

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Технології машинобудування»

В авторській редакції

АБРАЗИВНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

Навчально-методичні рекомендації
до проведення практичних занять

Електронне видання

ДНІПРО
2025

Упорядник:
В. М. Анісімов

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
«Технологія машинобудування»
спеціальності 131 «Прикладна механіка» (магістерський рівень)
Протокол № 5 від 18.03.2025 р.

А 16 Абразивна обробка матеріалів : навчально-методичні рекомендації до проведення практичних занять / упоряд. В. М. Анісімов ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 38 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання здобувачами вищої освіти денної та заочної форми навчання за спеціальністю 131(G9) – прикладна механіка освітніх програм «Технологія машинобудування» та «Інтегровані технології виробництва» другого (магістерського) рівня під час виконання практичних занять з дисципліни «Абразивна обробка матеріалів».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретично-практичні положення для засвоєння матеріалу, приклади виконання завдань, варіанти індивідуальних завдань, рекомендовану літературу.

ЗМІСТ

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	4
ВСТУП.....	5
1.ОСНОВНІ ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ І ВИДИ АБРАЗИВНОГО	
ІНСТРУМЕНТУ	6
2. ТИПИ АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ.....	8
2.1 Жорсткий абразивний інструмент.....	8
2.2 Вибір розміру круга.....	12
2.3 Вибір круга за абразивним матеріалом.....	12
2.4 Вибір зернистості круга.....	13
2.5 Вибір кругів за твердістю	14
2.6 Вибір структури або концентрації.....	16
2.7 Вибір круга за зв'язкою.....	17
2.8 Маркування абразивного інструменту.....	18
2.9 Гнучкий шліфувальний інструмент.....	20
2.10 Паста абразивні полірувальні.....	21
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ	
РОБОТИ № 1	22
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ	
РОБОТИ № 2	26
ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	28
ДОДАТОК А Варіанти завдання до практичної роботи № 1.....	29
ДОДАТОК Б Варіанти завдання до практичної роботи № 2.....	34

МЕТА РОБІТ: засвоєння знань по видах абразивного інструменту, способах його позначення, умовах і ефективності застосування.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

1. Виконати ескіз оброблюваної деталі з вимогами до якості обробленої поверхні згідно варіанту (додаток А - обробка шліфувальними кругами, додаток Б - обробка іншими видами шліфувально-полірувального інструменту).
2. Вибрати спосіб абразивної обробки деталі і відповідний інструмент.
3. Виконати ескіз абразивної обробки деталі з вказівкою напрямів головного і допоміжних рухів, методу кріплення заготовки.
4. Вибрати модель верстата для обробки, вказати основні паспортні дані верстата, що підтверджують можливість обробки деталі.
5. Обрати режими обробки, вид і спосіб подання МОР.
6. Перевірити можливість застосування вибраних режимів обробки на верстаті.

ВСТУП

Шліфування - одна з перших і найбільш важливих операцій, освоєних людством на зорі свого розвитку. Сталося це тоді, коли уперше в руках людини опинився камінь, який був усебічно досліджений в пошуку корисних результатів від застосування на інших предметах оточення. Окрім інших важливих дій, що здійснюються за допомогою каменю, їм можна було обдерти від сучків палицю і зіскоблити до загострення, перетворивши тим самим в знаряддя полювання або праці. Таким чином, використання абразивних властивостей каменю зіграло життєво важливу роль в нелегкому побуті древньої людини (abrasī (лат.) - скребти). Пізніше, здобич і обробка абразивних мінералів стали предметом промислів. Абразивний інструмент у вигляді точильних каменів, вирізаних з гірських порід кругів, відомий з глибокої старовини і його вдосконалення безпосередньо пов'язане з розвитком ремесл, а згодом і технічним прогресом людства [1].

1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ, ВИЗНАЧЕННЯ І ВИДИ АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Абразивний інструмент - це інструмент або набір інструментів, визначальною ознакою якого є наявність абразивного матеріалу, що здійснює механічну обробку виробу.

