

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ  
ІНСТРУМЕНТІВ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ РІЗАЛЬНОГО  
ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ  
ФОРМ НАВЧАННЯ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ  
ІНСТРУМЕНТІВ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ РІЗАЛЬНОГО  
ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ  
ФОРМ НАВЧАННЯ

Затверджено на засіданні кафедри  
хімічного машинобудування.  
Протокол №10 від 17.06.2011

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Обладнання для заточування різальних інструментів» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання / Укл.: Кіжаєв С.О, Стовпник О.В. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 13 с.

Укладачі: С.О. Кіжаєв, канд. техн. наук  
О.В. Стовпник, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск В.І. Ситар, канд. техн. наук

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Обладнання для заточування різальних інструментів» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання

Укладачі: КІЖАЄВ Сергій Олексійович  
СТОВПНИК Олександр Володимирович

Редактор Л.М. Тонкошкур  
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 11.06.11. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов.-друк. арк. 0,88. Облік.-вид. арк. 0,96. Тираж 150 прим. Зам. № 64. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

---

УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ – 5, просп. Гагаріна, 8.

*Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру*

# ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

## *Мета і задачі лабораторної роботи*

Ознайомитися з основними характеристиками і устроєм точильно-шліфувального верстата 332 та універсально-заточного верстата 3Е642Е.

Після виконання лабораторної роботи студент повинен

*знати:* устрій та послідовність налагодження заточувальних верстатів у залежності від завдання для заточування різальних інструментів;

*уміти:* налагодити заточувальний верстат і заточити різальний інструмент, проконтролювати його геометричні параметри.

## *Загальні відомості*

Різальний інструмент заточується на спеціалізованих та універсальних верстатах. До спеціальних відносяться верстати призначені для заточування виключно одного виду різального інструменту: свердел, різців, черв'ячних фрез та інших. На універсальних верстатах можна заточувати різні види різального інструмента.

Спеціалізовані заточувальні верстати високопродуктивні та забезпечують більш точне оброблення.

В даній лабораторній роботі розглядаються устрій та принцип дії двох верстатів: точильно-шліфувального 332 та універсально-заточувального верстата 3Е642Е.

## *Устрій точильно-шліфувального верстата 332*

Точильно-шліфувальні верстати (точила) – найбільш поширені звичайні заточувальні верстати, які застосовуються для заточування інструмента вручну, а також для чищення деталей або ручного шліфування.

Точильно-шліфувальний верстат забезпечує виконання наступних робіт:

- 1) заточку різців висотою до 100мм, як зі швидкорізальної сталі, так і оснащених пластинками твердого сплаву;
- 2) заточку свердел діаметром від 6 до 50мм;
- 3) шліфування й полірування деталей;
- 4) заточку слюсарного інструменту.

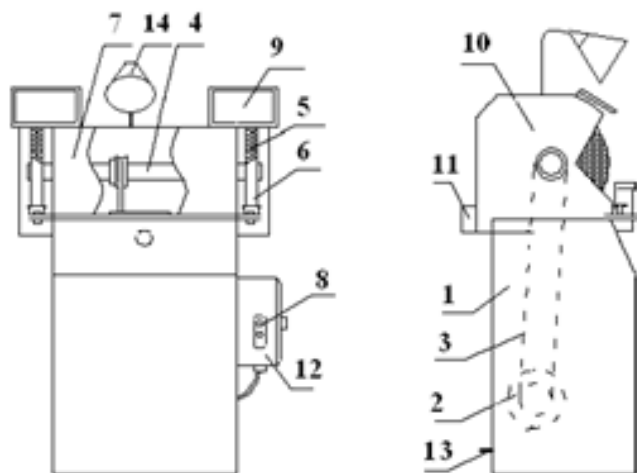
Точильно-шліфувальний верстат (рис. 1) складається з станини, головки, кріплення прямого плоского круга (ПП), кріплення плоского з виточкою кола (ПВ), лівого і правого кожуха, екрану, поворотного столика.

Станина представляє собою чавунну вилівок, до верхньої її площині кріпиться за допомогою шпильок головка, а до бічних - кронштейни для установки підручника і поворотного столика.

Основною частиною верстата є головка, що представляє собою двошвидкісний електродвигун, вал якого є шпинделем верстата. Для кріплення захисних кожухів і пристосування для стрічкової шліфування на кришках головки є цапфи.

Загальний вид верстата, його основні вузли та деталі, що входять в комплект поставки, показані на малюнку.

Верстат складається із зварної станини (поз. 1), на яку встановлені електрошafa 12, кожухи шліфувальних кругів 10, захисне огороження вала 7. Всередині станини встановлено електродвигун 2, на валу якого посаджений шків, через який за допомогою клинових ременів передається обертаючий момент на шків вала 4. Шків вала 4 шліфувальних кругів жорстко кріпляться на валу за допомогою шпонки і гайки, маточини шліфувальних кругів також за допомогою шпонки і гайки. Кожух шліфувального круга являє собою окремий збірний вузол, який має знімну бічну стінку для заміни шліфувальних кругів. У нижній частині кожного кожуха є патрубок для підключення витяжної вентиляції та відводу абразиву. Решта конструктивні частини верстата точно-шліфувального показані на малюнку.



1 - зварний корпус, 2 - електродвигун, 3 - клиноременная передача, 4 - вал, 5 - шліфувальні круги, 6 - підручник, 7 - захисну огорожу вала, 8 - кнопки «Пуск» і «Стоп», 9 - захисний екран, 10 - кожух шліфувального круга, 11 - патрубок, 12 - шафа управління, 13 - болт заземлення верстата точно-шліфувального, 14 - світильник.

Рисунок 1 – Загальний вигляд точно-шліфувального верстата 332.

Робота верстата точильно-шліфувального здійснюється наступним чином: обертаючий момент від електродвигуна 2 клиноремінною передачею 3 передається на вал 4. На кінцях валу закріплені шліфувальні круги 5, які є робочими органами верстата.

На знов встановлений точильно-шліфувальний верстат слід завести журнал обліку технічних оглядів і технічних ремонтів, в якому мають бути вказані дати проведення кожного технічного огляду і ремонтів, П.І.Б. осіб які проводили ТО і ТР з їх розписами,

### ***Устрій універсально-заточувального верстата 3Е642Е.***

Верстат 3Е642Е (рис. 2) універсально-заточувальний механізований призначений для заточування і доведення основних видів різального інструменту з інструментальної сталі, твердого сплаву і мінералокераміки абразивними та алмазними колами і колами з ельбору.

Верстат пристосований також для круглого (зовнішнього і внутрішнього) і плоского шліфування.

Верстат може бути використаний в умовах заточувальних відділень машинобудівних заводів при виготовленні, заточенні й переточуванні металорізального інструменту.

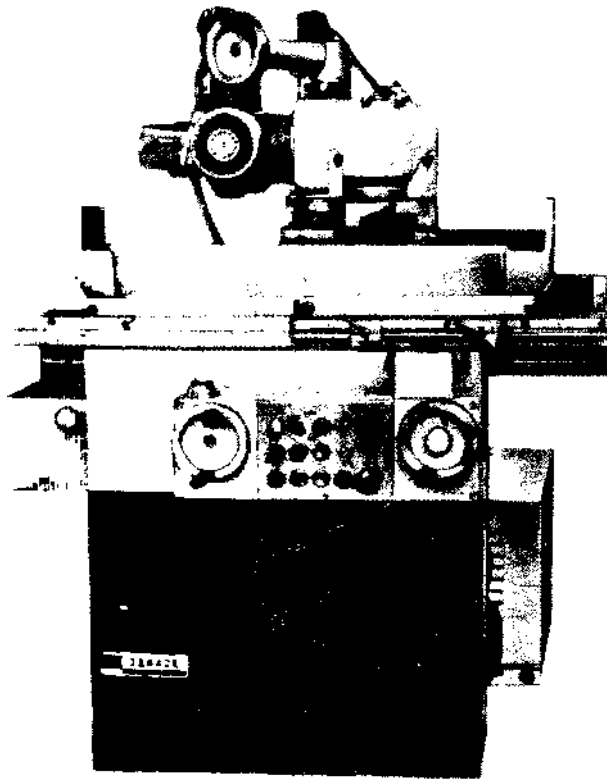
Клас точності верстата - II за ГОСТ 8-77.

На рис. 3 та 4 наведено розташування основних елементів верстата.

Універсально-заточувальний верстат моделі 3Е642Е складається з вузлів станини, колонки, шліфувальної головки, супорта і комплекту пристосувань. Станина являє собою чавунну вилітку коробчатої форми, до якої кріплять інші вузли верстата.

На верхній площині станини закріплюється горловина 20, усередині якої переміщається циліндрична гільза 16.

Для підйому і опускання колони необхідно повернути маховичок 2. Рух через черв'ячну пару передається на зубчасте колесо і рейку 17, закріплену на гільзі 16. Ціна поділки лімба вертикальної подачі - 0,02 мм. Рейка виконує також роль шпонки, попереджаючи поворот гільзи в горловині. Усередині гільзи 16 розташовується колонка 15 до якої кріпляться зверху корпус шліфувальної головки 6 і знизу кронштейн з електродвигуном 13 і проміжним валом 14. Колонка, всередині якої проходить ремінна передача, разом зі шліфувальною головкою і електродвигуном може повертатися в гільзі на 270° і закріплюватися в потрібному положенні.



*Рисунок 2 – Загальний вигляд верстата*

Шліфувальна головка складається з корпусу, стаканів з радіально-упорними підшипниками і шпинделем. З одного боку корпусу по всій його довжині є розріз, завдяки якому забезпечується зручне закріплення або звільнення стаканів. При зміні пасу стаканів зі шпинделем виймають з корпусу. На кожному кінці шпинделя є внутрішній конус і гайка для заточування і виштовхування оправки зі шліфувальним кругом.

Супорт верстата складається з поперечних напрямних 12 і поздовжнього столу з поворотною частиною 4. Напрявні за допомогою маховичка 11, 3 і гвинтової пари 18, 19 переміщуються по площині і призматичній поперечній напрямній станини. Стіл переміщується по поперечним напрямним коченням, виконаних у вигляді роликів ланцюгів.

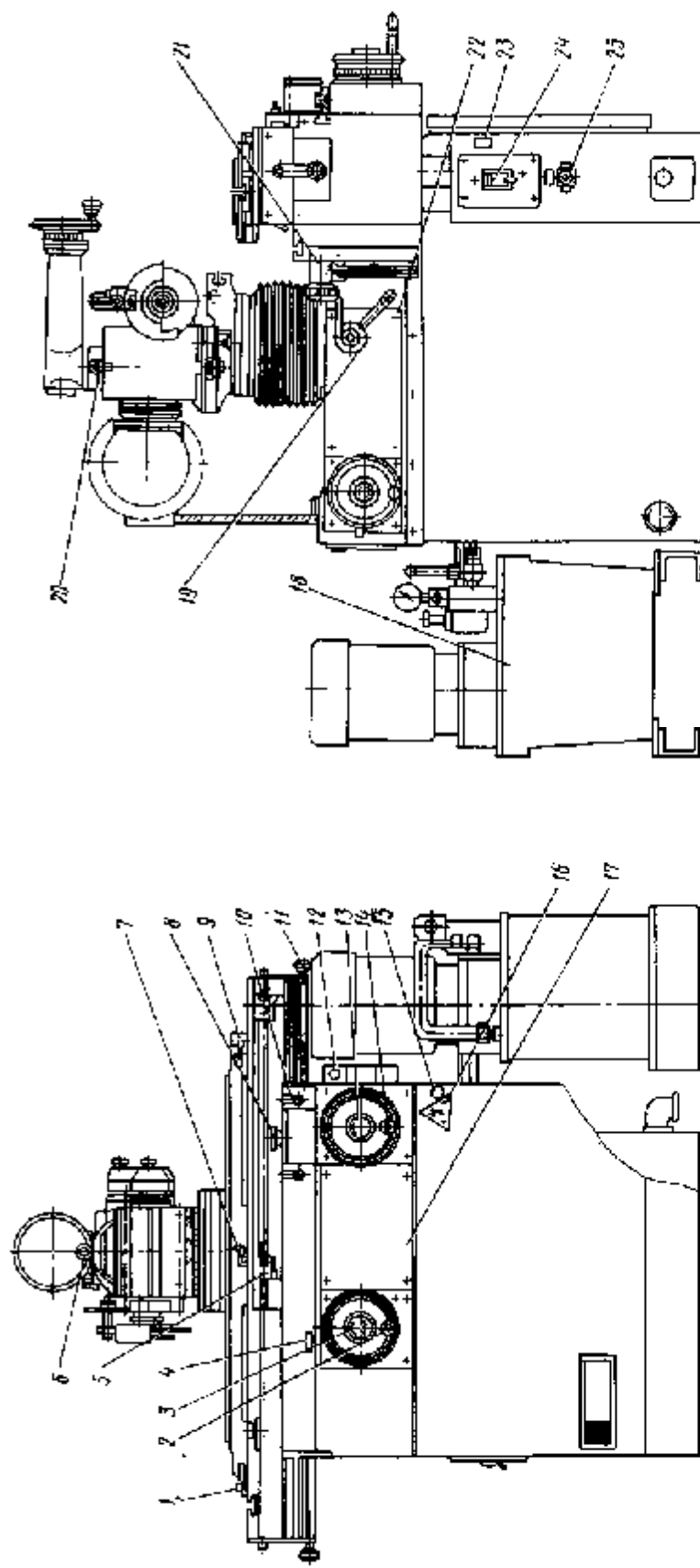


Рисунок 3 - Розташування органів керування верстатом

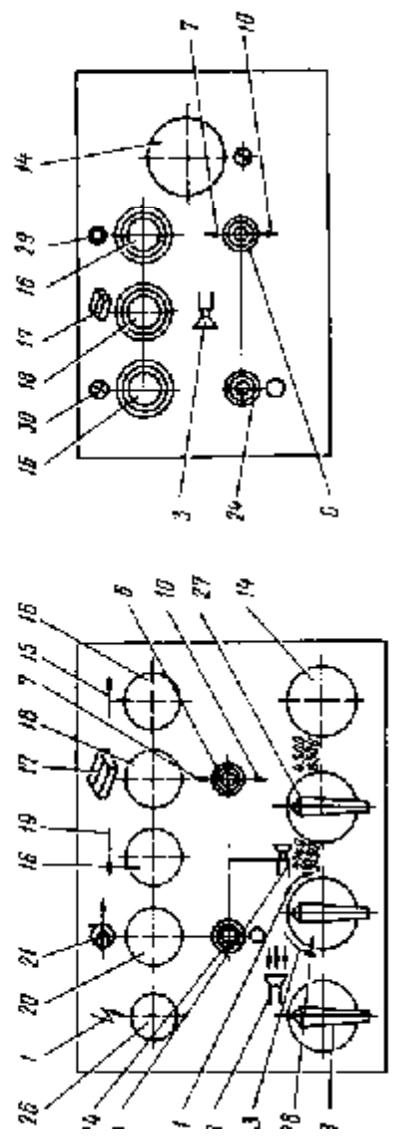
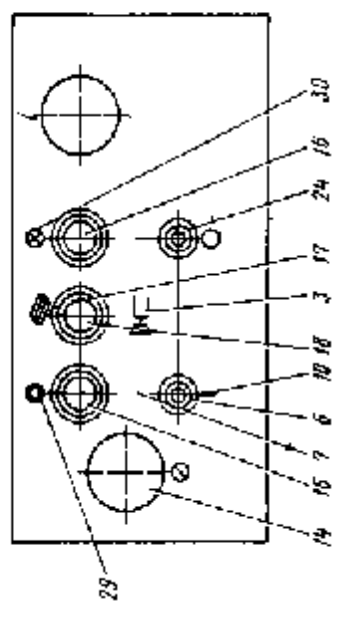


Рисунок 4 - Щити керування





Для швидкого ручного поздовжнього переміщення стола служить маховичок 2, насаджений на валик, що несе рейкове колесо 23. При осьовому поєднанні маховичка з валиком колесо входить у зачеплення з рейкою 22, прикріпленою знизу до столу 8. Обертання маховичка перетворюється в поступальний рух столу. Повільне ручне переміщення столу здійснюють рукояткою 10 планетарного механізму, який включається в роботу за допомогою висувного валика з кнопкою 9. Рейка 29, використовується також для підтримки прямолінійного руху стола: бічна сторона рейки притискається до нерухомих роликів 21 за допомогою рухомих пружних роликів 25.

Пристосування встановлюють на верхню площину поворотної частини столу, по всій довжині якого проходить Т-подібний паз для установки кріпильних болтів. Верхня частина столу має наближений поворот по лімбу на кут  $\pm 60^\circ$  і точний поворот за шкалою на кут  $\pm 3^\circ$ .

На передній стінці столу в пазу переміщуються упори, які обмежують поздовжній хід столу при підході до жорсткого круглого фіксатора, закріпленому в поперечних напрямках. Упори зроблені двобічними з одним жорстким і одним підпружиненим пальцями. Їх легко змінювати в залежності від умов обробки. При замочку на прохід працюють з підпружиненим «м'яким упором», так як він здійснює реверс столу. Жорсткі упори необхідні для точної зупинки стола.

