для заточування різних інструментів в умовах середнього машинобудування.

Універсально-заточувальний верстат 3М642 (рис.11.1) складається з шліфувальної бабки 1, шпиндель якої приводиться від електродвигуна 12. Шліфувальна бабка 1 кріпиться на колоні 3. Колона може швидко підніматися і опускатися від двигуна 7, а вручну маховиком 2.

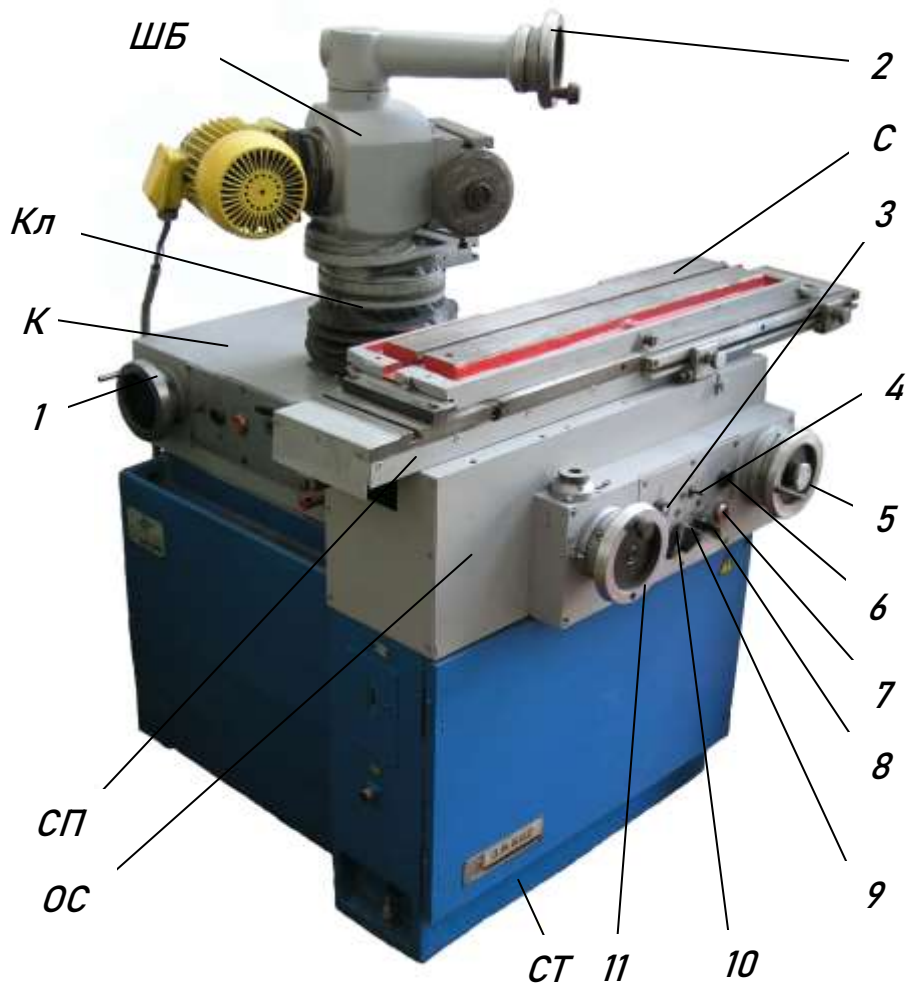


Рис. 11.1 Універсально-заточувальний верстат 3М642

Для заточування інструментів на універсально-заточувальних верстатах використовується ряд пристроїв: центрові бабки, велика універсальна головка, мала універсальна головка, пристрій для круглого шліфування, універсальна упорка, універсальні і похило-поворотні лещата, підручник та ін.

Заточування різців. Більшість різців заточують по передній і задній поверхнях. При незначному зношуванні різців по передній поверхні їх раціонально заточувати лише по задній поверхні. Фасонні різці заточують лише по передній поверхні, а різці для багаторізцевих верстатів - лише по задніх поверхнях. Для економного використання різців встановлені норми сточування різців. Так величина сточування токарних різців по задній поверхні складає при чорновій обробці для швидкорізальних сталей 0,6...0,9 мм, твердих сплавів 0,3...0,6; при чистовій обробці відповідно 0,3...0,4 і 0,15...0,4 мм.

Використовують дві схеми повторного заточування твердосплавних різців. По першій схемі проводять попереднє заточування кругом з карбіду кремнію, а кінцеве - алмазним кругом. Друга схема передбачає повну обробку алмазним кругом за одну операцію. Повне алмазне заточування економічно доцільно проводити, якщо обробляється лише твердий сплав з припуском 0,4...0,5 мм, а якщо одночасно твердий сплав і державка, то з припуском 0,2...0,3 мм. При більших припусках економічно доцільним є повторне заточування по першій схемі. При великих припусках застосовують електро-хімічне заточування.