Абразивний інструмент складається із зерен абразивних матеріалів, скріплених якою-небудь єднальною речовиною. Він виготовляється в основному з штучних і, в невеликій кількості, з природних абразивних матеріалів переважно шляхом формоутворення або нанесення на основу суміші, що складається з шліфувального зерна і єднального матеріалу, з подальшою термічною і механічною обробкою отриманих заготовок.

Абразивний інструмент умовно можна розділити на 3 види:

1. Абразивний інструмент фіксованої геометричної форми : круги усіх типів, кільця, сегменти, шліфувальні голівки, бруски і та ін. До складу абразивного інструменту цього типу входить абразивний матеріал певної зернистості або зернистостей, єднальне, наповнювачі і, при необхідності, зміцнюючі елементи. Основні технічні параметри: склад, твердість, структура, геометричні розміри.

2. Гнучкий шліфувальний інструмент: шліфувальна шкірка, шліфувальні стрічки, пелюсткові круги, сітчасті і фіброві диски, щітки з абразивонаповнених волокон.

Шліфувальна шкірка виготовляється на тканинній, паперовій або синтетичних основах (у тому числі сітчастою, нетканинною) з використанням шліфувального зерна, шліфувальних порошків і мікропорошків. Залежно від склеювальної речовини, що зв'язує абразивний матеріал і основу, шкірка може бути водостійкою (органічна водостійка смола) або неводостійкою (міздровий клей або неводостійка органічна смола);

Шліфувальні стрічки - залежно від призначення з шліфшкірки вирізуються стрічки необхідної довжини і ширини. Якщо кінці стрічки не склеєні між собою, то це - *бобіна*, якщо склеєні, то це - *нескінченна шліфувальна стрічка*;

Листи, диски з шліфувальної шкірки на різних основах, у тому числі на тих, що самоклеються. Виготовляються, в основному методом вирубання необхідної форми і розміру з шліфшкірки, що відповідає призначенню.

Пелюсткові круги - це круги, що складаються з радіально розташованих і жорстко закріплених однією з торцевих сторін пелюсток, вирубаних з шліфувальної шкірки. Залежно від конструкції кріплення на оправках робляться радіальні, торцеві. Універсальні в застосуванні.

Сітчасті диски і листи - виготовляються з шліфшкірки на сітчастій основі(лавсан, склотканина і так далі) методом вирубання. Використовуються натомість шліфшкірки (полірування) і фібрових дисків (зачистка поверхонь). При збільшеній кількості єднальної речовини отримують жорсткі сітчасті диски, які використовуються для розрізання заготовок малого діаметру і дорогих матеріалів;

Фіброві диски - абразивні диски, виконані нанесенням шліфувального матеріалу на фіброву основу або методом вирубання дисків з підготовленої фібрової основи

Фібра - твердий, гнучкий і пластичний матеріал з целюлози, просочений хлористим цинком. Фіброві диски використовуються для зачисних і шліфувальних операцій.

Щітки з абразивонаповнених волокон - аналог металевих щіток різної форми, в яких дріт замінений на нитці з синтетичного матеріалу з включеними в них, при їх екструдюванні, абразивними зернами, або з нанесеними на поверхню ниток абразивом.

Абразивні диски, листи, губки на волокнистій основі типу SCOTCH - BRITE виготовляються методом вирубання з абразивонаповненого нетканинного полотна.

3. Вільний абразив і пасти : Абразивними пастами називаються суміші абразивних матеріалів з неабразивними різної густини, від досить твердих брикетів до абсолютно рідких. І пасти, і вільний абразив використовуються для операцій доведення, полірування і притирання.

Основою для усього наведеного вище спектру абразивного інструменту є абразивні матеріали природного і штучного походження.

2. ТИПИ АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ

2.1 Жорсткий абразивний інструмент

Раніше, за стандартами СРСР, типи абразивних кругів прийнято було означати заголовними буквами, що несуть певне смислове навантаження, наприклад: ПП- прямий профіль; ПВ - пласкі з виточкою; До - кільця і так далі.