Шліфувальний шпіндель отримує обертання від електродвигуна 13 через клинопасову передачу на проміжний вал 14. Використання двошвидкісного електродвигуна і двоступеневих шківів дозволяє отримати чотири числа обертів шліфувального шпинделя від 2240 до 6300 об / хв.

Маховички поперечних подач служать для переміщення верхніх санчат з точністю до 0,01 мм, а черв'як тонкої поперечної подачі 26 дозволяє плавно підводити інструмент до кола. Під час швидкого поперечного переміщення механізм тонкої подачі відключаючи спеціальною кнопкою.

При заточуванні з охолодженням верстат оснащують системою охолодження з баком, що встановлюються поруч з верстатом, насосом продуктивністю 18 л/хв, а також коритом на поворотній частині столу і огорожувальними кожухами. Величина струменя охолоджуючої рідини регулюється краном. Кран з соплом закріплюють в поворотному кронштейні на шліфувальній голівці, що дозволяє направити струмінь рідини в будь-яке місце столу. При роботі без мастила кронштейн з соплом знімають зі шліфувальної головки.

Сучасні верстати мають більш жорстку конструкцію і дозволяють вести обробку з більш високою точністю. Точність, чутливість і плавність поздовжніх і вертикальних подач забезпечується направляючими кочення з пристроями для захисту від пилу. Механізм тонких поперечних подач допускає роботу з подачами до 0,0025 мм. Є дві швидкості вертикального переміщення шліфувальної голівки: швидка і повільна з ціною поділки лімба 0,05 і 0,005 мм відповідно.

Для заточки різних видів інструменту універсально заточувальні верстати оснащуються комплектом пристосувань. В основний комплект універсально-заточувального верстата входять центрові бабки (передня і задня), велика і мала універсальні головки, універсальний упор, лещата триповоротні, пристосування для круглого зовнішнього шліфування та ін. У число пристроїв також можуть входити пристосування для правки абразивних і алмазних кіл, пристосування для заточування свердел, мітчиків, зенкерів, фрезерних головок, черв'ячних фрез, пристосування для фасонної заточування різців і фрез і ін.

Центрові бабки служать для заточки інструментом у центрах: фрез кінцевих по передній і задній поверхні зубів на циліндричній частини, зенкерів і розгортки по передній і задній поверхні на калібрує частини, мітчиків по передній поверхні.

Передня бабка 5 зазвичай розташовується зліва, а задня справа. Передня бабка має наскрізний отвір для установки нерухомого центру, на якому може закріплюватися поводок зі шкалою. Задня бабка 7 має ковзаючу підпружинену піноль з конічним отвором під центр. Для відводу пінолі від інструменту при його заміні є важіль. Обидві бабки встановлюються на верхню площину стола і орієнтується по пазу шпонками.

Універсальні головки застосовуються для заточування торцевих і похилих ріжучих кромок фрез і зенкерів, що закріплюються при заточуванні за хвостовик (консольно).

Велика універсальна головка з ділильні механізмом призначена для виконання найбільш точних робіт. Вона має шпиндель, встановлений на кулькових підшипниках, кутовий кронштейн 2 і підстава 1. Шпиндель має з двох кінців конусні отвори Морзе № 5 і № 3. При налаштуванні корпус головки може повертатися навколо горизонтальній осі на 360°, а разом з кутовим кронштейном навколо вертикальної осі також на 360°.

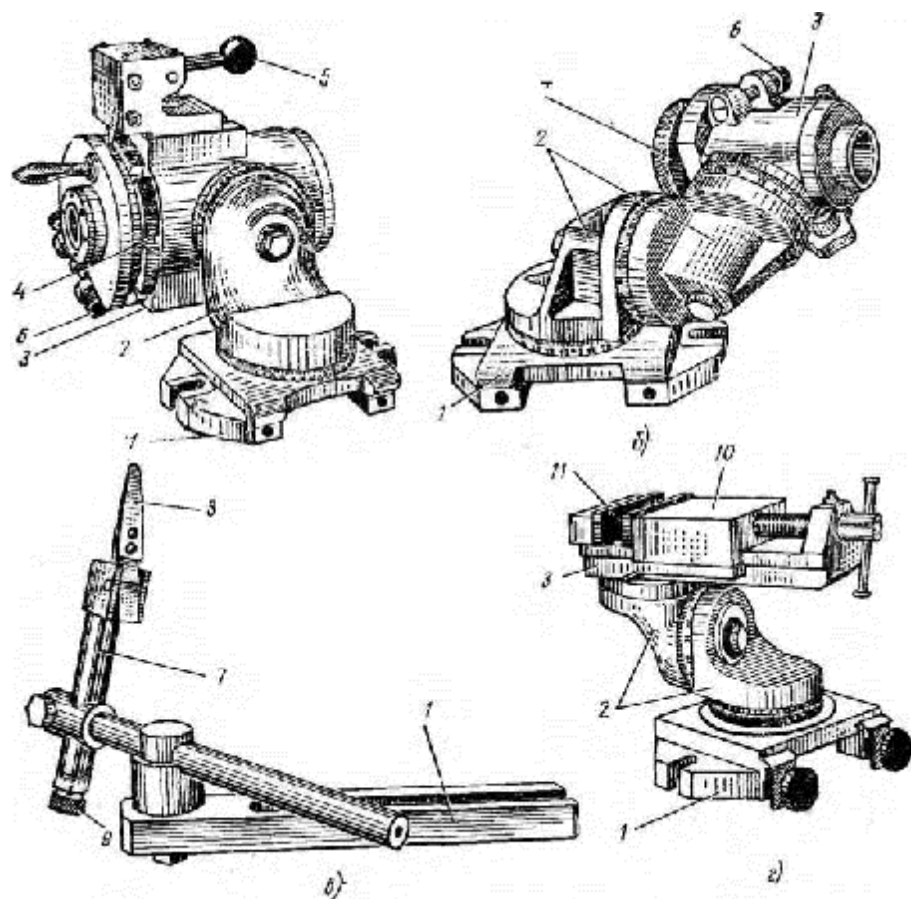


Рисунок 5 - Пристосування до універсально-заточувального верстата.

а - велика універсальна головка, б - мала універсальна головка, в - упор, г - триповоротні лещата; 1 - основа, 2 - кутовий поворотний кронштейн, 3 - корпус, 4 - ділильний диск, 5 - рукоятка фіксатора, 6 - регулювальні гвинти, 7 - державка, 8 - язичок, 9 - гудзик мікроподачі, 10 і 11 - рухома і нерухома губки.

При заточуванні інструменту з точним окружним кроком на верхню площадку корпусу шпинделя встановлюється корпус, фіксатора, а на кінець шпинделя закріплюють ділильний диск 4 з фланцем. Ділильний механізм поставляється з трьома ділильними дисками на 6, 8 і 12 пазів. Для виведення фіксатора з паза диска служить рукоятка 5. Регулювальні гвинти 6 на фланці дозволяють внаслідок повороту інструмента уточнювати його положення щодо шліфувального круга. Для закріплення кінцевого інструмента з циліндричним хвостовиком діаметром від 3 до 20 мм використовують цанговий затиск, що встановлюється в конічний отвір шпинделя.

Велика універсальна головка використовується також як передня бабка для круглошліфувальних робіт. Для цього на горизонтальний майданчик кутового кронштейна закріплюється плита з електродвигуном, що має шків клинопасової передачі. Другий шків встановлюється на шпинділь головки.

Мала універсальна головка відрізняється широкими можливостями і зручністю експлуатації. У малої головки корпус шпинделя пов'язаний з основою не через один, а через два кутових поворотних кронштейна 2. Тому, якщо більша голівка є триповотною (повороти кутового кронштейна, корпусу головки і шпинделя), то мала головка - чотириповортна. На задньому кінці шпинделя розташовується ділильний механізм храпового типу. Дозволяє швидко робити розділення однією рукою при заточуванні багатолезових інструменту.

Багатолезові інструменти, наприклад фрези, при заточуванні задніх поверхонь базуються передньою поверхнею заточується зуба на упорку, що виключає вплив похибки з зовнішнього кроку зубів на биття ріжучих кромek інструменту. Гудзик 9 призначений для точного переміщення упорки вгору і вниз при налаштуванні величини заднього кута.

Різці та інші інструменти з призматичної державкою заточуються в трьохповоротних лещатах, конструкція яких в принципі аналогічна малої голівці із заміною корпусу шпинделя на вузол тісочного затиску. Рухома губка 10 переміщається по напрямних поворотного корпусу 3, за допомогою гвинта і притискає закріплюється деталь до нерухомої губці 11.

#### **4. Устаткування, пристосування, інструмент.**

- 1 – Заточувальні верстати.
- 2 - Комплект ключів.
- 3 - Заготовки, що підлягають обробці.
- 4 - Вимірювальний інструмент.
- 5 - Приналежності.

#### **5. Зміст звіту.**

- 1. Короткі відомості про пристрій і основні характеристики заточувальних верстатів.
- 2. Порядок настроювання верстата на заточування інструмента.
- 3. Схеми налагоджувань.

#### **6. Список літератури**

- 1. Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
- 2. Заточка режущего инструмента / С.А. Попов, Л.Г. Дибнер, А.С. Каменкович –М.: Высш. шк., 1970. – 320 с.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «МАРКУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА  
РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ  
ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ**

**Дніпропетровськ ДВНЗ УДХТУ 2012**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «МАРКУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА  
РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ РІЗАЛЬНОГО  
ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ  
ФОРМ НАВЧАННЯ

Затверджено на засіданні кафедри  
хімічного машинобудування.  
Протокол №10 від 17.06.2011

Дніпропетровськ ДВНЗ УДХТУ 2012

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Маркування інструментальних матеріалів та різальних інструментів» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання / Укл.: Стовпник О.В., Кіжаєв С.О. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 20 с.

Укладачі: О.В. Стовпник, канд. техн. наук  
С.О. Кіжаєв, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск В.І. Ситар, канд. техн. наук

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Маркування інструментальних матеріалів та різальних інструментів» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання

Укладачі: СТОВПНИК Олександр Володимирович  
КІЖАЄВ Сергій Олексійович

Редактор Л.М. Тонкошкур  
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 11.06.11. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов.-друк. арк. 0,88. Облік.-вид. арк. 0,96. Тираж 150 прим. Зам. № 64. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

---

УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ – 5, просп. Гагаріна, 8.

---

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

## Лабораторна робота

### МАРКУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Мета роботи: Практично засвоїти принципи маркування основних типів різальних інструментальних матеріалів, їх властивості. Навчитися правильно вибирати різальний інструмент для обробки заданого матеріалу.

#### Теоретичні положення

Оптимальний вибір різального інструменту на кожній стадії технологічного процесу створює більш ефективні умови виробництва, дозволяє зменшити технологічний час обробки і собівартість виробів та поліпшити їх якість.

Використовують заданий тип різального інструмента в залежності від матеріалу, який обробляють, та виду обробки. Інструмент може бути виготовлений з суцільного матеріалу (протяжки, довбачі, фрези, свердла), чи у формі змінних пластинок твердого сплаву (різці, свердла, фрези).

Здійснюючи безперервне зрізання та деформування шару матеріалу заготовки в процесі обробки, робоча частина різальних інструментів при роботі піддається зношуванню, тепловим впливам і силовим навантаженням. Придатність інструментальних матеріалів до таких важких умов роботи визначається рядом їх властивостей, таких як: ***різальна здатність, твердість, теплостійкість, механічна міцність, зносостійкість***. Велике значення мають також при виготовленні самого інструменту його ***технологічність і вартість***.

Вклинювання інструментального матеріалу в заготовку конструкційного можливо лише при умові його *значно більшої твердості*. Найбільш високу твердість мають такі різальні матеріали як алмаз і кубічний нітрид бору (див. табл.1), а тверді сплави та мінералокераміка значно твердіші ніж загартовані інструментальні сталі.

Однак під впливом високої температури при різанні твердість багатьох матеріалів знижується і, зокрема, твердість інструмента може виявитися недостатньою для здійснення різання.

Властивість матеріалу зберігати необхідну твердість при високій температурі називається *теплостійкістю (червоностійкістю)*, яка характеризується критичною температурою. Інструмент при температурі вище критичної ефективно працювати не буде (див. табл. 1). Очевидно, що ця температура визначає *допустиму швидкість різання*.

Важливість *механічної міцності* для інструментальних матеріалів



обумовлена особливістю навантаження різальних зубів: консольним розташуванням (закріпленням) зуба, можливістю ударних навантажень, роботою різальних елементів на вигинання, розтягування і стискання. Тому *межі міцності на вигин та стиск і ударна в'язкість* є основними показниками міцності інструментальних матеріалів.

Таблиця 1. Властивості інструментальних матеріалів

| Матеріал                | Марка        | Мікро-<br>твердість,<br>МПа | Теплостій-<br>кість, °С | Межа<br>міцності,<br>МПа |                      | Ударна<br>в'язкість,<br>Дж/м <sup>2</sup> ·10 <sup>-6</sup> | Коефіцієнт<br>відносної<br>швидкості<br>різання |
|-------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                         |              |                             |                         | на<br>згин               | на<br>стисне-<br>ння |                                                             |                                                 |
| Тверді сплави           | T15K6<br>BK8 | 27500-<br>15700             | 850-900                 | 1130<br>1570             | 3900<br>4410         | 2,94-5,88                                                   | 4,3                                             |
| Швидкоріжуча<br>сталь   | P18          | 13200                       | 600                     | 3530                     | 3530                 | 9,81                                                        | 1,0                                             |
| Мінералокераміка        | ЦМ332        | 22500                       | 1200                    | 390                      | 1470                 | 0,98                                                        | 5,0-7,0                                         |
| Кубічний нітрид<br>бора | Ельбор       | 90700                       | 1300                    | 785                      | --                   | --                                                          | 6,0-8,0                                         |
| Легована сталь          | ХВГ          | 11800                       | 230                     | 3430                     | 3430                 | 9,81                                                        | 0,6                                             |
| Вуглецева сталь         | У10Л         | 12800                       | 220                     | 2940                     | 2940                 | 9,81                                                        | 0,4                                             |
| Алмази                  | А            | 98700                       | 700                     | 290                      | 1960                 | --                                                          | 1,5                                             |

Здатність протистояти *зношуванню при терті* також є важливою властивістю матеріалу інструмента, тому що при роботі він піддається стиранню в місцях контакту із заготовкою. *Зносостійкість* характеризується роботою тертя, віднесеною до величини стертої маси матеріалу.

*Технологічність*, тобто ступінь відповідності технології обробки тиском, термічній, механічній та ін., є властивістю інструментального матеріалу, яка визначає можливість використання його в конструкції різального інструменту. Так, матеріали, які погано шліфуються, будуть незручні при виготовленні і переточуванні інструменту, а занадто вузький температурний інтервал нагрівання матеріалу при термообробці може призвести до браку. Технологічність матеріалу може оцінюватися і такими його властивостями, як зварюваність, здатність до паяння та ін.

Технологічно важливим на стадіях виготовлення і відновлення різального інструменту є його здатність до обробки в *холодному і гарячому* стані, яка залежить від: хімічного складу, твердості, механічних властивостей (міцності, в'язкості, пластичності), мікроструктури і розмірів зерна,

теплопровідності.

Здатність до обробки у гарячому стані важлива для операцій ковки, штамповки, профільної прокатки, зварювання та ін. В холодному стані – особливо важлива для таких остаточних операцій як нарізання різі, затилування, зубоутворення, шліфувальні операції, пов'язані з формуванням профілюючих елементів інструменту.

Зрозуміло, що матеріал різальних інструментів не повинен складатися лише з дорогих і дефіцитних елементів, оскільки це буде позначатися на його вартості і зужувати можливості застосування.

Тому для виготовлення державок різців, твердосплавних ножів, корпусів фрез збірних конструкцій, корпусів свердел, зенкерів і розверток, які оснащені твердим сплавом використовують *конструкційні сталі* (40, 45, 50, 40X, 45X, 45XH та ін.). В більшості випадків конструкційні сталі піддають термообробці з метою підвищення твердості (HRC 35-45) та зносостійкості. Для корпусів твердосплавних свердел, зенкерів, і розверток також використовують *інструментальні і леговані сталі* (У7А, У8А, 9ХС та ін.).

### ***Інструментальні сталі для робочої частини інструментів***

До інструментальної сталі пред'являють особливі вимоги, з яких найбільше значення мають:

- *твердість* різальної частини інструменту повинна бути вище твердості матеріалу, який обробляється в 2-3 рази, щоб подолати опір матеріалу заготовки сколюванню елементів стружки;
- *міцність* повинна бути високою, щоб інструмент не ламався від тиску шарів металу, який зрізується;
- *в'язкість*, повинна бути високою, щоб інструмент не викришувався при ударному навантаженні;

*Інструментальні сталі*, які використовують для виготовлення різального інструменту, в залежності від хімічного складу поділяються на *вуглецеві, леговані і швидкорізальні* (високолеговані).

**Вуглецеві інструментальні сталі** (ГОСТ 1435-74) використовують головним чином для ручних інструментів, які працюють при низьких швидкостях різання: ручні розвертки, напильники, рашпілі, надфілі. Найширше використовують сталі У10А, У12А, які після нормальної термообробки (гартування та відпуск) мають твердість HRC 61-65.