Заточування задніх поверхонь різців найчастіше проводять торцюм круга. Канавки шліфують кругом типу 1 FF 1X, (A5П) який має розміри профілю канавки. Найчастіше канавки обробляють методом врізання кругом діаметром 30...50 мм. Якщо канавки не замкнуті, то їх обробляють з поздовжньою подачею.

Передні поверхні і стружколомаючі поріжки найраціональніше обробляти торцюм круга 12A2 (AT) з шириною алмазного шару не більше 3 мм на заточувальних верстатах з вертикальним шпинделем.

На універсально-заточувальних верстатах різці заточують торцюм чи периферією шліфувального круга переважно в триповоротних лещатах. Для настроювання триповоротних лещат користуються наближеними формулами (таблиця 11.3).

Таблиця 11.3

Наближені формули настройки триповоротних лещат при заточ. різця.

Заточування	Заточувана поверхня	Вихідне положення	Кут установлення по шкалах		
			А	Б	В
Периферією круга	Головна задня	I_1	Довільний	$+\alpha'$	$+\varphi_p$
	Допоміжна задня	I_1		$+\alpha'$	$-\varphi'_p$
	Передня	I_2		$\gamma \sin\varphi_p + \lambda \cos\varphi_p$	$\lambda_p \sin\varphi_p - \gamma \cos\varphi_p$
Торцюм круга	Головна задня	I_2	φ_p	$-\alpha \sin\varphi_p$	$+\alpha \cos\varphi_p$
	Допоміжна задня	I_2	-	$+\alpha' \sin\varphi'_p$	$+\alpha' \cos\varphi'_p$
	Передня	I_1	φ'_p	- γ	$+\varphi_p$
			λ_p		

Головна задня	I_3	$90+\alpha$	0	$+\varphi_p$
Допоміжна задня	I_3	$90+\alpha'$	0	$+\varphi'_p$
Передня	I_3	$\gamma \cos \lambda_p$	λ_p	$+\varphi_p$

Положення триповоротних лещат при заточуванні різців наведені на рис. 11.2.

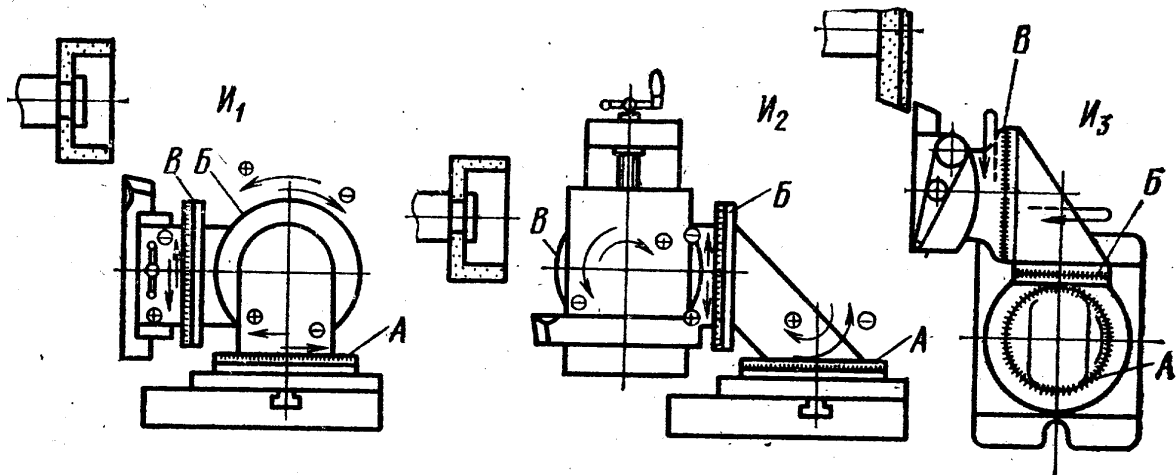


Рис.11.2 Вихідні положення різця I_1 , I_2 , I_3 при заточуванні в триповоротних лещатах.

Розрахункові значення кутів для прохідних різців приймають користуючись табл. 11.4.

Таблиця 11.4 Значення розрахункових кутів при заточуванні різця

Різці	Різновидність	Розрахунковий кут		
		φ_p	φ'_p	λ_p
Прохідні	Правий	φ	φ'_p	λ
	Лівий	$-\varphi$	φ'_1	$-\lambda$
Розточувальні, підрізні, відрізні	Правий	$90-\varphi$	$90+\varphi'$	$-\lambda$
	Лівий	$-(90-\varphi)$	$-(90+\varphi')$	$-\lambda$

Заточування свердел, зенкерів і розверток. Свердла зношуються по передній і задній поверхнях, по стрічці і поперечній кромці.

Спиральні свердла заточують переважно по задніх поверхнях, дотримуючись норм сточування.

Кут нахилу поперечної кромки рекомендується забезпечувати для підвищення точності свердління $\psi = 60^\circ \pm 5^\circ$, а для підвищення стійкості свердел – $\psi = 45^\circ \pm 5^\circ$. Допустимі відхилення кутів 2ϕ і α складають до $\pm 3^\circ$.

Задні поверхні свердла заточують по криволінійних поверхнях або по площинах. Криволінійне заточування може виконуватись з загостренням поперечної кромки (гвинтове заточування з загостренням) або без загострення, умовно називається нормальне заточування (гвинтове заточування без загострення, конічне, складно-гвинтове, еліптичне, фасонне та ін.).

Найбільш поширене заточування свердел по конічній поверхні.

При конічному заточуванні (рис. 11.3) задня поверхня кожного зуба формується як частина конуса.

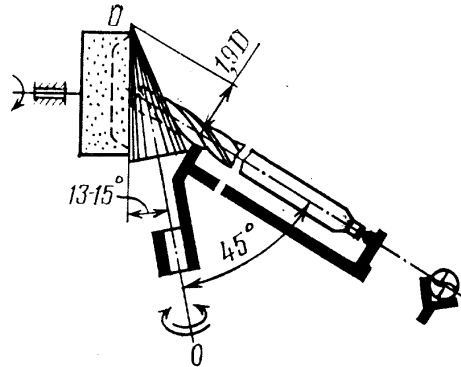


Рис. 11.3. Схема конічного заточування свердла.

При заточуванні свердло разом з пристроєм повертають навколо відносно осі OO уявного конуса. В процесі заточування свердло подається вздовж його осі до шліфувального круга, в результаті цього задня поверхня буде частиною поверхні уявного конуса. Так як свердло має дві задні поверхні, то заточування по даному способу вимагає дворазового встановлення свердла.

Кут встановлення свердла $\phi_0 = \phi - \Delta\phi$ береться дещо меншим, ніж половина кута свердла при вершині ϕ . При $\alpha = 6^\circ$ і 2ϕ до 140° $\Delta\phi = 0$; Для $\alpha = 12^\circ$ і $2\phi = 118 \dots 140^\circ$ $\Delta\phi = 1 \dots 2^\circ$; Для $\alpha = 18^\circ$ і $2\phi = 118 \dots 140^\circ$ $\Delta\phi = 2 \dots 4^\circ$.

Свердла, оснащені пластинами з твердого сплаву найчастіше заточують по двох площинах. Спочатку заточують затилкову поверхню з $\alpha=25\ldots30^\circ$ кругом з зеленого карбіду кремнію. Тоді алмазним кругом заточується ділянка твердосплавної пластини, яка прилягає до головної кромки з $\alpha_1=16^\circ$. Монолітні твердосплавні свердла заточують алмазним кругом.

Широко поширені площинні методи заточування задньої поверхні свердел. (рис.11.4).

Одноплощинне заточування (рис.11.4,а) використовується для свердел діаметром до 3 мм. Щоб кінець зуба не впирався в дно просвердленого отвору, задній кут в циліндричному перерізі повинен бути не менше $28\ldots30^\circ$, що може привести до викривування головних кромки. Для зменшення заднього кута видаляють затилкову частину зуба.

При двоплощинному заточуванні (рис.11.4,б) задній кут першої площини α , вибирається залежно від оброблюваного матеріалу.

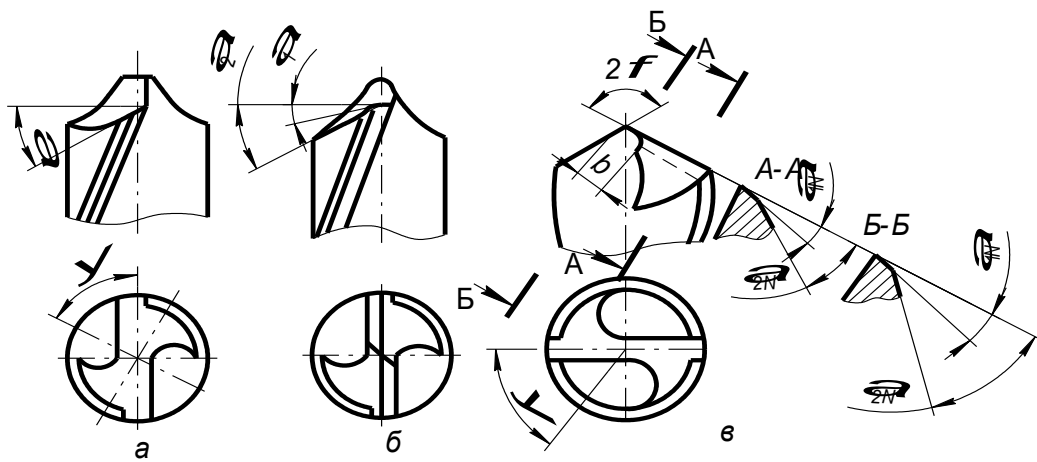


Рис. 11.4 Площини заточування задньої поверхні свердел.
а – одноплощинне; б – двоплощинне; в - триплощинне

Задній кут другої площини $\alpha_2=25\ldots40^\circ$. Із збільшенням цього кута зменшується осьова сила і підвищується точність свердлення, але знижується міцність різального клина.