Буква **У** вказує на те, що сталь вуглецева, цифри – вміст вуглецю в десятих %, буква **А** в кінці марки свідчить, що сталь високоякісна з меншим вмістом шкідливих елементів **С** і **Р**.

Ці сталі досить технологічні і недорогі, але мають низьку теплостійкість і витримують температуру нагріву лише до 200-250°C, тому місцевий перегрів і поява “припалів” при заточці робить інструмент

непридатним до роботи.

Із збільшенням кількості вуглецю сталі краще гартуються, зростає їх твердість і тривкість проти зношування, але знижується пластичність.

Марганець (**Mn**) надає сталі такі ж властивості, як і вуглець, а також очищає її від сірки і робить метал більш щільним, але його вміст обмежують (не більше 0,4%), тому що стимулюючи ріст зерна при гартуванні, він спричиняє утворення тріщин.

У складі цих сталей є ще кремній (**Si**), хром (**Cr**), нікель (**Ni**).

Хром і нікель в комбінації з вуглецем і марганцем дещо покращують сталь, але не мають великого значення.

Кремній підвищує пружність сталі, її твердість, стійкість проти корозії, але знижує пластичність, тому його у сталі не більше 0,35%.

Згідно з міжнародними нормами **ISO4957** вуглецеві інструментальні сталі позначаються **WS**.

**Леговані інструментальні сталі** (ГОСТ5950-73) мають більш високі різальні властивості за рахунок легуючих елементів. Вони містять до 1% вуглецю і додатково леговані вольфрамом (**W**), хромом (**Cr**), ванадієм (**V**) і іншими елементами (до 6%) які підвищують теплостійкість сталі до 300°C.

Найбільшого розповсюдження набули сталі 9ХС, ХВГ, Х6ВФ, 9ХФМ, 7ХНМФБ, 8Н1А, 6ХС, 9Х5ВФ, Х12, Х12Ф і інші. Використовуються вони для виготовлення інструменту, який працює при невисоких швидкостях різання (до 20 м/хв) – це мітчики, плашки, прошивки, протяжки, штампи, деревообробний інструмент. Ці сталі непогано обробляються, відносно недорогі і після термообробки мають твердість HRC 62-64.

Низьколеговані сталі мають міжнародне позначення згідно ISO4957 **SP** (Special alloy tool steel). Високолеговані сталі позначаються **HP** (High alloy tool steel) і містять більше 5% легуючих елементів, до 2% вуглецю і до 12% хрому і відповідають нашим Х12 і Х12Ф.

На початку ХХ століття були розроблені **швидкорізальні сталі**, але тоді використанню їх переваг заважав низький технічний рівень верстатного парку, на якому почали використовувати такий інструмент. Необхідно було повністю замінити парк тихохідних малопотужних верстатів новими більш потужними і швидкохідними ( $p=1000-1500$  об/хв і  $N=6-8$  кВт). Це був перший поштовх у розвитку сучасної технології механічної обробки деталей машин, викликаний появою більш досконалого інструменту.

**Швидкорізальні сталі** (ГОСТ19265-73) відносяться до сталей спеціального призначення і мають найбільшу питому вагу серед інструментальних матеріалів. Їх використовують головним чином для виготовлення металорізального інструменту (до 60% всіх лезових інструментів), а також – тяжко навантажених штамів холодного

видавлювання та деталей, які працюють при нагріві (підшипники кочення, елементи паливної апаратури). Ці сталі більш теплостійкі у порівнянні з вуглецевими і легованими, тому можуть працювати при більших швидкостях різання (45-60 м/хв). Найважливішим легуючим елементом, який входить в склад цих сталей, є вольфрам (6-18%), крім того хром, молібден, кобальт, ванадій. Вміст шкідливих домішок сірки та фосфору, які збільшують крихкість сталі (сірка надає червоноломкість, а фосфор – холодноломкість) обмежують відповідно до 0,015% і 0,03%.

Їх високі різальні властивості (твердість HRC 62-69, теплостійкість 615-640°C і міцність на згин 2,5-4,0 ГПа) забезпечує спеціальна термообробка: гартування при температурі 1240-1280°C з наступним потрійним високим (550-650°C) відпуском для зменшення кількості залишкового аустеніту.

Швидкорізальні сталі в залежності від теплостійкості ділять на сталі *нормальної, підвищеної і високої теплостійкості*.

Найбільш розповсюджені (до 75-80% від загальної кількості) сталі нормальної теплостійкості (615-620°C) марок P9, P18, P12, P6M5, P6AM5, P8M3, P6M3. Їх використовують для обробки конструкційних матеріалів з  $\sigma_b < 1000$  МПа.

Сталі підвищеної теплостійкості (625-640°C) додатково легують кобальтом і ванадієм. Кобальт значно підвищує теплостійкість і твердість сталі. Це сталі P9K10, P9K5, P9M4K8, P6M5K5, P10K5Ф5, P18Ф2K8M, P12Ф4K5, P12M3Ф2K8. Вони застосовуються для обробки жароміцних сталей, титанових сплавів, нержавіючих сталей, а також конструкційних сталей з  $\sigma_b > 1000$  МПа. Найкраща з них P18Ф2K8M (W - 18%; V - 2%; Co - 8%; Mo - 1%). Вона має твердість H<sub>КС</sub> 67-68 і застосовується для обробки сталей з  $\sigma_b \geq 1600$  МПа. Період стійкості її в 3 рази вищий, ніж у сталей нормальної теплостійкості.

Сталі високої теплостійкості – це сталі з пониженим вмістом вуглецю (0,05-0,15%). Вони мають високу твердість (68-69 H<sub>КС</sub>), теплостійкість (700-730°C), зносостійкість, теплопровідність, при задовільній міцності. Основні легуючі елементи: Co - (16-25%), W - (11-20%), Mo - (4-7%). Їх зміцнення відбувається за рахунок виділення інтерметалідів, а не карбідів, тому вони називаються сталями з інтерметалідним зміцненням. Це сталі B11M7K23; B18M7K25; B14M7K26 вони використовуються для обробки титанових сплавів і нержавіючих сталей. Зносостійкість їх в 30-50 раз вища інструментальної сталі P18.

У зв'язку з дефіцитом вольфраму розроблено безвольфрамову сталь 11M5Ф, яка містить, %: C - 1,1; Mo - 5,5; Cr - 4; V - 1,5 (твердість 62-64 H<sub>КС</sub>, теплостійкість 620°C, міцність на згин 3,4-4,0 ГПа) і використовується для

обробки відпалених вуглецевих або легованих конструкційних сталей і кольорових металів.

Значний вплив на зносостійкість сталі має карбідна неоднорідність. Для інструментів придатні сталі 1; 2 і 3 балів карбідної неоднорідності (всього 14 балів). Досягнути цього складно, особливо при великих розмірах інструменту, тому практикують виготовлення інструментальних сталей методами порошкової металургії. Порошок одержують розпиленням розтопленої інструментальної сталі в струмені нейтрального газу. Пресування ведеться при температурі 1150°C і тиску 9,8 МПа протягом 5-6 годин. Після цього проковують або протягують заготовку. В результаті підвищуються однорідність матеріалу, його в'язкість, зменшуються термічні деформації, карбідна неоднорідність зводиться до мінімуму. Допускається легування кобальтом до 8% і ванадієм до 3%. Випробування показали, що сталі Р6М5К5 і Р9М4К8 мають в 1,2-2 рази вищу зносостійкість. В позначення таких сталей вводяться букви "МП", наприклад Р6М5К5-МП.

Через дефіцит вольфраму для виготовлення дереворізального інструменту використовують безвольфрамову швидкорізальну сталь 8МЗФЗС.

Згідно з міжнародними нормами швидкорізальна сталь, яка має у своєму складі до 12% легуючих компонентів позначається **SS**, а коли більше 12%, то – **HSS**.

Великі успіхи, досягнуті переходом від вуглецевих до швидкорізальних сталей, дали можливість приступити до пошуку нових композицій різних хімічних елементів з допомогою яких можна створити інструментальні матеріали з високими фізико-механічними властивостями. Так були створені попередники нових матеріалів, які відомі зараз як тверді сплави.

### ***Металокерамічні тверді сплави***

**Тверді сплави** (рис. 1) отримують методами порошкової металургії. Основні їх компоненти: карбіди вольфраму (**WC**), титану (**TiC**), танталу (**TaC**), а зв'язуючим служать кобальт (**Co**), нікель (**Ni**) або молібден (**Mo**).

Їх твердість 90-96 HRA, міцність на стиск  $\sigma_{ст}=4-6$  ГПа, але відносно низька міцність на згин  $\sigma_{зг}=0,9-1,6$  ГПа (у швидкорізальній сталі  $\sigma_{зг}=3-3,5$  ГПа). Теплостійкість твердих сплавів різних марок становить 800-1100°C, що дозволяє значно підвищити швидкість різання (до 150-200 м/хв).

В залежності від хімічного складу тверді сплави поділяються на 4 групи: одно-, дво-, трикарбідні і безвольфрамові.

Однокарбідні тверді сплави (ВК) містять **WC** і **Co**. Широко відомі марки ВК3; ВК4; ВК6; ВК8; ВК10; ВК15. Цифрою вказано відсотковий вміст **Co**, а решта – **WC**. Із збільшенням вмісту кобальту зменшується твердість

сплаву і зростає пластичність, тому для чорнової обробки застосовують марки ВК8, ВК10, а для чистової – ВК3, ВК4. Фізико-механічні властивості твердих сплавів залежать від розміру зерен. Вони можуть бути грубозернисті, нормальні, дрібнозернисті і дуже дрібнозернисті (розмір зерен до 0,5 мкм), позначаються вони відповідно, наприклад, ВК6В, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ. Сплав ВК6-ОМ додатково легований до 2% **TaC**.



Рисунок 1 – Різновиди твердосплавних пластин для різальних інструментів

*Однокарбідні* тверді сплави (**ВК**) добре зарекомендували себе при обробці чавунів. Для виготовлення інструменту, який працює з ударним навантаженням (обдирочні операції, переривисте точіння) застосовують грубозернисті тверді сплави (ВК6В). Згідно з нормами ISO однокарбідні у своєму позначенні мають букву **К** (K01, K05, K10, K20, K30, K40) і фарбуються у червоний колір. Маркування ведеться не по хімічному складу, а по механічних (експлуатаційних) властивостях, тому деякі однокарбідні тверді сплави не обов'язково будуть у марці мати букву **К**. В деякій технічній літературі зустрічається позначення **HW**.

*Двохкарбідні* тверді сплави (**ТК**) у своєму складі містять карбід вольфраму (основна складова), карбід титану і кобальт. Широко застосовуються марки Т30К4, Т5К10, Т15К6 (15% TiC; 5%Co, 80%WC). При однаковому вмісті кобальту двохкарбідні тверді сплави мають вищу твердість і крихкість ніж однокарбідні, тому їх використовують для напівчистової і чистової обробки сталі. Згідно з нормами ISO їх маркування починається з букви **Р** (P01, P10, P15, P20, P30, P40) і фарбуються в синій

колір, в деякій літературі вони позначаються **НТ**.

*Трьохкарбідні* тверді сплави (**ТТК**) складаються з карбідів вольфраму, титану, танталу і металічного кобальту. Використовуються марки ТТ7К12 і ТТ20К4, вони характеризуються високою зносостійкістю і експлуатаційною міцністю ( $\sigma_b=1,3-1,6$  МПа), добре витримують ударні навантаження, вібрації і використовуються при струганні і фрезеруванні. Згідно з нормами ISO їх маркування починається з букви **М** (М10, М20, М30, М40), або **НМ**, колір жовтий.

*Безвольфрамові* тверді сплави створені на основі карбіду і карбонітриду титану, карбіду хрому і тугоплавких зв'язок, зокрема кобальт-нікелевої. Ці сплави (КНТ16; ТН20; ТН30; ТМ1; ТМ3; КХН30) характеризуються окислостійкістю, низьким коефіцієнтом тертя, пониженою схильністю до адгезії з оброблюваним матеріалом, але мають низьку теплопровідність і нижчу міцність, яка знижується при підвищенні температури. Їх застосовують для напівчистої і чистої обробки конструкційних низьколегованих сталей і чавунів.

Характеристики деяких марок безвольфрамових твердих сплавів наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристики безвольфрамових твердих сплавів

| Сплав | Масова частка, % |    |    | $\rho$ , т/м <sup>3</sup> | $\sigma$ , МПа | HRA  |
|-------|------------------|----|----|---------------------------|----------------|------|
|       | TiC              | Ni | Mo |                           |                |      |
| ТН-20 | 79               | 15 | 6  | 5,4-5,8                   | 1000           | 89,5 |
| ТН-30 | 69               | 23 | 28 | 5,6-6,0                   | 1100           | 88,5 |
| ТН-50 | 61               | 29 | 10 | 5,7-6,2                   | 1150           | 87,0 |

Інститутом надтвердих матеріалів ім. В.М.Бакуля НАН України розроблені нові тверді сплави (ВН і ВКН), які за своїми властивостями близькі до сплавів ВК з однаковою кількістю зв'язки. Розробка цих інструментальних матеріалів викликана відсутністю в Україні необхідної сировинної бази (кобальту). Дослідження експлуатаційних властивостей ВН6; ВН8; ВН10; ВН15 підтвердило їх добру якість при обробці різанням чавунів, сталей, в буровому і штамповому інструменті. Собівартість сплавів на нікелевій основі на 10-20% нижча ніж сплавів ВК.

Кожна марка твердого сплаву може ефективно застосовуватися лише в конкретних умовах. Рекомендації щодо використання твердих сплавів наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Рекомендації щодо використання різальних інструментів з твердих сплавів

| Марки за ГОСТ 3882-74                                                                              | Матеріал, який обробляється                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T30K4, T15K6, T14K8, TT20K9, T5K10, TT10K8-B, T5K12, TT7K12                                        | Сталь, стальне литво, ковкий чавун зі зливною стружкою                                                            |
| BK5-OM, BK5-M, TT8K6, TT10K6-B, BK10-OM, BK10-M, BK8, TT7K12                                       | Сталь, стальне литво, легований чавун, аустенітні сталі, ковкий чавун, автоматна сталь                            |
| BK3, BK3-M, BK6-OM, BK6-M, TT8K6, BK6, BK4, BK4B, BK8B, BK15                                       | Чавун з кокільним литтям, ковкий чавун з ломаною стружкою, гартована сталь, кольорові метали, пластмаси, деревина |
| В наведених рядах ТС зносостійкість зростає справа наліво, а міцність при згинанні – зліва направо |                                                                                                                   |

Згідно класифікації, розробленої міжнародною організацією зі стандартизації (ISO) тверді сплави поділяю на три групи (табл.4). Сплави групи **Р** призначені для обробки матеріалів, що дають зливну стружку (в основному сталей), сплави групи **М** - для обробки нержавіючих, жароміцних сталей і титанових сплавів. Сплави групи **К** застосовують при обробці малопластичних матеріалів, кольорових сплавів, пластмас, деревини, чавуну.