Для двоплощинного заточування свердла на універсально-заточувальному верстаті, універсально-заточувальну головку повертають відносно осей А, Б і В (рис. 10.5) на відповідні кути.

$$\theta_B = 0^\circ; \quad \operatorname{tg}\theta_B = \frac{\operatorname{tg}\theta}{\operatorname{tg}\varphi}; \quad \operatorname{tg}\theta_A = \operatorname{ctg}\varphi \cos\theta_B. \quad (11.1)$$

де $\theta_A, \theta_B, \theta_V$ - кути повороту відносно осей А, Б, В;

θ - кут між нормаллю до задньої поверхні і площиною проведеною через головну різальну кромку і вектор подачі, виміряний в торцевій площині свердла.

Для площини під кутом α_1 ,

$$\operatorname{tg}\theta_{\alpha_1} = \frac{\operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi - \sin\mu}{\cos\mu} \quad (11.2)$$

Для площини під кутом α_2 ,

$$\operatorname{tg}\theta_{\alpha_2} = 2\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{tg}\theta_{\alpha_1}, \quad (11.3)$$

де α, φ, ψ - відповідно головний задній, головний кут в плані і кут нахилу перемички.

$$\sin\mu = \frac{d_0}{D}, \quad (11.4)$$

d_0 - діаметр серцевини свердла, мм;

D - діаметр свердла, мм.

При триплощинному заточуванні (див. рис.11.4,в) затилкова частина задньої поверхні розділена на дві ділянки. Периферійна ділянка має задній кут $\alpha_{2N} \approx 25^\circ$. Ділянка що прилягає до серцевини має більший задній кут $\alpha_{3N} = 35... 40^\circ$, що поліпшує центрування свердла.

Для підвищення стійкості свердел і збільшення допустимої швидкості різання використовують подвійне і потрійне заточування головної різальної кромки, підточування перемички, підточування стрічки та ін. міри.

Подвійне заточування заключається в утворенні на куточках свердла перехідних прямолінійних кромок з кутом $2\varphi_1=70...75^\circ$ і шириною $b=0,2 D$, або перехідних радіусних кромок з $R=0,2 D$.

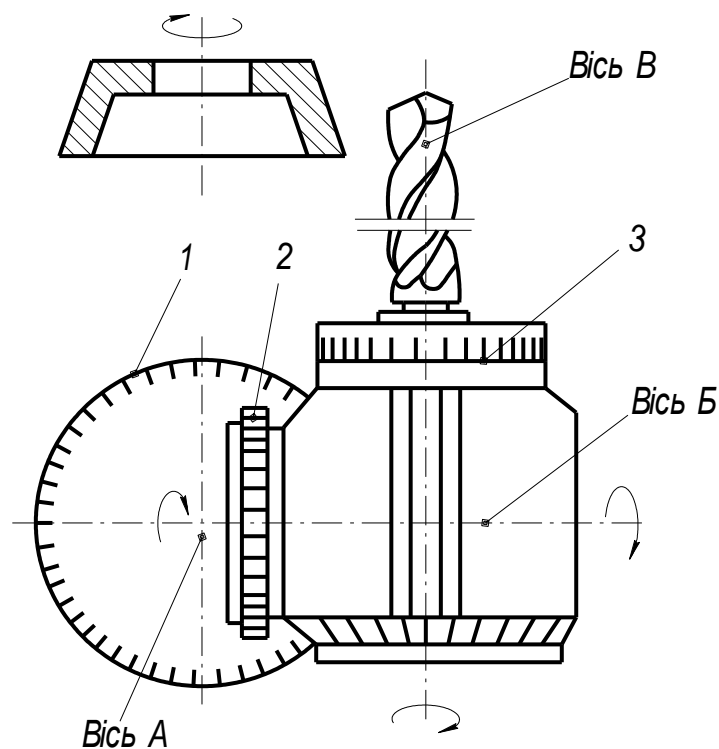


Рис.11.5 Схема розміщення осей універсально-заточувальної головки.