Таблиця 4. Класифікація та використання твердих сплавів за нормами міжнародної організації ISO

| Основні групи різання |                  | Групи використання |                                                                                  |                                                                                                                                                                            |
|-----------------------|------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Поз-начення           | Колір маркування | Поз-начення        | Матеріал, який обробляють і тип стружки                                          | Вид обробки і умови використання                                                                                                                                           |
| Р                     | Синій            | P01                | Сталь, стальне лиття, яке дає зливну стружку.                                    | Чистове точіння, розточування, розгортання. Висока точність обробки і висока якість поверхні виробу. Відсутність вібрації під час роботи.                                  |
|                       |                  | P10                |                                                                                  | Точіння, точіння по копіру, нарізання різі, фрезерування, розсвердлювання, розточування.                                                                                   |
|                       |                  | P20                | Сталь, стальне лиття, ковкий чавун і кольорові метали, які дають зливну стружку. | Точіння, точіння по копіру, фрезерування, чистове стругання.                                                                                                               |
|                       |                  | P25                | Сталь нелегована, низько-, середньолегована                                      | Фрезерування, в тому числі і фрезерування глибоких пазів, інші види обробки, при яких пред'являються підвищені вимоги до опору сплаву тепловим і механічним навантаженням. |
|                       |                  | P30                | Сталь, стальне лиття, ковкий чавун, які дають зливну                             | Чорнове точіння, фрезерування, стругання. Для робіт в несприятливих                                                                                                        |



|   |          |     |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                     |
|---|----------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   |          |     | стружку.                                                                                                                                                                                       | умовах*.                                                                                                                                                            |
|   |          | P40 | Сталь, стальне лиття з включенням піску і раковинами, яке дає стружку зливну і надлому.                                                                                                        | Чорнове точіння, фрезерування, стругання. Для робіт в особливо несприятливих умовах*.                                                                               |
|   |          | P50 | Сталь, стальне лиття з середньою або низькою міцністю, включеннями піску і раковинами, яке дає стружку зливну і надлому.                                                                       | Точіння, стругання, довбання при особливо високих вимогах до міцності твердого сплаву в зв'язку з несприятливими умовами різання*. Для інструментів складної форми. |
| М | Жовтий   | M10 | Сталь, стальне лиття, високолеговані сталі, в тому числі аустенітні, жароміцні тяжко оброблювані сталі і сплави, сірий, ковкий і легований чавуни, які дають як зливну, так і стружку надлому. | Точіння і фрезерування.                                                                                                                                             |
|   |          | M20 | Стальне лиття, аустенітні сталі, марганцевиста сталь, жароміцні тяжко оброблювані сталі і сплави, сірий і ковкий чавуни, які дають як зливну, так і стружку надлому.                           | Точіння і фрезерування.                                                                                                                                             |
|   |          | M30 | Стальне лиття, аустенітні сталі, жароміцні тяжко оброблювані сталі і сплави, сірий і ковкий чавуни, які дають як зливну, так і стружку надлому.                                                | Точіння, фрезерування, стругання. Умови різання несприятливі*.                                                                                                      |
|   |          | M40 | Низько вуглецева сталь з низькою міцністю, автоматна сталь і інші метали і сплави, які дають як зливну, так і стружку надлому.                                                                 | Точіння, фасонне точіння, відрізання переважно на верстатах-автоматах.                                                                                              |
| К | Червоний | K01 | Сірий чавун переважно високої твердості, алюмінієві сплави з великим вмістом кремнію, загартована сталь, абразивні пластмаси, кераміка, скло, які дають стружку надлому.                       | Чистове точіння, розточування, фрезерування, шабрування.                                                                                                            |
|   |          | K05 | Леговані і відбілені чавуни, загартовані сталі, нержавіючі високоміцні і жароміцні сталі і сплави, які дають стружку надлому.                                                                  | Чистове і напівчистове точіння, розточування, розверстування, нарізання різи.                                                                                       |
|   |          | K10 | Сірий і ковкий чавуни переважно підвищеної твердості, загартована сталь, алюмінієві і мідні сплави, пластмаси, кераміка, скло, які дають                                                       | Точіння, розточування, фрезерування, свердлування, шабрування.                                                                                                      |

|  |  |     |                                                                                                                                                    |                                                                                                                                    |
|--|--|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |     | стружку надлому.                                                                                                                                   |                                                                                                                                    |
|  |  | K20 | Сірий чавун, кольорові метали, сильно абразивна пресована деревина, пластмаси, які дають стружку надлому.                                          | Точіння, фрезерування, стругання, свердлування, розточування.                                                                      |
|  |  | K30 | Сірий чавун низької твердості і міцності, сталь низької міцності, деревина, кольорові метали, пластмаса, щільна деревина, яка дає стружку надлому. | Точіння, фрезерування, стругання, свердлування. Робота в несприятливих умовах*. Допустимі великі передні кути заточки інструменту. |
|  |  | K40 | Кольорові метали, пластмаса, деревина, які дають стружку надлому.                                                                                  | Точіння, фрезерування, стругання. Допустимі великі передні кути заточки інструменту.                                               |

У табл. 5 наведено деякі вітчизняні тверді сплави, що задовольняють областях застосування, розробленим міжнародною організацією зі стандартизації (ISO).

Таблиця 5. Відповідність марок твердих сплавів міжнародній класифікації ISO

| Сплави по ISO |                   | Марка сплаву               | Сплави по ISO |                   | Марка сплаву               | Сплави по ISO |                   | Марка сплаву            |
|---------------|-------------------|----------------------------|---------------|-------------------|----------------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Група         | Підгрупа          |                            | Група         | Підгрупа          |                            | Група         | Підгрупа          |                         |
| P             | P0M<br>P10<br>P20 | T30K4<br>T15K6<br>T14K3    | M             | M01<br>M05<br>M10 | BK6-OM<br>BK6-M<br>TT8K6   | K             | K01<br>K05<br>K10 | BK3-M<br>BK6-M<br>TT8K6 |
|               | P20<br>P30        | TT20K9<br>T5K10<br>TT10K8B |               | M20<br>M30        | TT10K8B<br>BK10-OM<br>BK-8 |               | K15<br>K20        | BK6-M<br>BK6<br>BK4     |
|               | P40<br>P50        | T5K12B<br>TT7K12           |               | M40               | TT7K12<br>BK10-OM          |               | K30<br>K40        | BK4<br>BK8<br>BK15      |

Застосування твердих сплавів розширюється і становить для різців 95%, фрез – 4,5%, для осьового інструменту близько 1% їх загального випуску. У ряді випадків ріжучі пластини сплавів покривають тонким (5 - 10 мкм) шаром зносостійкого матеріалу (карбіду, нітриду карбонітриду титану, тощо), що підвищує стійкість пластин у 2-3 рази. В таблиці 3 наведена відповідність марок твердих сплавів за міжнародною класифікацією.

### ***Інструментальна кераміка***

Інтенсивний розвиток машинобудування та дефіцитність вольфраму дали поштовх створенню керамічних інструментальних матеріалів на основі оксиду алюмінію. В порівнянні з твердими сплавами вони мають такі переваги:

- підвищену червоностійкість (забезпечує обробку більш твердої сталі);
- високу зносостійкість, що дозволяє використовувати їх для різальних інструментів, до яких пред'являють особливі вимоги у відношенні розмірної стійкості;
- понижена схильність до налипання матеріалів, які обробляються;
- більша економічність завдяки дешевизні матеріалу і відсутності або малому вмісту таких компонентів як вольфрам, титан, кобальт та ін.

До недоліків мінералокераміки слід віднести: малий опір руйнуванню від напружень розтягування, понижена пластичність, низька ударна в'язкість.

В залежності від хімічного складу і способу виробництва мінералокерамічні матеріали поділяються на три групи.

1) *Оксидна* (біла) кераміка складається з 99% оксиду алюмінію ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) з незначними домішками оксиду магнію ( $\text{MgO}$ ) і інших елементів розмірами зерен – біля 1-2 мкм. До неї відносяться марки: ВО-13 (ТУ 48-19-4204-79); ЦМ-332 і ВШ-75 (ТУ 2-036-788-82).

Пластинки з білої кераміки виготовляють методом холодного пресування з наступним спіканням (рис. 2). Низька міцність на згин ( $\sigma_{зг}=0,3-0,4$  ГПа) і термоциклічна втома дозволяють використовувати ці матеріали тільки для чистових і напівчистових операцій при наявності вібростійкого обладнання, але швидкість різання може досягати 300-600 м/хв. Основна область застосування – чистова обробка сірих чавунів і негартованих сталей.



Рисунок 2 – різальні пластинки з білої кераміки

*Оксидно-карбідна* (чорна) кераміка (марки В-3; ВОК-60; ВОК-63 (ГОСТ 25003-81) складається з оксиду алюмінію (60-80%) і карбідів

тугоплавких металів (TiC; WC; MoC) – до 40%.

Пластинки оксидно-карбідної кераміки одержують методом гарячого пресування в графітових прес-формах, тому вони дорожчі. Вони мають дрібнішу структуру ніж з білої кераміки, вищу твердість і зносостійкість, краще сприймають термічні навантаження. Але в порівнянні з твердими сплавами їх міцність і опір термоциклічним навантаженням значно менші, тому вони використовуються тільки для чистової і напівчистової обробки (рис. 3).

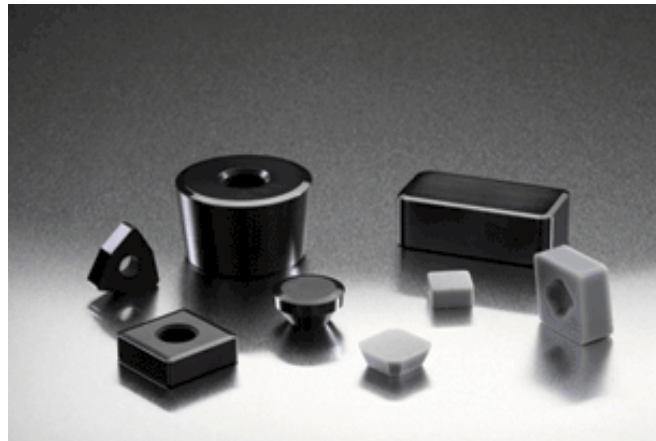


Рисунок 3 – різальні пластинки з чорної кераміки

Оксидно-карбідна кераміка служить, в основному, для обробки відбілених чавунів, цементованих, гартованих і термічно покращених сталей. Вона витримує в процесі різання температуру до 1300°C.

*Оксидно-нітридна* кераміка складається з нітриду кремнію і тугоплавких металів з домішками оксиду алюмінію і деяких інших компонентів – це матеріали картиніт ОНТ20 (ТУ 2-036-087-82), і силініт-Р ТУ 06-339-78). При твердості HRA 94-96 вони забезпечують швидкість різання 1500 м/хв. Картиніт використовують для обробки загартованих сталей (HRC 30-55) ковких, модифікованих і відбілених чавунів (HB 300-600), термопокращених сталей (рис. 4).

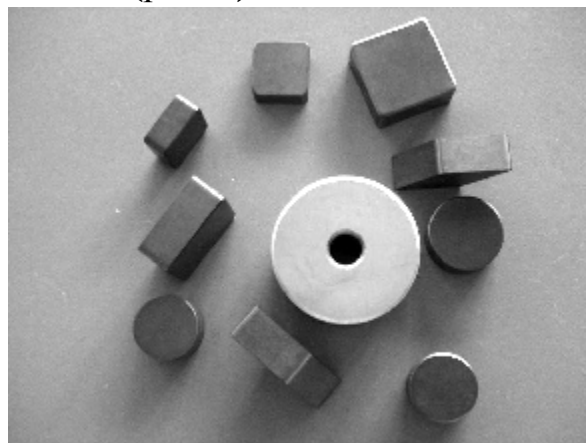


Рисунок 4 – різальні пластинки з оксидно-нітридної кераміки

Силініт Р займає проміжне місце між твердими сплавами на карбідній основі і надтвердими матеріалами на основі алмазу і нітриду бору. Дослідження показали, що його можна застосовувати при чистовій обробці чавуну, сталей сплавів алюмінію і титану. Основна його перевага в не дефіцитності вихідних матеріалів.

Основні характеристики мінералокерамічних матеріалів зведені в табл.6.

Таблиця 6. Основні характеристики мінералокерамічних матеріалів

| Марка     | Група            | $\rho$ , т/м <sup>3</sup> | $\sigma_{zg}$ , МПа | Твердість, HRA |
|-----------|------------------|---------------------------|---------------------|----------------|
| ЦМ-332    | Оксидна          | 3,85                      | 300-400             | 90             |
| ВШ-7      | -                | -                         | 500-600             | -              |
| В-3       | оксидно-карбідна | 4,5-4,6                   | 450-750             | 92-94          |
| ВОК-60    | -                | 4,2-4,3                   | 600-750             | 92-94          |
| ВОК-63    | -                | -                         | 650-750             | 92-93          |
| Силініт-Р | оксидно-нітрідна | -                         | 500-700             | HV 32 ГПа      |

Мінералокераміку використовують: для оснащення різального інструменту, який працює на напівчистових і чистових операціях при точінні, розточуванні і фрезеруванні. Випускають у вигляді багатограних непереточуваних пластин з механічним кріпленням і у вигляді напаяних пластин для нероз'ємного з'єднання з корпусом.

### ***Полікристалічні надтверді матеріали***

До цієї групи відносяться *алмази і кубічний нітрид бору*. Алмаз найтвердіший з всіх відомих матеріалів. Його твердість 100 ГПа. Він має високу зносостійкість, добру теплопровідність, малий коефіцієнт тертя і малу адгезію з металами ( за виключенням заліза і його сплавів з вуглецем). Недоліками алмазу, як інструментального матеріалу, є низька теплостійкість (800°С) і значна крихкість, що вимагає жорсткого і вібростійкого обладнання.

Різальні інструменти виготовляють з природних або штучних алмазів (рис. 5). Штучні (синтетичні) алмази одержують з графіту витримкою від мікро- до десятків секунд під тиском 1000 ГПа і температурі 2500°С. В цих умовах гексагональна решітка графіту перетворюється в кубічну решітку алмазу. Природні і штучні алмази мають однакові параметри кристалічної решітки, близькі фізичні і хімічні властивості, але синтетичні значно дешевші і їх властивості можна регулювати в процесі виготовлення. В техніці близько 90% алмазних інструментів виготовлені на основі синтетичних алмазів.

Промисловість випускає синтетичні алмази у вигляді *порошків* (монокристали), *полікристалів* і *композиційних матеріалів*.

Порошки використовуються для виготовлення абразивного

інструменту, а для лезового більш придатні полікристали. Це марки: баллас, карбонадо, карболіт. Їх міцність дозволяє витримувати значні безударні навантаження при робочих температурах не вище 650°C.



Рисунок 5 – різальний інструмент зі штучних алмазів та КНВ.

В останній час активно розвивається метод хімічного осадження з газової фази алмазних матеріалів – CVD (chemical vapour deposition), який відомий ще з 1889 року. Його суть у вирощуванні твердого матеріалу з використанням суміші реакційних газів, з яких поступають необхідні реагенти на поверхню основи. Цей метод при використанні реагентів дуже високої чистоти дає можливість одержувати кристали алмазу оптичної якості. При вирощуванні алмазів CVD методом таким реагентом є вуглець.

На відміну від синтезу в умовах високої температури і тиску (HP/HT метод) вирощування алмазу CVD методом проходить при високій температурі і тиску нижче атмосферного. Алмаз, одержаний CVD методом, являє собою полікристалічний матеріал з зернистою структурою. Вирощувані за тонко-плівковою CVD технологією зерна ростуть з дрібних, зростаються і, по мірі збільшення і потовщення шару, надають алмазу стовбчасту структуру. Твердість CVD кристала алмазу становить  $81 \pm 18$  ГПа, а монокристал має 57 ГПа в площині 100 і 104 ГПа в площині 111.

Полікристали мають ряд переваг. Їх розмір  $\varnothing=8$ мм спрощує кріплення, а міцність на згин в 2-3 рази вище алмазу. Однорідна зерниста будова не має анізотропії властивостей. Використовуються для обробки титанових та висококремнієвих сплавів, композиційних матеріалів, мінералокераміки, забезпечують високу точність. До недоліків слід віднести те, що полікристали мало ефективні при обробці сплавів на основі заліза та надто

дорогі.

На основі синтетичних алмазів випускаються композиційні матеріали у яких основою служить 2-4мм твердосплавна пластинка, а алмазне покриття товщиною  $\approx 1$ мм дозволяє об'єднати високу твердість і зносостійкість алмазів з міцністю твердого сплаву.

*Композити.* Основою полікристалічних надтвердих матеріалів, які мають комплекс унікальних фізико-механічних і експлуатаційних властивостей, є ковалентне з'єднання бору з азотом - нітрид бору (**BN**), який в природі не зустрічається і синтезований в першій половині XIX століття.

Він має кристалічну решітку графіту, високу температуру плавлення ( $>2200^\circ\text{K}$ ), не розчиняється ні в одному з відомих розчинників, проводить електричний струм.

Вперше кубічний нітрид бору був синтезований у США в 1957 році, а в СРСР - у 1959 році. Сьогодні відомі три види нітриду бору: **BN<sub>г</sub>** – гексагональний графітоподібний, **BN<sub>к</sub>** – кубічний і **BN<sub>в</sub>** – вюрцитоподібний. На основі останніх двох синтезуються при температурі 1600-2300  $^\circ\text{K}$  і тиску 4,0-7,5 ГПа в присутності каталізаторів або без них всі відомі полікристалічні надтверді матеріали.

Кубічний нітрид бору (КНБ) відноситься до числа ефективних інструментальних матеріалів і широко використовується для різних видів абразивних і лезових інструментів. Але, як показала практика, КНБ не може конкурувати з алмазом при обробці таких твердих і хрумких матеріалів як металокерамічні тверді сплави, скло, граніт, і ряд інших неметалічних матеріалів. В той же час, завдяки теплостійкості і дифузійній стійкості, не проявляючи при обробці металів і сплавів хімічної спорідненості до заліза, КНБ є перспективним для обробки вказаних матеріалів, в тому числі інструментальних сталей, особливо швидкорізальних нормальної і підвищеної продуктивності.

Починаючи з 90<sup>х</sup> років спостерігається значне збільшення виробництва КНБ і до кінця XX століття об'єм його випуску становив 15 тон в рік. Продаж інструментів на основі КНБ перевищує декілька мільярдів доларів США. На ринку СНД найбільш відомі торгові марки КНБ – це *кубаніт*, що випускається Науково-технологічним алмазним концерном „Алкон” НАН України (НТАК „Алкон”) і *ельбор* Абразивного заводу „Ильич” Росія, а в далекому зарубіжжі – *боразон* „Дженерал Електрик” США.

Кубаніт – це хімічне з'єднання двох елементів – бору(43,6%) і азоту (56,4%). Він має кристалічну гатку з майже такою ж будовою, як алмаз. За твердістю наближається до алмазу, але має більш високу тепло- і дифузійну стійкість. Мікротвердість КНБ знаходиться в межах 80-90 ГПа (алмаз  $\approx 100$  ГПа), теплостійкість 1200 $^\circ\text{C}$ , щільність 3,45 Г/см<sup>3</sup> (менша ніж у

алмаза). Міцність шліфпорошків з КНБ відповідає міцності шліфпорошків з синтетичних алмазів марок АС2, АС4, АС6, АС15. Порошки кубаніта виготовляють у вигляді мікропорошків марки КМ і шліфпорошків марок КО, КР, КВ.

В останній час до надтвердих матеріалів відносять матеріали, що містять композицію Si-Al-O-N (торгова марка “сіалон”) в основі яких лежить нітрид кремнію  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

Комбінація цієї основи з різними елементами дозволяє створювати матеріали з різними властивостями, наприклад, “силініт”, створений Інститутом порошкової металургії АН УРСР, який використовується для напівчистої обробки чавунів в тому числі відбілених і інших матеріалів, що дають стружку надлому.

На основі кубічного нітриду бору випускаються матеріали марок “ельбор Р” (K01), який використовується для чистої обробки загартованих сталей і чавунів; гексаніт (K10) - для чистої обробки гартованих сталей (HRC 40-68), чавунів, твердих сплавів; композит K05 - напівчистої обробки чавунів і інших матеріалів, які дають стружку надлому.

Цілий ряд такого класу матеріалів випускають фірми Японії, США, Англії, Німеччини у вигляді непереточуваних твердосплавних пластинок з нанесеним на них шаром надтвердого покриття (рис. 6).



Рисунок 6 - Твердосплавні пластинки з нанесеним на них шаром надтвердого покриття.

При використанні інструментів з НТМ досягається мінімальна шорсткість деталей машин при токарній обробці і фрезеруванні. Значення шорсткості поверхні при основних способах обробки РІ наведено в табл. 7.

Висока розмірна зносостійкість різців з НТМ і невеликі значення радіальної складової сили різання дозволяють на верстатах високої і особливо високої точності обробляти деталі за 5 і 6 квалітетами.



Таблиця 7. Шорсткість поверхні після обробки інструментом з НТМ

| Спосіб обробки                           | Шорсткість Ra |
|------------------------------------------|---------------|
| Точіння чистове                          | 5,0-2,5       |
| Точіння тонке                            | 1,25-0,32     |
| Точіння тонке НТМ сирих сталей           | 0,5-0,15      |
| Точіння тонке НТМ гартованих сталей      | 0,25-0,125    |
| Точіння чистове НТМ сірих чавунів        | 2,0-0,5       |
| Точіння чистове НТМ високоміцних чавунів | 1,0-0,25      |
| Фрезерування чистове                     | 2,5-0,63      |
| Фрезерування тонке                       | 1,25-0,63     |
| Стругання тонке широкими різцями         | 2,5-0,63      |
| Розвертання чистове                      | 1,25-0,63     |
| Розвертання тонке                        | 0,63-0,32     |
| Розвертання алмазне чавунів              | 0,5-0,16      |

Рекомендовані режими різання при використанні РІ з надтвердих матеріалів наведені в табл. 8.

Таблиця 8. Режими різання при точінні і фрезеруванні інструментів з надтвердих матеріалів

| Матеріал, що обробляється                                             | Точіння   |           |          | Фрезерування |           |         |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------|--------------|-----------|---------|
|                                                                       | V, м/с    | S, мм/об  | .t, мм   | V, м/с       | S, мм/об  | .t, мм  |
| Сталі гартовані HRC 40-70 (конструкційні, інструментальні), леговані, | 0,7-4,5   | 0,02-0,16 | 0,05-1,2 | 1,3-5,0      | 0,02-0,1  | 0,1-1,0 |
| Чавуни сірі ковкі HB 160-270                                          | 5-15      | 0,02-0,3  | 0,1-2,0  | 10-30        | 0,02-0,15 | 0,1-2,0 |
| Чавуни високоміцні відбілені, HB 300-600                              | 1,5-5     | 0,04-0,2  | 0,1-1,5  | 1,5-4,5      | 0,02-0,1  | 0,1-2,0 |
| Тверді сплави BK, HRA 88-90                                           | 0,13-0,36 | 0,02-0,1  | 0,1-0,8  | -            | -         | -       |

### ***Абразивні інструменти. Маркування.***

Абразивний інструмент — шліфувальний і різальний інструмент, робоча частина якого містить класифіковані частки абразивного матеріалу. Залежно від виду використаного абразивного матеріалу розрізняють алмазні, ельборові, електрокорундові, карбідокремнієві та інші абразивні інструменти. Їх застосовують під час обробки різних деталей машин механізмів і приладів, забезпечуючи точність обробки до 1-4 мкм і параметрами шорсткості поверхні Ra 0,2-0,08 мкм. Абразивну обробку широко використовують в інструментальному виробництві, де всі операції здійснюють за допомогою абразивних інструментів.

До абразивних інструментів відносять шліфувальні круги, головки, сегменти, бруски на гнучкій основі, еластичні круги, шкурки, стрічки, пасти (рис. 7). З цих наведених абразивних інструментів найпоширеніші — шліфувальні круги, це тіла обертання, які мають різні розміри і профілі в

осьовому перерізі.

Шліфувальні круги - розповсюджена група абразивних інструментів. Їх застосовують при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах. Шліфувальний круг складається із зерен, що шліфують, з'єднаних між собою зв'язкою. Зерна й зв'язка не заповнюють увесь об'єм шліфувального круга, частина його залишається вільним у вигляді пор (порожнеч).

У процесі шліфування кожне зерно, що виступає на поверхні круга, своїми гострими ребрами зрізує стружку, що розміщується в порах, а потім викидається з них силою інерції.

Шліфувальний круг - характеризується формою й розмірами, маркою абразивного матеріалу, зернистістю, матеріалом зв'язування, твердістю й структурою.

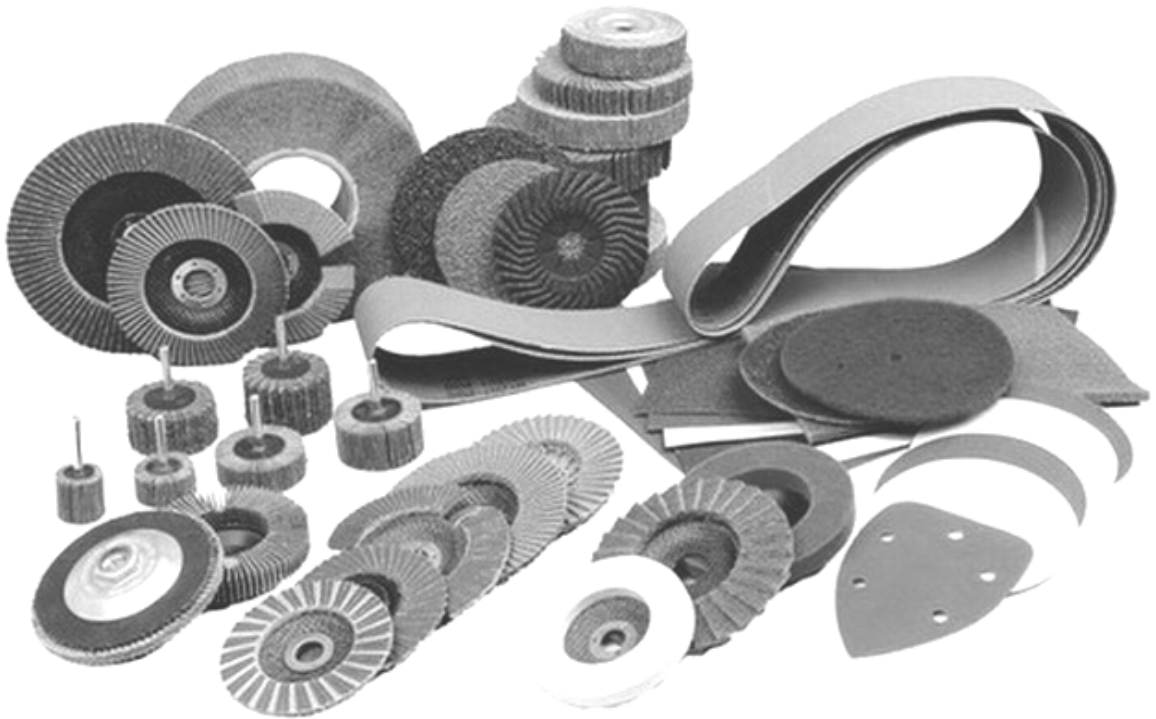


Рисунок 7 – Асортимент сучасних промислових абразивних матеріалів

Форми й розміри кругів стандартизовані. Кожна форма круга має умовне позначення. Наприклад: ПП - плоскі прямі круги, Д - диски, ЧЦ - чашки циліндричні, ЧК - чашки конічні, Т - тарілки і т.д.

Абразивні матеріали. Шліфувальні круги виготовляють переважно з електрокорунду, карборунду, синтетичних алмазів і кубічного нітриду бора.

Електрокорунд містить до 99%  $Al_2O_3$

Основні різновиди електрокорунду:

- електрокорунд нормальний – Е (91-96%  $Al_2O_3$ ), марки 16А - 12А;
- електрокорунд білий - ЕБ (97- 99 %  $Al_2O_3$ ), марки 25А - 22А;
- монокорунд - М (97 - 98%  $Al_2O_3$ ), марки 45А - 43А.

Електрокорундовими кругами шліфують в'язкі матеріали.

Карборунд (карбід кремнію) містить не менш 95% С. Застосовуються два різновиди карборунду:

- 1) карборунд чорний - КЧ (95% Si C), марки від 55С до 52С;
- 2) карборунд зелений - КЗ (97% Si C), марки від 64С до 62С.

Карборундовими кругами шліфують тверді й крихкі матеріали.

Алмазні круги з металевим або полімерним корпусом, на якому укріплено алмазозносний шар завтовшки 0.5-3 мм. Такі круги випускають з 25-, 50-, 100-, 150% - концентрацією алмазного порошку. Стопроцентною концентрацією вважають вміст – 0.878 мг/мм<sup>3</sup> алмазозносного шару.

Зернистість - це номер абразивних зерен круга, що характеризує їхній розмір.

За зернистістю абразивні матеріали поділяють на три групи: шліфувальні зерна (зернистість від N 200 до N 16); шліфувальні порошки (від N 12 до N 3); та мікропорошки (від М 40 до М 5). Відповідно до стандартних номерів зернистості лінійні розміри основної фракції зерен подані в табл. 9

Таблиця 9 – Зернистість абразивних матеріалів

| Номер зернистості   | Міжлінійний розмір зерен основної фракції, мм | Номер зернистості | Міжлінійний розмір зерен основної фракції, мм |
|---------------------|-----------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------|
| Шліфувальні зерна   |                                               |                   |                                               |
| 200                 | 2500...2000                                   | 50                | 630...500                                     |
| 160                 | 2000.1600                                     | 40                | 500...400                                     |
| 125                 | 1600...1250                                   | 32                | 400.315                                       |
| 100                 | 1250...1000                                   | 25                | 315...250                                     |
| 80                  | 1000...800                                    | 20                | 250...200                                     |
| 63                  | 800.630                                       | 16                | 200...160                                     |
| Шліфувальні порошки |                                               |                   |                                               |
| 12                  | 160...125                                     | 5                 | 60...50                                       |
| 10                  | 125...100                                     | 4                 | 50...40                                       |
| 8                   | 100...80                                      | 3                 | 40...28                                       |
| 6                   | 80...60                                       | -                 | -                                             |
| Мікропорошки        |                                               |                   |                                               |
| М40                 | 40...28                                       | М10               | 10...7                                        |
| М28                 | 28...20                                       | М7                | 7...5                                         |
| М20                 | 20...14                                       | М5                | 5...3,5                                       |
| М14                 | 14...10                                       | -                 | -                                             |

Параметр шорсткості  $R_a$ , мкм, орієнтовно пов'язаний з середнім розміром абразивних зерен  $d_a$ , мкм залежністю  $R_a = C_a d_a^{0,5}$ , де  $C_a = 1,5 \dots 1,8$  — стала, яка залежить від властивостей матеріалу заготовки та абразивного круга.

Вміст у шліфувальному кругу основної фракції зерен позначається В, П, Н і т.п.

Зв'язка - матеріал, що скріплює окремі абразивні зерна круга.

Найпоширеніші зв'язки:

- керамічна – К (вогнетривка глина, польовий шпат, кварц, крейда, рідке скло), марки від К0 до К8;

- вулканітова - В (70% каучуку й 30% сірки), марки В, В1, В2, В3;

- бакелітова - Б (штучна смола), марки Б, Б1, Б2, Б3, Б4.

**Твердість шліфувального круга** - це опір зв'язки вириванню абразивних зерен зовнішніми силами. Чим міцніше тримаються зерна, тим твердіший інструмент.

Ступені твердості абразивного круга.

1. М'які М1, М2, М3.

2. Средньомякі СМ1, СМ2.

3. Середні С1, С2.

4. Средньотверді СТ1, СТ2, СТ3.

5. Тверді Т1, Т2.

6. Досить тверді ВТ1, ВТ2.

7. Надзвичайно тверді ЧТ1, ЧТ2.

При виборі шліфувального круга необхідно враховувати, що чим твердіший матеріал, що шліфується, тим швидше притупляються абразивні зерна а, отже, тим м'якше повинен бути шліфувальний круг.

Структура - співвідношення у відсотках в одиниці об'єму зерен, зв'язки і пор. Існує 13 номерів структур:

1) щільні - № 0 - № 3;

2) середньощільні - № 4 - № 6;

3) відкриті - № 7 - № 12.

Приклад маркування абразивного шліфувального круга за ГОСТ 52781-2007 (ИСО 525:1999).

**ПП500х50х305 24А 10-П С2 7К5 35 м/с 1 клА.**

Це плоский прямий круг (ПП) із зовнішнім діаметром 500 мм. шириною 50 мм і діаметром отвору в кругу 305 мм. Виготовлений з електрокорунду білого марки 24А, зернистістю 10-П (П-вміст основної

фракції зерен), ступінь твердості - С2, номер структури - 7, керамічна зв'язка марки К5, робоча швидкість 35 м/с. 1 класу невірноваженості (дисбалансу), клас точності А.

### Зміст звіту

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Класифікація інструментальних матеріалів.
4. Розшифрування завданих марок інструментальних матеріалів (табл. 10), їх характеристика та межі застосування (згідно довідникових даних).
- 5 На натурних зразках визначити призначення та марку інструменту.

Таблиця 10.

| № варіанта | Марки матеріалів                                                                   |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1          | У7, 9ХВГ, М6Ф1, Р18, ВК3, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, ельбор, АС, А              |
| 2          | У9А, Х12М, М6Ф3, Р6М5, ВК6, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВШ-75, ісміт, АС, А               |
| 3          | У12, 5Х2МНФ, М5Ф1С, Р6М5Ф3, ВК8, Т14К8 , ТТ10К8Б, ТН-40, ЦН-30, боразон, АС, А     |
| 4          | У8ГА, 4Х3ВМФ, М5Ф1С4, Р18К5Ф2, ВК10, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ВШ-75, кубоніт, АС, А  |
| 5          | У9, ХВСГФ, М6Ф1С2, Р9К5 , ВК15, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВОК-60, гексаніт-Р, АС, А     |
| 6          | У7А, 4Х5В2ФС, М6Ф1С, Р12, ВК20, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, В-3, ельбор-Р, АС, А         |
| 7          | У10, 9Х5В2Ф, М6Ф1, Р6М5, ВК3-М, Т15К6, Т8К6, ТН-30, ЦМ-332, ісміт, АС, А           |
| 8          | У12А, 8Х6НФТ, М6Ф3, Р2АМ9К5, ВК6-М, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ВОК-60, боразон, АС, А  |
| 9          | У7, 9Г2Ф, М5Ф1С, Р6М5, ВК6-ОМ, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ЦН-30, кубоніт, АС, А        |
| 10         | У9А, Х6ВФ, М5Ф1С4, Р6М5Ф3, ВК6-В, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВШ-75, гексаніт-Р, АС, А    |
| 11         | У8, 9ХС, М6Ф1С2, 11Р3АМ3Ф2, ВК8-В, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ВОК-60, ельбор-Р, АС, А   |
| 12         | У10А, 6Х4М2ФС, М6Ф1С, Р12, ВК8-ОМ, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВО-13, исмит, АС, А        |
| 13         | У13, Х12Ф1, М6Ф1, Р6М5К5, ВК10-ХОМ, Т14К8, ТТ10К8, ТН-40, кортініт, боразон, АС, А |
| 14         | У7А, 6ХВГ, М6Ф3, Р2АМ9К5, ВК4-В, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, силініт-Р, кубоніт, АС, А  |

|    |                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 | У10, ХГС, М5Ф1С, Р18К5Ф2, ВК11-В, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВО-13                         |
| 16 | У8А, Х12ВМ, М5Ф1С4, Р12Ф3, ВК10-М, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, ельбор-Р, АС, А     |
| 17 | У11, 9ХФ, М6Ф1, Р9К5, ВК11-В, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, ВШ-75, ісміт, АС, А               |
| 18 | У13А, 9ХФМ, М6Ф1С2, Р6М5К5 , ВК20-КС, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ЦН-30, боразон, АС, А   |
| 19 | У8, 11ХФ, М6Ф1С, Р2АМ9К5, ВК3, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ВШ-75, кубоніт, АС, А          |
| 20 | У10А, 3Х2МНФ, М6Ф3, Р6М5, ВК6, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, ВОК-60, гексаніт-Р, АС, А        |
| 21 | У9, ХВГ, М5Ф1С4, 9М4К8, ВК8, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ВО-13, эльбор-Р, АС, А            |
| 22 | УНА, Х12ВМФ, М6Ф1С2, Р6М5Ф3, ВК10, Т15К6, ТТ8К6, ТН-30, кортініт, ісміт, АС, А       |
| 23 | У8Г, ХВ4Ф, М6Ф1С, 11Р3АМ3Ф2 , ВК15, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, силініт-Р, боразон, АС, А |
| 24 | У8А, 4ХМФС, М6Ф3, Р18К5Ф2, ВК20, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ЦМ-332, кубоніт, АС, А       |
| 25 | У11, Х12МФ, М6Ф1, Р9К5, ВК3-М, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, В-3, гексаніт-Р, АС, А           |
| 26 | У8А, 9ХС, Р6М5, Т15К6, М6Ф1, ТТ7К12, ТН30, ЦМ-332, ВОК-63, АСПК, Р18, карбонадо      |
| 27 | У13, Х12МФ, М6Ф1, Р9К5, ВК3-М, Т5К12, ТТ8К7, ТН-25, В-3, гексаніт-Р, АСБ, А          |
| 28 | У8, 11ХФ, М6Ф1С, Р2АМ9К5, ВК3, Т5К10, ТТ20К9, КТН-16, ВШ-75, кубоніт, АС, А          |
| 29 | У12А, 8Х6НФТ, М6Ф3, Р2АМ9К5, ВК6-М, Т14К8, ТТ10К8Б, ТН-40, ЦМ-332, ВОК-63, баллас, А |
| 30 | У7, 9ХВГ, М6Ф1, Р18, ВК3, Т30К4, ТТ7К12, ТН-20, ЦМ-332, ельбор, АС, А                |