Підточування поперечної кромки виконують у швидкокорізальних свердел, призначених для обробки високоміцних матеріалів, у твёрдосплавних свердел, а також у свердел, які мають діаметр серцевини $d_0 \geq 0,2 D$. При підточуванні поперечної кромки свердло і шліфувальний круг повертають на деякі кути відносно напрямку поздовжньої подачі. Кути повороту складають: для шліфувального круга - 5° , для свердла навколо горизонтальної осі - $22...25^\circ$, навколо вертикальної осі - $10... 25^\circ$, навколо своєї осі - $0...15^\circ$. Шліфувальному кругу забезпечують радіусну правку з $R \approx D/4$.

Зенкери і розвертки заточують як правило на універсальних заточувальних верстатах (переважно по задній поверхні леза).

Зенкери з затилованими зубами заточують тільки по передній поверхні. Твёрдосплавні зенкери заточують по передній і задній поверхнях леза.

Передню поверхню зуба зенкера чи розвертки заточують тарільчастим кругом. Інструмент з прямими зубами заточують торцюгом, а гвинтові зуби конічною стороною круга. Для радіального встановлення робочої поверхні круга використовують спеціальний шаблон.

Якщо передній кут на калібруючій частині не дорівнює нулю, то круг зміщують від радіального положення на величину h_1

$$h_1 = \frac{D \sin \gamma}{2 \cos \beta}, \quad (11.5)$$

де D - діаметр інструменту, мм; γ - передній кут на калібруючій частині; β - кут правки круга, при роботі торцьом круга $\beta = 0$.

При заточуванні інструменту з гвинтовими зубами кут між осями шліфувального круга і інструменту (кут повороту заточувальної головки) має складати $\theta = (90^\circ - \omega) + (1 \dots 3)^\circ$, де ω - кут нахилу гвинтового зуба.

Заточування задньої поверхні на калібруючій частині здійснюють у центрах. Вісь центрів розміщується паралельно поздовжній подачі стола.

При заточуванні торцьом круга вершину зуба (рис.11.6,а), з допомогою упорки, встановлюють нижче горизонтальної осьової площини інструменту на величину

$$h = \frac{D}{2 \sin \alpha_T} \approx 0,01 D \alpha_T, \quad (11.6)$$

де α_T - задній кут в торцьовому перерізі; $\operatorname{tg} \alpha_T = \operatorname{tg} \alpha_N \cos \omega$; α_N - задній кут в перерізі, перпендикулярному до різальної кромки.

При заточуванні периферією круга (рис.11.6,б) упорку розміщують в горизонтальній осьовій площині інструменту, а вісь шліфувального круга зміщують вгору на величину

$$h = \frac{D_{\text{кр}}}{2 \sin \alpha_T} \approx 0,01 D_{\text{кр}} \alpha_T, \quad (11.7)$$

де $D_{\text{кр}}$ - діаметр круга, мм.

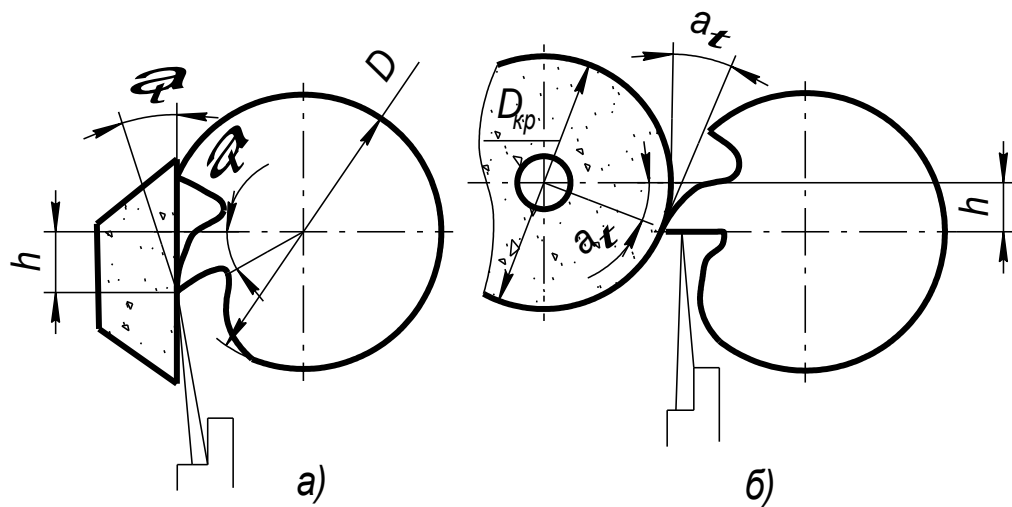


Рис.11.6 Схема устанoвлення круга при заточуванні задньої поверхні зенкера і розвертки торцюм (а) і периферією (б) круга.

При заточуванні інструменту з прямим зубом упорку закріплюють на столі верстата так, щоб упорне лезо торкалось передньої поверхні заточуваного зуба якомога ближче до різальної кромки (не даліше ніж 0,5 мм).

При заточуванні інструменту з гвинтовим зубом опорне лезо упорки ставлять під кутом ω до осі інструменту. Упорка служить як для ділення, так і надання інструменту гвинтового руху. Величина зміщення упорки виставляється по середній точці опорного леза.

Задні поверхні зубів різальної частини заточуються так, як і калібруючої. Відмінність лише в тому, що верхня частина стола повертається на кут різальної (забірної) частини φ , а величина зміщення упорки розраховується по середньому діаметру різальної частини D_c (при шліфуванні торцюм круга) за формулою :

$$h = \frac{0,5D_c}{2\sin\alpha} \quad (11.8)$$

Заточування фрез. Фрези зношуються по задній і передній поверхнях. За критерій затуплення прийнято спрацювання по задній поверхні.

Фрези з незатилкованими зубами заточують переважно по задніх поверхнях, а з затилкованими - по передніх поверхнях.

Заточування торцевих фрез. Торцеві фрези діаметром до 250 мм заточують по задніх поверхнях заточують у великій універсальній головці. З вихідного положення головки повертають навколо трьох осей А, Б, В на кути:

$$\operatorname{tg}\theta_A = \operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\alpha_N \frac{\sin\varphi}{\cos\lambda}; \quad (11.9)$$

$$\operatorname{tg}\theta_B = \operatorname{tg}\alpha_N \cos\varphi \cos\theta_B; \quad (11.10)$$

$$\operatorname{tg}\theta_B = \operatorname{tg}\alpha_N \sin\varphi. \quad (11.11)$$

Заточують переважно торцем чашкового круга при діленні по упорці.

При поелементному способі заточування задніх поверхонь різальні кромки фрези заточуються роздільно - спочатку головні кромки на всіх зубах, потім допоміжні на всіх зубах. Головну різальну кромку розміщують під кутом $\varphi = 45 \dots 90^\circ$, допоміжні під кутом $\varphi' = 0 \dots 5^\circ$. Для зниження шорсткості обробленої поверхні допоміжну кромку утворюють з двох ділянок - допоміжної кромки з $\varphi'_d = 0^\circ$ і $f'_d = 1,5 \dots 2$ мм і власне допоміжної з φ' не менше 2° . Вершина зуба формується прямолінійною з $\varphi_o \approx \varphi/2$ і $f_o = 1,5 \dots 2$ мм чи радіусною з $r = 2 \dots 3$ мм.

Заточування кінцевих і циліндричних фрез. Гвинтові зуби кінцевих і циліндричних фрез заточують по передніх і задніх поверхнях.

При заточуванні передньої поверхні гвинтового зуба (рис.11.7,а) шліфувальну головку повертають в горизонтальній площині на кут.

$$\theta_A \approx \omega \cos(\gamma + \beta), \quad (11.12)$$

де: β - кут профіля круга; ω - кут нахилу гвинтового зуба; γ - передній кут у торцевому перерізі,

$$\operatorname{tg}\gamma = \operatorname{tg}\gamma_N \cos\omega; \quad (11.13)$$

де γ_N - передній кут у нормальному перерізі.

Крім цього необхідно змістити круг на величину

$$h = 0,5D \frac{\sin(\gamma_N + b) \cos \alpha}{\sqrt{(1 - \sin^2(\gamma_N + b) \sin^2 \omega)}} \quad (11.14)$$

або приблизно $h = 0,5D(\sin(\gamma_N + b) \cos \omega)$, (11.15)

де D - діаметр фрези, мм

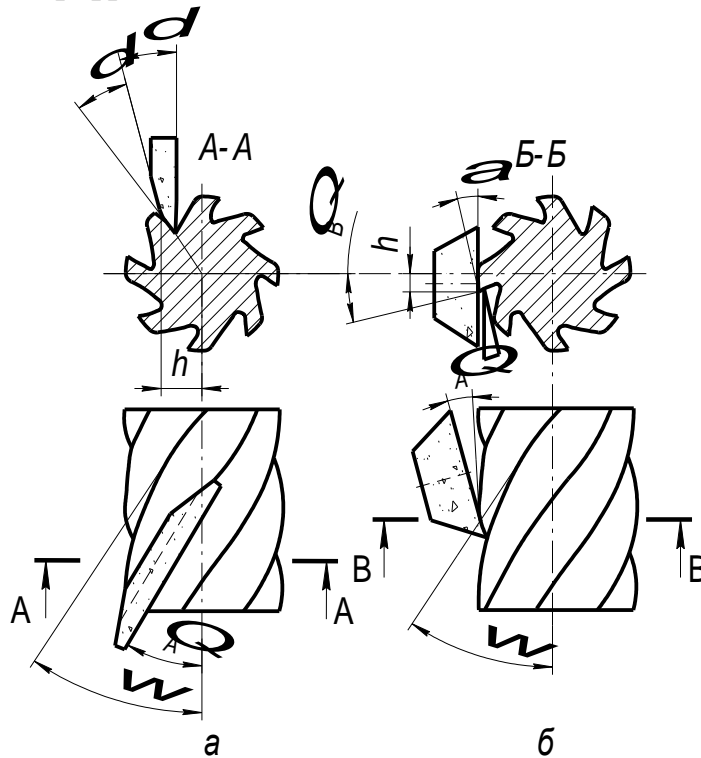


Рис. 11.7 Схеми заточування гвинтових зубів фрези по передній (а) і задній (б) поверхнях.