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія конструкційних матеріалів. Автори Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. та ін., Київ “Вища школа”, 2002. 425 с.
2. Технология конструкционных материалов. Авторы: Дальский А.М., и др. Москва, Машиностроение, 1985.
3. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Навчальний посібник. К., Либідь, 2002 с. 326.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗЦІВ» З КУРСУ  
«ЕКСПЛУАТАЦІЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ  
ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ  
РОБОТИ «ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗЦІВ» З КУРСУ  
«ЕКСПЛУАТАЦІЯ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV  
КУРСУ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

Затверджено на засіданні кафедри  
хімічного машинобудування.  
Протокол №10 від 17.06.2011

Дніпропетровськ ДВНЗ УДХТУ 2012



Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Технологія заточування різців» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання / Укл.: Кіжаєв С.О, Стовпник О.В. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 13 с.

Укладачі: С.О. Кіжаєв, канд. техн. наук  
О.В. Стовпник, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск В.І. Ситар, канд. техн. наук

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Технологія заточування різців» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання

Укладачі: КІЖАЄВ Сергій Олексійович  
СТОВПНИК Олександр Володимирович

Редактор Л.М. Тонкошкур  
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 11.06.11. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов.-друк. арк. 0,88. Облік.-вид. арк. 0,96. Тираж 150 прим. Зам. № 64. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

---

УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ – 5, просп. Гагаріна, 8.

---

*Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру*

# ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ РІЗЦІВ

## Мета і задачі лабораторної роботи

*Метою роботи* є вивчення характеру зношування, способів заточування різців і устаткування для заточування. Для цього передбачене рішення наступних задач:

1. вивчення характеру зношування різців в залежності від умов роботи;
2. вивчення способів заточування різців і використовуваного устаткування;
3. придбання навичок з розрахунку кількості переточувань різця і його заточуванню.

Після виконання лабораторної роботи студент повинен

*знати:* конструкції різних типів різців, методику налагодження універсального і спеціального заточувальних верстатів, методику контролю геометричних параметрів різця після заточки, методику розрахунку величини сточування при кожному переточуванні й кількості переточувань;

*уміти:* налагодити заточувальний верстат і заточити різець, проконтролювати його геометричні параметри.

## План виконання роботи

1. Ознайомитися з методичними вказівками до виконання лабораторної роботи.
2. Ознайомитися із спеціальним та універсальним верстатами, які застосовують для заточування різців.
3. Для даного різця розрахувати величину сточування і кількість переточувань.
4. Для даного різця розрахувати кути, необхідні для його заточування в трьохобертових лещатах.
5. Привести схеми заточування різця на спеціальному верстаті.
6. Заточити різець.
7. Проконтролювати параметри заточеного різця.
8. Оформити звіт про виконану роботу.

## Зношування різців

Зношування різців у залежності від умов роботи може відбуватися тільки по передній поверхні, тільки по задній поверхні, або по обох поверхнях одночасно. Як правило, на передній поверхні утвориться лунка, а на задній - площадка зношування (рис. 1). Переважне зношування по задній

поверхні зазвичай спостерігається при обробленні сталей з низькими швидкостями різання і малою (не більше 0,15 мм) товщиною зрізу, тобто при чистовому обробленні, а також при обробленні чавуну. Переважне зношування по передній поверхні спостерігається при великому тиску і при високій температурі в зоні різання. Такі умови виникають при обробленні сталі з високими швидкостями різання без охолодження і з великою (більше 0,5 мм) товщиною зрізу (чорнове точіння).

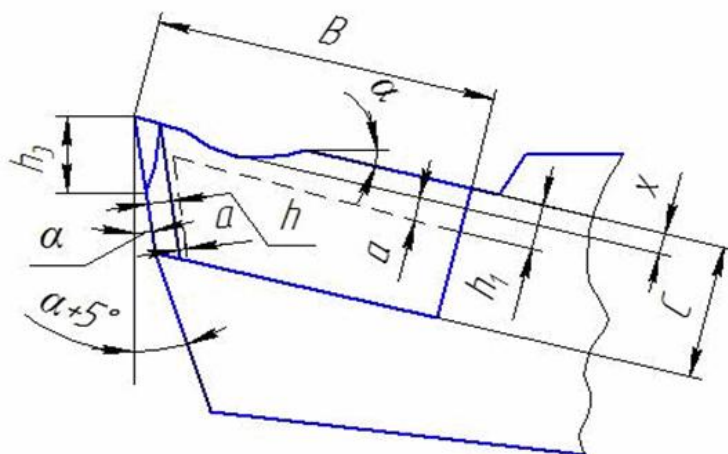


Рисунок 1 - Схема зношування різця

За критерій зношування приймають припустиму величину зношування по задній поверхні. Наприклад, для твердосплавних різців при чорновому обробленні сталі  $h_3=1,0-1,4$  мм; при чорновому обробленні чавуну  $h_3=0,8-1,0$  мм; при чистовому обробленні  $h_3=0,4-0,6$  мм для сталі й  $h_3=0,6-0,8$  мм для чавуну.

Величина сточування за одне переточування (припуск на переточування) залежить від величини зношування різця, його конструкції і геометричних параметрів різальної частини. Розрахунок величини сточування роблять по формулах:

а) при заточенні передньої поверхні

$$h_1 = x + a, \text{ мм}$$

б) при заточенні задньої поверхні

$$h = \frac{h_3 \cdot \operatorname{tg} \alpha + a}{\cos \gamma}, \text{ мм}$$

де  $x$  — глибина лунки зношування по передній поверхні, мм;

$h_3$  — величина зношування по задній поверхні, мм;

$a$  — додатковий припуск на заточення, рівний 0,1—0,25 мм;

$\alpha$  і  $\gamma$  — відповідно задній і передній кути, град.

Кількість переточувань по передній поверхні, що допускається товщиною напаяної пластинки, можна розрахувати по формулі

$$n_n = \frac{2C}{3h_i}, \text{ шт.}$$

де  $C$  – товщина напаяної пластинки, мм.

Кількість переточувань по задній поверхні, що допускається довжиною напаяної пластинки, можна розрахувати по формулі

$$n = \frac{2B}{3h}, \text{ шт.}$$

де  $B$  – довжина пластинки, мм.

### **Заточування різців. Загальні положення**

Заточування і доведення різальних інструментів здійснюється абразивним і алмазним кругами. Для інструментів з швидкорізальної сталі в основному використовують абразивні круги, для твердосплавних – спочатку заточують абразивним кругом, потім доводять алмазним.

**Переточування різців** залежно від їх конструкції і характеру зношування відбувається по передній, задній або по обох поверхнях. Стандартні різці із пластинками твердого сплаву або швидкорізальної сталі частіш за все переточують по обох поверхнях. У деяких випадках при незначному зношуванні різців по передній поверхні раціонально заточувати їх тільки по задній поверхні.

Технологічний процес заточування різців є типовим.

**При заточуванні** твердосплавних різців застосовуються наступні операції:

- оброблення державки по задній поверхні,
- чорнове заточування напаяної пластини по передній поверхні,
- чорнове заточування напаяної пластини по головній і допоміжній заднім поверхням,
- чистове заточування і доведення напаяної пластини спочатку по передній, потім по головній і допоміжній заднім поверхням,
- доведення радіуса при вершині різця.

Необхідність виконання кожної із цих операцій залежить від величини припуску, що знімається, і вимог до шорсткості поверхонь, що заточуються (табл. 1).

Чорнове заточування твердосплавних інструментів проводять кругами з карбіду кремнію зеленого, а чистове заточування і доведення - кругами із синтетичних алмазів.

Таблиця 1 - Операції технологічного процесу заточування й доведення різців

| Операція технологічного процесу | Шорсткість заточеної поверх | Припуск на операцію, мм |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Оброблення державки             | 1,25-3,2                    |                         |
| Чорнове заточування             | 0,63-1,25                   | 0,4 і більше            |
| Чистове заточування             | 0,32-0,63                   | 0,1-0,3                 |
| Доведення                       | 0,125-0,25                  | 0,05-0,1                |

При виборі характеристики круга з карбіду кремнію зеленого і режимів заточування варто керуватися наступним правилом: чим вище крихкість твердого сплаву, тим м'якше повинен бути круг і менше його швидкість. Найбільш м'які круги і найменші швидкості різання застосовують при заточенні різців зі сплавів Т30К4 і ВК2.

При чистовому заточуванні твердосплавних різців варто застосовувати алмазні круги на металевій зв'язці, тому що в цьому випадку вартість оброблення менша в порівнянні з алмазними кругами на бакелітовій зв'язці. Заточування кругами на металевій зв'язці повинно робитися з охолодженням. При доведенні краще застосовувати алмазні круги на бакелітовій зв'язці, які забезпечують одержання меншої шорсткості поверхні, ніж круги на металевій зв'язці.

При переточуванні різців необхідно знімати значно більший припуск, ніж під час першого заточування. Крім того, під час переточувань зникає навівання пластинки з інструментального матеріалу над державкою. Тому при переточуванні спочатку виконують чорнове заточування передньої і задньої поверхонь одночасно по пластинці і державці абразивним кругом з карбіду кремнію зеленого, а потім різальну пластину доводять алмазним кругом.

При переточуванні різців з розміром державки більшим ніж 25х30 спочатку обробляють державку кругом з електрокорунду білого під кутом  $\alpha + 5^\circ$  (див. рис. 1), а потім переточують різальну пластинку.

Порядок операцій при заточуванні і доведенні різців зі швидкорізальної сталі в основному такий самий, як при заточуванні різців із пластинками твердого сплаву. Відміна полягає лише в тому, що заточування по державці як окрема операція не робиться. Чорнове заточування роблять кругами з електрокорунду білого, доведення - з карбіду кремнію зеленого на бакелітовій зв'язці.

Таблиця 2 – Характеристика абразивних кругів і режими заточування різців

| Матеріал інструменту                                | Характеристика круга               |             |         |              |           | Режими заточування |                       |                 |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------|---------|--------------|-----------|--------------------|-----------------------|-----------------|
|                                                     | Абразивний матеріал                | Зернистість | Зв'язка | Твердість    | Структура | $V_{кр}$ , м/сек   | $S_{поп}$ , мм/дв.хід | $S_{пр}$ , м/хв |
| Тверді сплави<br>Т15К6,<br>Т14К8, ВК2,<br>ВК3Г, ВК4 | Кремнію<br>Карбід<br>зелений       | 40-25       | К       | СМ1,<br>С М2 | 5-8       | 12-15              | 0,02-0,04             | 3-5             |
| Тверді сплави<br>Т5К10, ВК6,<br>ВК8                 |                                    | 40-25       | К       | СМ2,<br>С1   | 5-8       | 15-18              | 0,02-0,05             | 3-5             |
| Швидкорізна<br>льна сталь                           | Електро-<br>корунд<br>білий<br>24А | 40-25       | К       | СМ1,С<br>М2  | 5-8       | 25-30              | 0,03-0,08             | 1-4             |
| Мінералоке-<br>раміка                               | Алмаз,<br>ельбор                   | 6-8         | Б       | СМ2,<br>С1   | 5-8       | 12-15              | 0,02-0,04             | 1-4             |

Якість заточки різців залежить від правильного вибору характеристик шліфувального круга і режимів різання (див. табл. 2).

### *Заточування різців на універсально-заточувальному верстаті*

Основними моделями універсальних заточувальних верстатів є ЗА6ЧМ, ЗБ641, ЗВ641, ЗБ642, ЗЕ642Е і ЗВ643. Установка і закріплення різальних інструментів на універсально-заточувальних верстатах здійснюються в спеціальних пристроях.

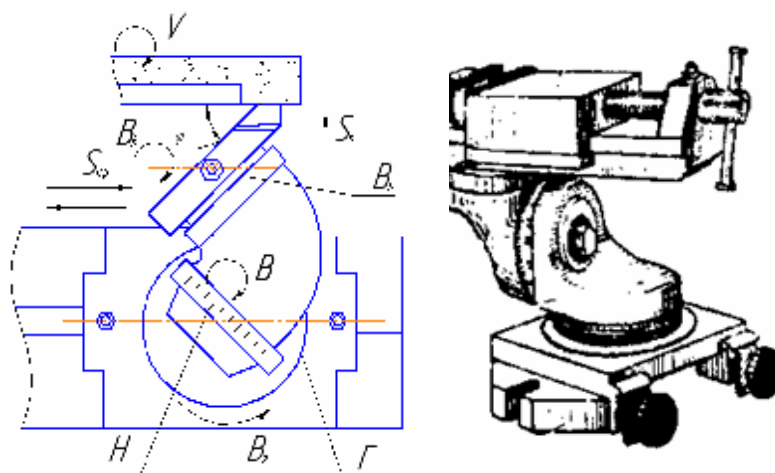


Рисунок 2 – Схема настроювання і загальний вигляд трьохобертових лещат

Відмінна риса цих верстатів полягає в тому, що стіл верстата може робити тільки два рухи: повздовжній і поперечний прямолінійний зворотно-поступальний рухи відносно шліфувального круга. Стіл верстата не має можливості повороту. Шпиндельна бабка може повертатися тільки навколо вертикальної осі. Тому для того, щоб заточити задані передній та задній кути, різець закріплюється в спеціальних двох- або трьохобертових лещатах, які встановлюють на стіл верстата. Схема трьохобертових лещат наведена на рис. 2. Лещата мають поворот у трьох взаємно перпендикулярних площинах. По шкалах  $\Gamma$ ,  $B$  и  $H$  роблять відлік кутів повороту від 0 до  $360^\circ$ , ціна поділок шкал  $1^\circ$ . Це дозволяє розташувати поверхні різця, що заточуються, під будь-якими кутами до поверхні абразивного круга.

Для збігу поверхні, що заточується, з робочою поверхнею абразивного круга необхідно повернути лещата на кути  $\Theta_B$   $\Theta_\Gamma$   $\Theta_H$ . Формули для розрахунку кутів повороту лещат для забезпечення заданих переднього і заднього кутів наведені в табл. 3.

Різці на універсально-заточувальному верстаті можна заточувати шліфувальними кругами чашкової форми (циліндричної ЧЦ або конічної ЧК) або кругами прямого профілю (ПП). При заточуванні чашковими кругами шліфування відбувається торцем круга, а при заточуванні кругами прямого профілю - торцем або периферією круга. Шліфування торцем круга підвищує продуктивність процесу, а також знижує питому витрату абразивного матеріалу і шорсткість обробленої поверхні. Шліфування торцем круга є основним способом заточування різців, як на універсально-заточувальних, так і на спеціальних верстатах.

Таблиця 3 - Формули для розрахунку кутів повтору трьох обертових лещат

| Поверхня, яка заточується | Заточування торцем круга форми ЧЦ                                                                                                                                                                | Заточування периферією круга форми ПП                                                                                                                                                 |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Передня                   | $\Theta_\Gamma = 90^\circ$<br>$\Theta_B = \lambda \sin \varphi - \frac{\gamma \cos \varphi}{\cos(\lambda \cos \varphi)}$ ;<br>$\Theta_H = 90^\circ + \lambda \cos \varphi + \gamma \sin \varphi$ | $\Theta_\Gamma = \varphi$<br>$\Theta_B = \lambda \sin \varphi - \frac{\lambda \cos \varphi}{\cos(\lambda \cos \varphi)}$ ;<br>$\Theta_H = \lambda \cos \varphi + \gamma \sin \varphi$ |
| Головна задня             | $\Theta_\Gamma = \varphi + \alpha \sin \lambda$<br>$\Theta_B = \alpha \cos \lambda \sin \varphi$<br>$\Theta_H = \alpha \cos \lambda \cos \varphi$                                                | Не виконується                                                                                                                                                                        |

При заточуванні на універсально-заточувальному верстаті різцю надають два рухи: зворотно-поступальне переміщення уздовж робочої

поверхні круга (поздовжня подача —  $S_{np}$  безперервний рух) і переміщення на круг  $S_n$  (подача на глибину шліфування —  $t$  періодичний рух, виконується на подвійний хід стола). Обидва рухи здійснюються столом верстата.

При заточуванні різець може перебувати постійно в контакті з робочою поверхнею круга або при кожному ході виходити з контакту з кругом. У першому випадку процес різання є безперервним, а в другому - переривчастим. Довжина ходу стола обмежується упорами.

### ***Заточування різців на спеціальному верстаті***

Спеціальні заточувальні верстати призначені тільки для заточування різців. Тому вони не потребують спеціальних пристроїв для закріплення різця. Різець 1 (рис. 4) кріпиться безпосередньо на столі верстата 2 за допомогою прихвати 3.

Зовнішній вигляд верстата 3Е642Е показаний на рис. 3, схема заточування різця по головній задній поверхні - на рис. 4.

#### **Характеристика верстата моделі 3Е642Е**

|                                             |               |
|---------------------------------------------|---------------|
| Число обертів шпинделя об/хв.               | 2840/1420     |
| Швидкість круга (при діаметрі 250 мм), м/с  | 30/15         |
| Найбільша висота різців, що заточуються, мм | 50            |
| Осциляція столиків                          | Ручна         |
| Регулювання величин осциляції               | Упором        |
| Поперечна подача столиків                   | Ручна         |
| Кути нахилу столиків, град                  | +200...-100   |
| Кути повороту транспортирів, град           | +900...-900   |
| Потужність двигуна головного руху, кВт      | 0,75/1,0      |
| Габаритні розміри верстата, мм              | 1275x760x1460 |

Заточування проводять кругами форми ЧК діаметром 250 мм. Шліфувальні круги встановлюються на кінцях шпинделя, який є валом убудованого двошвидкісного електродвигуна. Із двох сторін шліфувальної головки розташовані осцилюючі столики 2 (див.рис.2.4) із круговими напрямними, що забезпечують кут нахилу від -10 до +20°. Напрявні пов'язані з столиком через пластинчасті пружини, на яких столик легко осцилює уздовж торця круга. Осцилюючий рух столика виконується вручну. Він необхідний для рівномірного зношування абразивного круга.





Рисунок 3 – Загальний вигляд верстата мод. ЗЕ642Е

Верхня частина столика повертається на величину заднього кута  $\alpha$  або  $\alpha_1$ . Кути в плані  $\varphi$  або  $\varphi_1$  установлюються по шкалі транспортера 4. До верстатів поставляються пристрої для заточування передніх поверхонь і для утворення лунок.

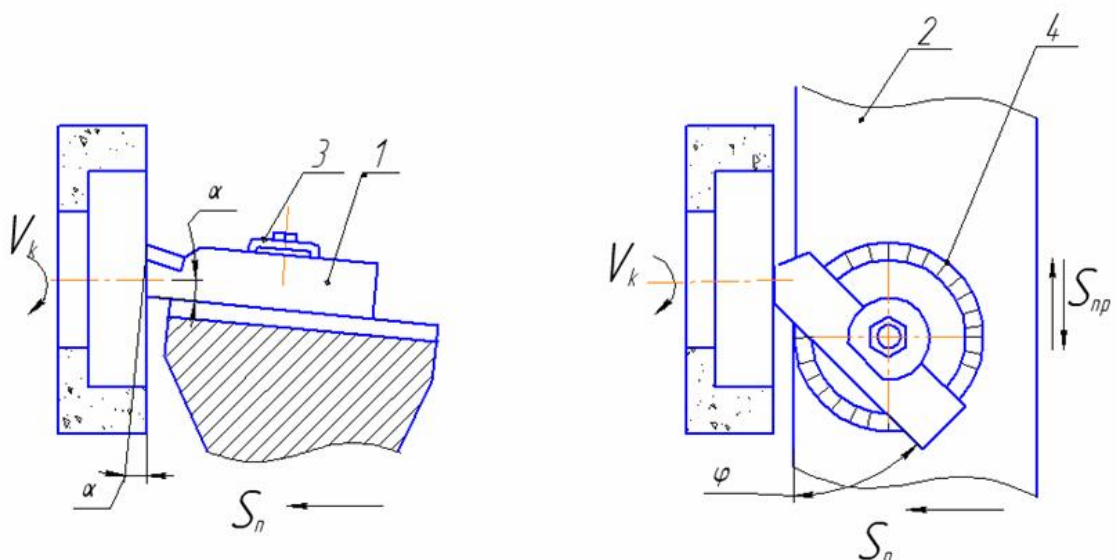


Рисунок 4 - Схема заточування різця по головній задній поверхні на спеціальному верстаті мод. ЗЕ642Е

## **Зміст звіту по лабораторній роботі**

1. Назва роботи, її мета і задачі.
2. Характер зношування різця, порядок розрахунку величини сточування і кількості переточувань.
3. Порядок заточування і переточування різця з швидкорізальної сталі та твердого сплаву.
4. Призначення і принцип настроювання універсального заточувального верстата й трьохобертових лещат. Розрахунок кутів настроювання.
5. Схема заточування різця по задній поверхні на спеціальному заточувальному верстаті.
6. Характеристика абразивного круга для заточування різця зі швидкорізальної сталі і твердого сплаву.
7. Висновки.

## **Контрольні питання**

1. По яких поверхнях відбувається зношування різців? Який характер має зношування по цих поверхнях? Як визначити кількість металу, що сточується при переточуванні, і кількість переточувань?
2. По яких поверхнях і в якій послідовності заточують і переточують різці? Чому існує різниця в послідовності заточування і переточування різців? Які круги використовують для заточування?
3. На яких верстатах можна заточувати різці? В чому переваги і недоліки кожного з цих верстатів? Як здійснюється установка і закріплення різця при заточуванні на універсальному заточувальному верстаті?
4. Що таке трьохобертові лещата? Коли вони застосовуються? Як настроїти лещата для заточування різця? Чому для налагодження лещат необхідно проводити розрахунок налагоджувальних кутів?
5. Приведіть схему заточування різця по задній поверхні на спеціальному заточувальному верстаті. Як закріплюється різець? Як налаштувати верстат на задані кути?

## **Література**

1. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общ. ред. А.Р. Маслова. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 464 с. ил.
2. Каратыгин А.М., Коршунов Б.С. Заточка и доводка инструмента – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1977. – 183 с.
3. Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по спец. “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с., ил.

4. Заточка режущего инструмента /С.А. Попов, Л.Г. Дибнер, А.С. Каменкович –М.: Высш.шк., 1970. – 320 с.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ  
«ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ СВЕРДЕЛ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА  
ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ**

Дніпропетровськ ДВНЗ УДХТУ 2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ  
«ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ СВЕРДЕЛ» З КУРСУ «ЕКСПЛУАТАЦІЯ  
РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІV КУРСУ ДЕННОЇ ТА  
ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ

*Затверджено на засіданні кафедри  
хімічного машинобудування.  
Протокол №10 від 17.06.2011*

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Технологія заточування свердел» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання / Укл.: Кіжаєв С.О., Стовпник О.В. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 13 с.

Укладачі: С.О. Кіжаєв, канд. техн. наук  
О.В. Стовпник, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск В.І. Ситар, канд. техн. наук

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Технологія заточування свердел» з курсу «Експлуатація різального інструменту» для студентів IV курсу денної та заочної форм навчання

Укладачі: КІЖАЄВ Сергій Олексійович  
СТОВПНИК Олександр Володимирович

Редактор Л.М. Тонкошкур  
Коректор Л.Я. Гоцуцова

Підписано до друку 11.06.11. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф. Умов.-друк. арк. 0,88. Облік.-вид. арк. 0,96. Тираж 150 прим. Зам. № 64. Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

---

УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ – 5, просп. Гагаріна, 8.

---

*Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру*

## ТЕХНОЛОГІЯ ЗАТОЧУВАННЯ СВЕРДЕЛ

*Метою даної роботи є практичне закріплення студентами теоретичних знань щодо заточування круглого стержньового різального інструменту та контролю його параметрів.*

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

- Ознайомитися з конструкціями заточувальних верстатів, проаналізувати їх принципи роботи та технічні можливості;
- Ознайомитися з конструкціями пристосувань та номенклатурою шліфувальних кругів, які використовують для заточування свердел;
- Ознайомитися з технологією заточування та на прикладі спірального свердла одержати практичні навички її реалізації.

Після виконання роботи студенти повинні:

- Мати уявлення про призначення, конструкцію та принцип дії обладнання та пристосувань;
- Вміти правильно вибрати різальний інструмент для заточування та засоби контролю;
- Вміти вибирати й реалізовувати метод та спосіб заточування.

*Прилади та обладнання:* універсальний кутомір УМ – 127; штангенциркуль ШЦ – 150 – 0,02; стійка-штатив; індикатор годинникового типу ИЧ – 10 – 0,01; спіральне свердло зі швидкорізальної сталі; заточувальні верстати; набір зразків шорсткості поверхні ШЧ – 0,05 – 3,2 ГОСТ 9378 – 93.

### Теоретичні відомості

Різальні інструменти, які застосовуються для обробки отворів, по мірі їх затуплення піддаються заточенню для відновлення різальної здатності. Правильна заточка різальних граней і кутів інструменту збільшує його стійкість та продуктивність, забезпечує отримання необхідної чистоти поверхні і точності обробленого отвору.

Свердла різного призначення заточують при відносному русі шліфувального круга і свердла, створюваному кінематикою верстата. Задня поверхня виходить як колова послідовних положень дотичної зі свердлом площині круга. В залежності від форми задньої поверхні розрізняють три основні способи заточування: по конічній поверхні, по гвинтової поверхні і по двох площинах.

При роботі свердло зношується по задній і передній поверхнях, стрічці, куту, утвореному перетинанням різальної кромки і стрічечки, і по перемичці (рис. 1). Величини, що характеризують зношування:  $h_z$  - знос по задній поверхні,  $h_1$  - знос по стрічці,  $h_n$  - знос по передній поверхні,  $h_{\text{ц}}$  - знос циліндричної ділянки.

Зношування свердла по задній поверхні в периферійній частині різальної кромки ( $h_3$ ) є найпоширенішим і виникає внаслідок збільшення температури в зоні різання. Зношування свердла по передній поверхні ( $h_n$ ) має найбільшу величину при глибокому свердлінні. Зношування ділянки стрічки, що примикає до різальної частини свердла, ( $h_1$ ) залежить від величини деформацій, уводу свердла і інших факторів.

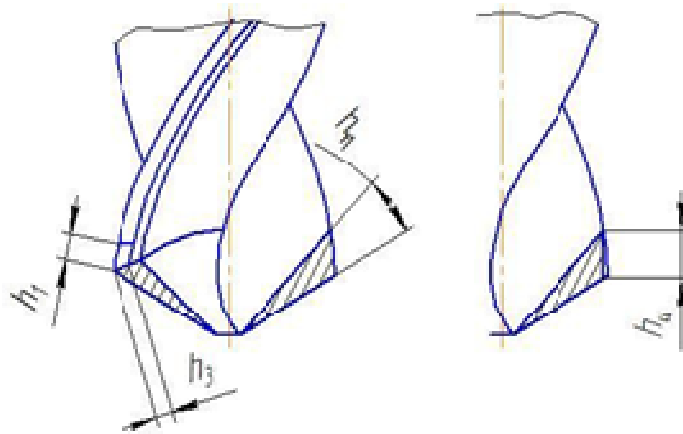


Рисунок 1 – Знос свердла

Оптимальну величину зносу свердел встановлюється залежно від оброблюваного матеріалу і діаметра свердла. За критерій затуплення свердла зі швидкорізальної сталі приймається  $h_3=0,5-1,2$  мм,  $h_k=0,5-1,0$  мм. Для свердел, оснащених пластинами із твердого сплаву,  $h_3=0,4-1,3$  мм. Більші значення зносу припустимі для свердел більшого діаметра.

При обробці чавуну обмежуючим є знос по задній поверхні  $h_3$ , при обробці сталі - знос по стрічках  $h_1$ .

При переточуванні свердла необхідно повністю видалити сліди зношування на його стрічках. Тому величина припуску при переточуванні дорівнює  $h=h_1+A$ , де  $A=0,14-0,15$  мм для швидкорізальних свердел і  $A=0,05$  мм для твердосплавних свердел.

Величина припуску на переточування для нормальних умов експлуатації визначається по таблицях або по наближених залежностях:

$h=0,1(D+1)$  - для швидкорізальних свердел;

$h=0,05(D+1)$  - для твердосплавних свердел.

### Способи заточування спірального свердла

Свердла заточують і переточують лише по головних задніх поверхнях. Способи заточування розрізняються за формою, яку вони забезпечують головним заднім поверхням, і за значеннями заднього кута. Форма задньої



поверхні, отримана в результаті заточування, залежить від характеру рухів інструмента і послідовності заточування лез свердла.

Вибір методу заточування залежить від діаметра свердла, діапазону задніх кутів і кутів при вершині, виду оброблення і інших факторів. При забезпеченні однакових кутів  $2\phi$  і  $\gamma$  всі методи заточування дають практично рівну стійкість свердел, але відрізняються по точності обробленого отвору. Найвищу точність отвору можна одержати при заточування по гвинтовій поверхні і двох-площинному заточуванні, тому саме ці два методи варто вважати найбільш перспективними.

Розрізняють заточування безперервне і роздільне.

При безперервному заточуванні обидві головні задні поверхні заточують без перестановки свердла. Таке заточування здійснюється по гвинтовій поверхні на спеціальному верстаті і використовується для заточування свердел при виготовленні в спеціалізованому інструментальному виробництві.

Роздільне заточування застосовується при переточуваннях свердел і має три різновиди - по конічній чи циліндричній поверхні або по площині. Залежно від способу заточування задні кути можуть бути постійними або змінними уздовж різальної кромки свердла.

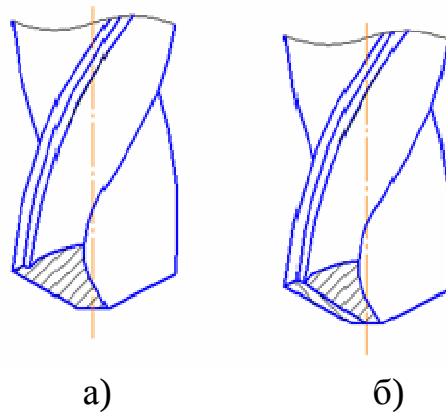


Рисунок 2 – Спосіб заточування свердла по площині:

а – одноплощинне заточування;

б - двоплощинне заточування

### ***Заточування по площині***

Технологічно найбільш простим є оформлення головної задньої поверхні у формі площини.

При плоскому заточуванні задня поверхня свердла є частиною площини (рис.2, а), а задні кути мають постійне значення уздовж різальної кромки. Щоб забезпечити достатні значення кінематичних кутів по всій довжині різальної кромки, їх варто приймати великими  $(22..50)^\circ$ . Це створює небезпеку викришування різальних кромки. Поперечна кромка свердла у цьому випадку прямолінійна і перпендикулярна до його осі.

Одноплощинне заточування не може забезпечити на різальній частині

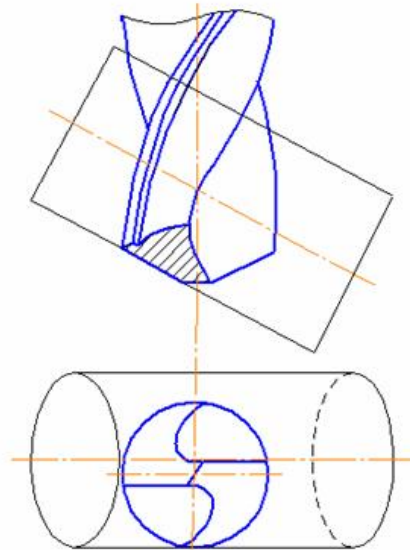
свердла незалежних значень заднього кута  $\alpha$  і кута нахилу поперечної кромки  $\phi$ . Щоб одержати незалежні значення величини цих кутів, варто оформляти кожний зуб свердла по двом площинам.

Свердла діаметром до 3 мм заточують по одній площині, понад 3 мм - по двох площинах. Заточування по площині має ряд переваг у порівнянні з іншими способами заточування:

- □ простота;
- □ не потрібні спеціальні заточувальні верстати і пристрої, її можна здійснити на універсально-заточувальному верстаті;
- □ достатньо висока точність заточування;
- □ стійкість свердел малого діаметра з плоским заточуванням при свердлінні вуглецевої або жароміцної сталі однакова або на 16...37% вище, ніж для свердел, заточених іншими методами.

Тому цей спосіб заточування знаходить застосування при заточуванні свердел малих діаметрів ( $\varnothing 5$  мм) або свердел з напаяними твердосплавними пластинками.