Передню поверхню гвинтового зуба заточують поздовжнім переміщенням стола, притискуючи фрезу рукою до шліфувального круга.

При заточуванні задньої поверхні гвинтового зуба (рис.11.7,б) шліфувальну головку повертають на кут θ_A , який визначають із залежності :

$$\sin \theta_A = \sin \alpha_N \sin \omega = \sin \alpha g \omega. \quad (11.16)$$

Приблизно $\theta_A = \omega \sin \alpha \approx 0,2 \omega$. (11.17)

Фрезу повертають навколо своєї осі на кут $\theta = \alpha$, або зміщують упорку на $h = 0,5 D \sin \alpha$, де α - задній кут в торцьовому перерізі: $\text{tg} \alpha \approx \text{tg} \alpha_N \cos \omega$.

Заточуваний зуб фрези вручну притискають до упорки, встановленої на шліфувальній головці перед робочою поверхнею шліфувального круга біля місця його контакту із зубом фрези. Внаслідок цього з поздовжнім переміщенням стола відбувається поворот фрези навколо своєї осі.

Налагодження верстата спрощується при повороті шліфувального шпинделя у вертикальній площині. Кути повороту шліфувального круга в вертикальній і горизонтальній площинах, відповідно дорівнюють: $\text{tg} \alpha \approx \text{tg} \alpha_N \cdot \cos \omega$; $\theta_B = \alpha_N \cos \omega$.

Передні і задні поверхні торцьового зуба фрез заточують у малій універсальній головці з використанням упорки чи ділильного диска.

5.1 Заточування різців.

1. Освоїти будову універсально-заточувального верстата, пристроїв для заточування і роботу на ньому.
2. В залежності від матеріалу різальної частини різця підібрати вид і марку заточувального круга і режим шліфування.
3. Визначити кути встановлення прохідного різця для заточування в триповоротних лещатах відповідно до заданих кутів.
4. Закріпити різець в лещатах відповідно рис. 11.2 і встановити по шкалі А значення кута λ_p , по шкалі Б - γ_p , а по шкалі В - φ_p .
5. Заточити різець по передній поверхні.
6. Встановити в лещата різець відповідно рис. 11.2, б, по шкалі А величину кута φ_p , а по шкалі В - кута α_p .
7. Заточити різець по головній задній поверхні.
8. Аналогічно головній задній поверхні заточити допоміжну задню поверхню.
9. Перевірити кути заточеного різця настільним кутоміром або шаблонами. Лупою перевірити наявність тріщин на поверхні.

5.2 Заточування свердла по двох площинах.

1. Вибрати форму і марку абразивного круга і режим шліфування для заточування свердла.
2. Для заданих параметрів свердла D , d , 2φ , α і ψ розрахувати кути встановлення універсально-заточувальної головки.

3. Закріпити малу універсально-заточувальну головку на верстаті і встановити в ній свердло так, щоб головна різальна кромка була горизонтальна.

4. Вставити шліфувальний круг і так щоб їх осі були в горизонтальній площині.

5. Встановити по шкалах А, Б і В розрахункові кути для заточування головної задньої площини $A\alpha_1$.

6. Прошліфувати площини $A\alpha_1$, обох лез свердла по чергово. Шліфувати приблизно до середини довжини перемички.

7. Встановити по шкалах А, Б і В розрахункові кути для заточування затилкової задньої поверхні $A\alpha_2$.

8. Прошліфувати площини $A\alpha_2$ обох лез свердла по чергово до середини перемички.

5.3 Заточування зенкера з гвинтовим зубом і розвертки.

1. Вибрати форму, марку круга і режим шліфування в залежності від матеріалу зенкера.

2. Встановити хвостовий зенкер в універсальну заточувальну головку. Насадний зенкер ставиться на оправку.

3. Повернути головку відносно осі А на кут φ , а відносно осі Б на кут α забірної частини.

4. Прошліфувати торцем круга задню поверхню одного зуба забірної частини зенкера.

5. Повернути зенкер на наступний зуб відносно осі В на кут $\theta_B = 360/Z$;

(Z - число зубів зенкера) і прошліфувати другий зуб. Аналогічно заточити задні поверхні забірної частини всіх зубів.