При двоплощинному заточуванні (рис.2, б) задня поверхня кожного зубця утворена двома площинами. Кожна із двох площин заточується окремо. Ребро перетинання площин проходить через вісь свердла паралельно головним різальним кромкам. Поперечна кромка свердла складається із двох похилих прямих з виступаючою центральною точкою, що поліпшує роботу свердла в початковий момент врізання і підвищує точність свердління.



*Рисунок 3 - Заточування свердла по циліндру*

Двоплощинне заточування створює найкращі умови для використання алмазних і ельборових кругів і забезпечує найменшу шорсткість задніх поверхонь свердла. Відрізняється найбільшою простотою. Кути  $2\phi$  і  $\gamma$  настраюють без перерахування.

Недоліком двоплосинного заточування є високі вимоги до точності кутової орієнтації зубців свердла (в 3-4 рази більш жорсткі, ніж при інших методах заточування).

Задній кут першої площини  $\omega_1$  вибирається залежно від оброблюваного матеріалу. Задній кут другої площини  $\omega_2$  приймають у межах 25—40°. Чим більше кут  $\omega_2$ , тим менше осьова сила і вище точність свердління. Однак різкий нахил другої площини зменшує жорсткість зубця, послабляє різальний клин і погіршує відведення тепла із зони різання.

Двоплосинна форма забезпечує хороше центрування свердла при врізанні і рекомендується для свердел, які застосовують на верстатах зі ЧПУ.

### ***Заточування по циліндру***

При заточуванні по цьому способі головна задня поверхня свердла являє собою частину циліндра, твірна якого збігається з головною різальною кромкою (рис.3.5).

Цей спосіб теж забезпечує одержання постійного значення заднього кута уздовж різальної кромки. Але, для його здійснення необхідно мати спеціальну головку для закріплення свердла. Тому він не одержав широкого поширення в промисловості.

### ***Заточування по конусу***

При заточуванні по конусу (рис. 4) головна задня поверхня кожного пера оформляється як частина конуса з кутом при вершині  $Q$ . Вісь конуса зміщена щодо осі свердла на величину  $K$  і становить із нею кут  $\delta$ , а відстань від вершини конуса до осі свердла дорівнює  $H$ . Відомі два різновиди конічного заточування: метод Уошборна ( $\delta = 200$  або  $450$ ) і метод Вайскера ( $\delta = 900$ ).

Отримане значення заднього кута залежить від величини зсуву  $K$ . Якщо  $K=0$ , то задні кути по всій довжині різальної кромки будуть негативними. Якщо  $K$  дорівнює радіусу серцевини свердла, то задні кути будуть рівні  $0^\circ$ . В обох випадках різання буде неможливо. Тому величину  $K$  вибирають рівною  $K=(0,5..0,7)D$ . Значення задніх кутів зростатиме з величиною зсуву  $K$ .

Для зручності налаштування верстата задаються не величини  $H$  і  $K$ , а відношення  $K/D$  і  $H/D$ . Так для методу Уошборна  $H/D=1,8$ ;  $K/D=0,17$ .

Заточування по конусу забезпечує постійну міцність різальної кромки, тому що біля периферії свердла задній кут має мінімальне значення, а передній – максимальне, біля серцевини - навпаки. При заточуванні методом Уошборна збільшення заднього кута в міру наближення до серцевини відбувається швидше, ніж при заточуванні методом Вайскера. Це створює більш легкі умови роботи. Тому переважно використовують метод Уошборна.

Схема заточування свердла по конічних поверхнях на верстаті мод 3Е652 наведена на рис. 5. Цей верстат забезпечує заточування задніх поверхонь свердла методом Уошборна торцевою поверхнею круга форми ПВ. У процесі

заточування свердло 2, установлене в призмі тримача свердла 3, здійснює повільний гойдальний рух навколо цапфи 4.

Після заточування одного зубця свердло вручну повертають на  $180^\circ$  і заточують другий зуб. Це є основним недоліком методу, тому що складно забезпечити симетричність заточування обох різальних кромок.

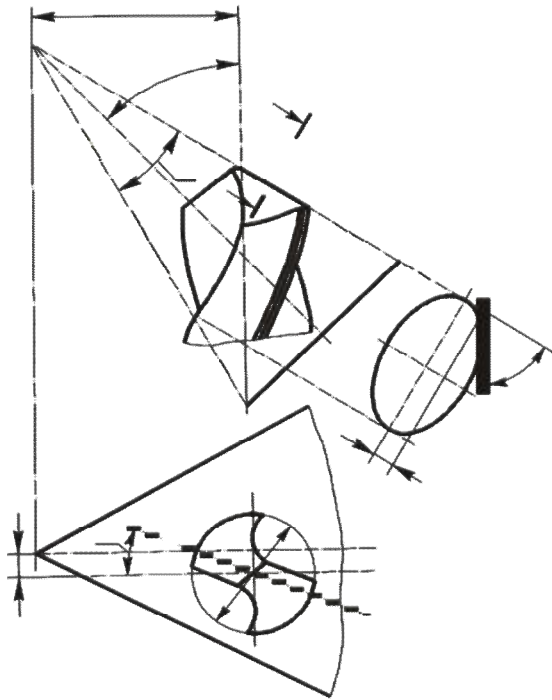


Рисунок 4 – Формування конічної задньої поверхні свердла

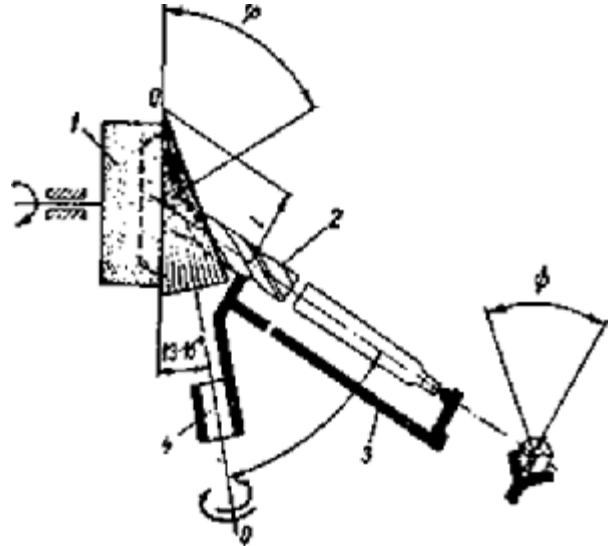


Рисунок 5 – Схема заточування свердла по конусу

Критерієм правильного заточування служить одержання необхідних кутів при вершині  $2\phi$ , кута нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$ , заднього кута  $\alpha$  для точок різальної кромки, що лежать на периферії і у серцевині.

Крім зазначеного верстата, заточування свердла по конусу може здійснюватися на верстатах 3657, МФ73, МФ201 і ін.

### ***Заточування по гвинтовій поверхні***

Гвинтова форма задньої поверхні забезпечує, у порівнянні з конічною, більш раціональну зміну задніх кутів, а поперечна кромка виходить більш опуклою, що сприяє кращому самоцентруванню свердла при роботі. Технологічною перевагою гвинтового заточування є те, що формотворні рухи кінематично взаємозалежні так, що на один оберт свердла приходить два цикли зворотно-поступальних рухів. Таким чином, забезпечується безперервне шліфування обох головних задніх поверхонь при кожному оберті свердла. Це забезпечує більшу точність і продуктивність заточування. Процес гвинтового заточування може бути автоматизований.

Недоліки цього методу пов'язані з порівняно складним характером взаємозв'язку між параметрами настроювання верстата і геометричними параметрами свердла, що ускладнює настроювання верстата.

При обробці гвинтових задніх поверхонь свердла на верстаті (рис.6) для утворення заданих геометричних параметрів служать п'ять рухів:

1 Обертання шліфувального круга 2 навколо своєї осі із заданою швидкістю різання ( $V_k$ )

2 Зворотно-поступальний рух гільзи 1 шпиндельної бабки із шліфувальним кругом, паралельно його осі, який здійснюється за допомогою кулачка 4, розташованого на торці гільзи 1 ( $S_{np}$ ).

3 Планетарний рух шпинделя з кругом в площині, перпендикулярній до його осі, що забезпечує переміщення робочої поверхні шліфувального круга уздовж різальної кромки свердла ( $S_n$ ). Планетарний рух шліфувального круга здійснюється за рахунок ексцентричного розташування осі шпинделя 3 відносно осі гільзи 1. Обертання гільзи здійснюється через шестірню 5.

4 Обертання патрона з затиснутим інструментом навколо його осі, кінематично зв'язане (через передачу 8 — 11) з обертанням гільзи, планетарним рухом гільзи і планетарним рухом круга ( $V_d$ ).

5 Переміщення патрона 7 з оброблюваним інструментом до круга на величину подачі ( $S$ ).

Перші три рухи зв'язані між собою кінематично і служать для формоутворення задньої гвинтової поверхні на інструменті. Крім того, другий рух забезпечує рівномірний характер зношування круга.

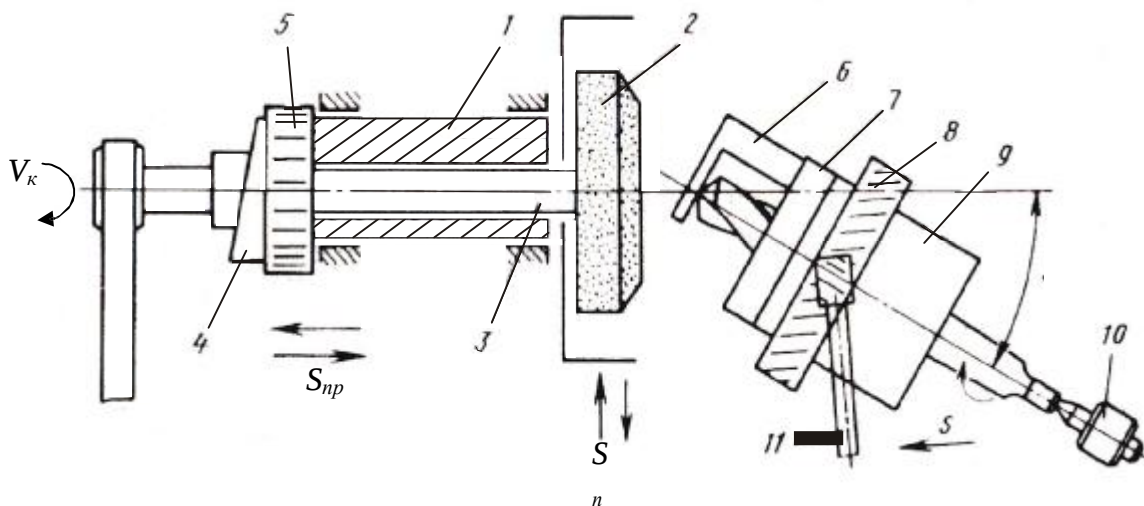


Рисунок 6 - Схема заточування свердла по гвинтовій поверхні

Перед заточуванням свердло встановлюють в тримач. Каретку верстата, що несе патрон і свердло, розвертають навколо вертикальної осі по шкалі верстата на необхідний кут в плані свердла  $\varphi$ . Свердло у патроні встановлюють по спеціальному відкидному упору 6, який закріплений шарнірно на торці

патрона. При настроюванні упор встановлюють перпендикулярно торцю патрона. Для установки свердла в корпусі упору передбачена рухлива планка, що переміщається по шкалі. Планку за допомогою гвинта встановлюють на розмір, який дорівнює діаметру серцевини свердла. Свердло упирають вершиною у внутрішню поверхню упору, а різальну кромку встановлюють на поверхню планки.

За допомогою такої установки забезпечують постійний заданий виліт свердла і задану кутову орієнтацію його в патроні, при яких формотворні рухи круга будуть погоджені з розташуванням зубців свердла. Після закінчення установки упор прибирають.

Для шліфування придатний круг форми ПВ, на торці якого заправлена конічна ділянка з кутом  $156^\circ$ . Можливе заточування периферією круга форми ПП (рис.7). Цей спосіб є єдино можливим при заточуванні комбінованих свердел. Заточування по гвинтовій поверхні забезпечують напівавтомати З658, З659А моделей ВЗ-37, ВЗ-38, автомати МФ138, ВЗ-32.

### ***Способи заточування, що забезпечують зменшення зношування свердла***

Найбільше зношуються свердла в точці стику головної і допоміжної різальних кромок. В основному це спостерігається для свердел великого діаметра ( $>10-12$  мм).

Щоб підвищити їх стійкість використовують подвійне заточування, при якому свердло заточують із кутом при вершині рівним  $2\phi = (116-120)^\circ$ , а на периферії створюється додаткова різальна кромка довжиною  $0,2D$  з кутом при вершині  $2\phi_1 = (70-75)^\circ$ . Поперечна кромка свердла має негативні передні кути і не ріже метал, а скоблить його, тому для зменшення опору різанню у свердел діаметром більше 15 мм поперечну кромку підточують.



Рисунок 7 - Заточування свердла периферією круга 0,1-0,3 мм.

Підточування роблять для зменшення довжини поперечної різальної кромки або для збільшення величини передніх кутів біля серцевини свердла.

Найчастіше підточування проводять таким чином, щоб зберегти поперечну кромку довжиною  $0,1D$ .

Для свердел середнього діаметра добре зарекомендувало себе підточування передньої поверхні уздовж всієї різальної кромки з утворенням більшого переднього кута і залишенням фаски шириною 0,2 0,3 мм.

Крім підточування перемички, роблять підточування стрічки для зменшення поверхні її тертя з обробленим отвором. Підточування стрічки виконується на довжині  $0,2D$  для свердел діаметром 12-80 мм. У результаті підточування на стрічці створюються допоміжні задні кути  $\alpha_1=(1-5)^\circ$  і зберігається фаска.

Основні форми заточування свердел залежно від їхнього діаметра і умов роботи наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Форми заточування свердел

| Діаметр свердла, мм | Форма заточування                                        | Ескіз                                                                                | Оброблюваний матеріал                                                           |
|---------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 0,25-12             | Одинарна (нормальна) Н                                   |   | Сталь, сталеве литво, чавун                                                     |
| 12-80               | Одинарна з підточуванням поперечної кромки НП            |   | Сталеве литво з кіркою $\sigma_b \geq 500 \text{ Н/мм}^2$                       |
|                     | Одинарна з підточуванням поперечної кромки і стрічки НПЛ |  | Сталь і сталеве литво зі знятою кіркою $\sigma_b \geq 500 \text{ Н/мм}^2$       |
|                     | Подвійна з підточуванням поперечної кромки ДП            |   | Сталь і сталеве литво $\sigma_b \geq 500 \text{ Н/мм}^2$ чавун з кіркою         |
|                     | Подвійна з підточуванням поперечної кромки і стрічки ДПЛ |  | Сталь і сталеве литво $\sigma_b \geq 500 \text{ Н/мм}^2$ чавун зі знятою кіркою |
|                     | Без перемички                                            |   | Розсвердлювання                                                                 |

### Зміст звіту по лабораторній роботі

1. Назва роботи, її мета, задачі.
2. Ескіз свердла з геометричними і конструктивними параметрами.
3. Для даного свердла розрахувати і побудувати графік зміни величини переднього кута уздовж різальної кромки.
4. Характер зношування свердла.
5. Схеми і коротка характеристика різних способів заточування свердел.
6. Оформити протокол результатів.
7. Висновки.

Таблиця 2 – Протокол результатів дослідження.

| Параметри          | Діаметр свердла по стрічкам $D$ , (мм)<br>(допуск 0,05мм) | Кут при вершині $2\alpha$ , (град)<br>(допуск $\pm 2^\circ$ ) | Величина заднього кута на пір'ях свердла, (град)<br>(допуск $\pm 1^\circ$ ) | Биття різальних кромки свердла, (мм)<br>(допуск 0,04мм) |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Перед заточуванням |                                                           |                                                               |                                                                             |                                                         |
| Після заточування  |                                                           |                                                               |                                                                             |                                                         |
| Похибка            |                                                           |                                                               |                                                                             |                                                         |

### Контрольні питання

1. Приведіть ескіз спірального свердла, укажіть його конструктивні параметри, поверхні і різальні кромки.
2. Що таке статична і кінематична геометрія свердла? У чому причина розходження статичних і кінематичних кутів?
3. Чому передній кут свердла змінний уздовж різальної кромки? Приведіть формулу залежності переднього кута від діаметра, на якому він міряється.
4. На що впливає і залежно від чого вибирається значення кута нахилу стружкової канавки свердла? Приведіть формулу залежності кута  $\omega$  від діаметра, на якому він міряється.
5. Що таке головний кут у плані? На що впливає і залежно від чого вибирається значення головного кута в плані свердла?
6. Які способи заточування свердла ви знаєте? Приведіть схеми, коротку характеристику різних способів заточування свердел.
7. По яких поверхнях зношується свердло? Зобразьте характер зношування свердла. Що приймається за критерій зносу?



8. Для чого підточують поперечну різальну кромку свердла? Які способи підточування ви знаєте?

9. У яких випадках застосовують подвійне заточування свердла? Які параметри подвійного заточування:

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общ. ред. А.Р. Маслова. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 2007. – 464 с. ил.

2. Каратыгин А.М., Коршунов Б.С. Заточка и доводка инструмента – 3-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 1977. – 183 с.

3. Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по спец. “Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты”. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с., ил.