6. Закріпити зенкер в центрах на універсально-заточувальному верстаті так, щоб вісь центрів була паралельною напрямку поздовжньої подачі стола.

7. Закріпити упорку на заточувальній головці так, щоб її опорне лезо складало з віссю інструменту кут ω і торкалось передньої поверхні заточуваного зуба якомога ближче до різальної кромки калібруючої частини (не даліше 0,5 мм).

8. Вершину зуба встановити з допомогою упорки залежно від заточування торцем чи периферією шліфувального круга.

9. Даючи поздовжню подачу, притискувати зенкер передньою поверхнею леза до упорки і прошліфувати задню поверхню калібруючої частини зуба.

10. Повернути зенкер дотиканням наступного зуба до упорки і прошліфувати його. Так заточити всі зуби на калібруючій частині.

11. Заточування зубів розвертки здійснюється аналогічно.

5.4 Заточування торцьової фрези з вставними зубами.

1. Підібрати шліфувальний круг і режим шліфування.
2. Фрезу встановити в універсальній заточувальній головці так, щоб вершина одного зуба була в горизонтальній осьовій площині фрези.
3. Повернути головку відносно осей А, Б, В на кути відповідно з розрахунками для головної задньої поверхні.
4. Торцьом круга прошліфувати головну задню поверхню зуба до зняття слідів зношування.
5. Повертаючи відносно осі В по упорці, або на кут $\theta_B = 360/Z$; (Z - число зубів фрези) прошліфувати головні задні поверхні всіх зубів.
6. Аналогічно заточити допоміжні задні поверхні зубів фрези і вершини зубів.

5.5 Заточування циліндричної фрези.

1. Вибрати марку чашкового конічного круга, режим шліфування і закріпити круг на шпинделі шліфувальної бабки.
2. Встановити упор на основу шліфувальної бабки перед торцьом круга по центру шпинделя.
3. Закріпити фрезу на оправці.
4. Встановити на столі верстата центрові бабки і закріпити в їх центрах оправку з фрезою.
5. Шліфувальну головку з упоркою змістити нижче осі фрези на висоту h (рис. 11.7,б). При заточуванні задньої поверхні гвинтового зуба повернути шліфувальну голову на кут θ_A .
6. Фрезу повернути навколо своєї осі на кут $\theta = \alpha$, або до дотикання передньої поверхні зуба з упоркою.
7. Притискуючи рукою зуб фрези до упорки, забезпечити вручну поздовжню подачу стола і заточити задню поверхню одного зуба.
8. Повертаючи фрезу навколо осі на кожен зуб, заточити задні поверхні всіх зубів. При необхідності, після заточування всіх зубів, дати поперечну подачу (0,02 мм) і заточування всіх зубів повторити.
9. Для заточування передньої поверхні зуба (при необхідності) повернути шліфувальну головку на кут θ_A для заточування передньої поверхні зуба конічною поверхнею круга.
10. Торець круга змістити (в горизонтальній площині) відносно осі фрези на величину h (див. рис. 11.7,а).

11. Прощліфувати передню поверхню одного зуба при поздовжньому переміщенні стола, притискаючи фрезу рукою до шліфувального круга.

12. Прощліфувати аналогічно передні поверхні всіх зубів. Заміряти кути лез заточених інструментів. Вказати розрахункове і дійсне значення кутів.

Зміст

Вступ	3
Вимоги техніки безпеки при виконанні практичних занять	3
1. Абразивні інструменти	5
1.1 Суть і призначення процесу шліфування	5
1.2. Абразивний інструмент, його характеристика	6
1.3. Абразивні матеріали	12
1.4. Зернистість	15
1.4.1. Індекс зернистості	16
1.5. Алмазні порошки	16
1.6. Зв'язка абразивних інструментів	17
1.7. Твердість абразивного інструменту	19
1.8. Структура абразивного інструменту	19
1.9. Маркування абразивних інструментів	20
1.10. Вибір, правка, випробування абразивних кругів	21
1.10.1. Вибір абразивних кругів	21
1.10.2. Правка абразивного інструменту	23
1.10.3. Балансування абразивних кругів	24
1.10.4. Випробування абразивних кругів.....	25
2. Види шліфування	26
2.1. Елементи режиму різання при шліфуванні	28
3. Шліфувальні верстати	28
3.1. Рухи в шліфувальних верстатах	29
3.2. Круглошліфувальні верстати	30
3.3. Внутрішньошліфувальні верстати	33
3.4. Плоскошліфувальні верстати	33
4. Фінішні методи абразивної обробки	34
5. Заточування різальних інструментів.....	37
5.1. Заточування різців.....	52
5.2. Заточування свердла по двох площинах.....	52
5.3. Заточування зенкера з гвинтовим зубом і розвертки.....	53
5.4. Заточування торцевої фрези.....	54
Зміст.....	56