Нині позначення типів абразивного інструменту приведені у відповідність до міжнародного стандарту ISO, у ДСТУ внесено зміни і типи кругів позначаються цифрами. Основні типи абразивних кругів представлені на рисунку 1.

Основні типи голівок шліфувальних і шліфувальних сегментів представлено відповідно на рис. 2 і 3.

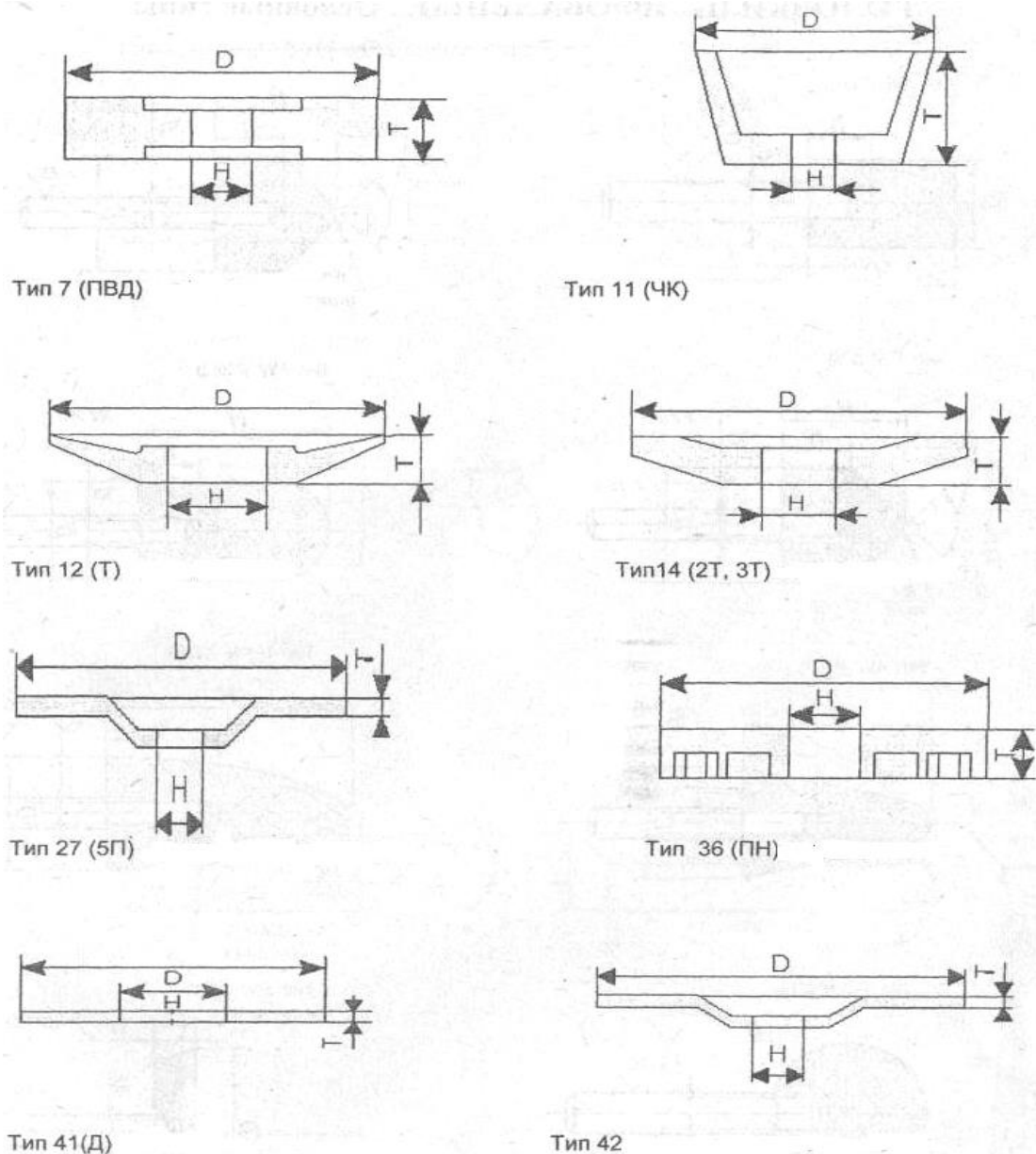


Рис. 1. Типи абразивних кругів

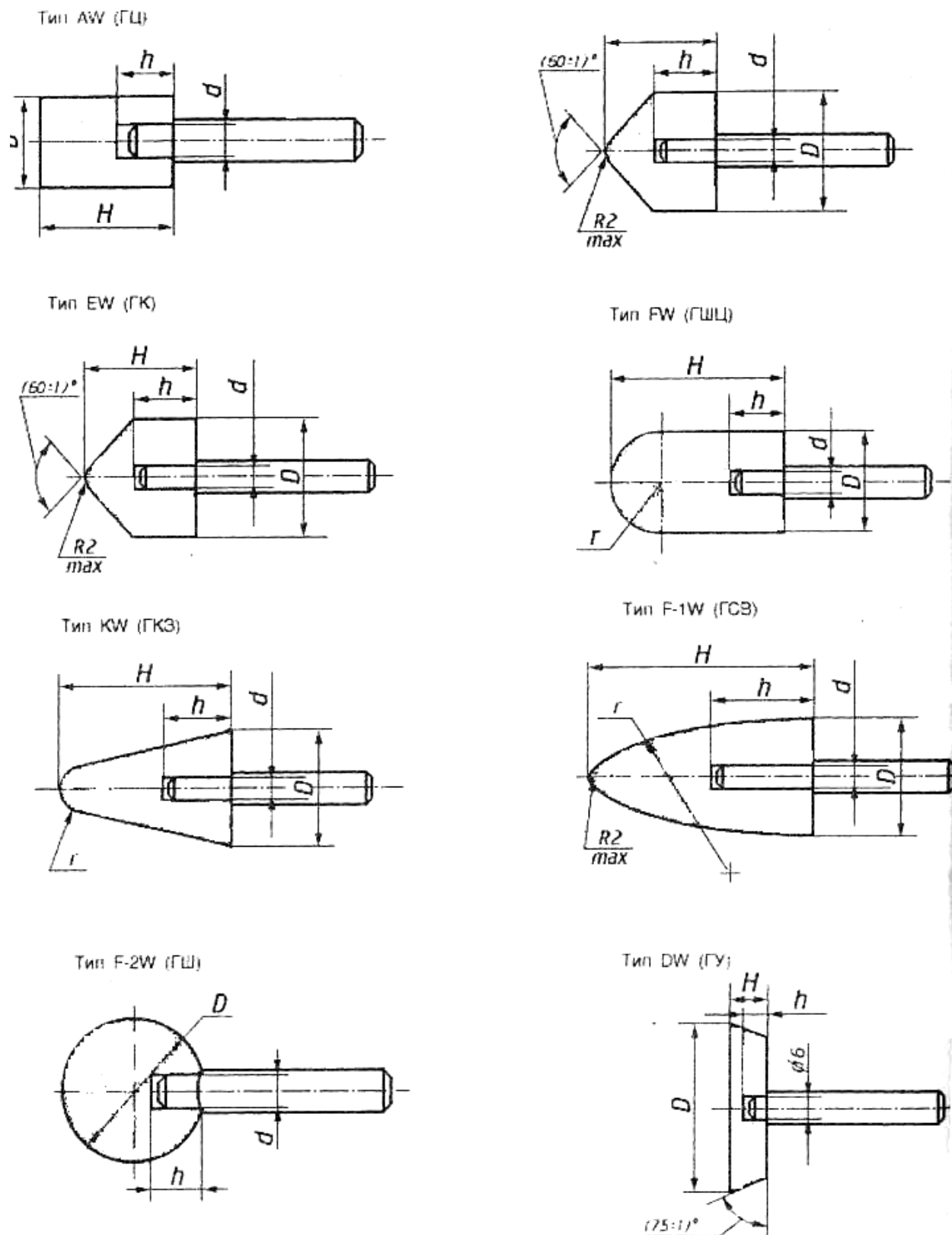


Рис. 2. Типи головок шліфувальних

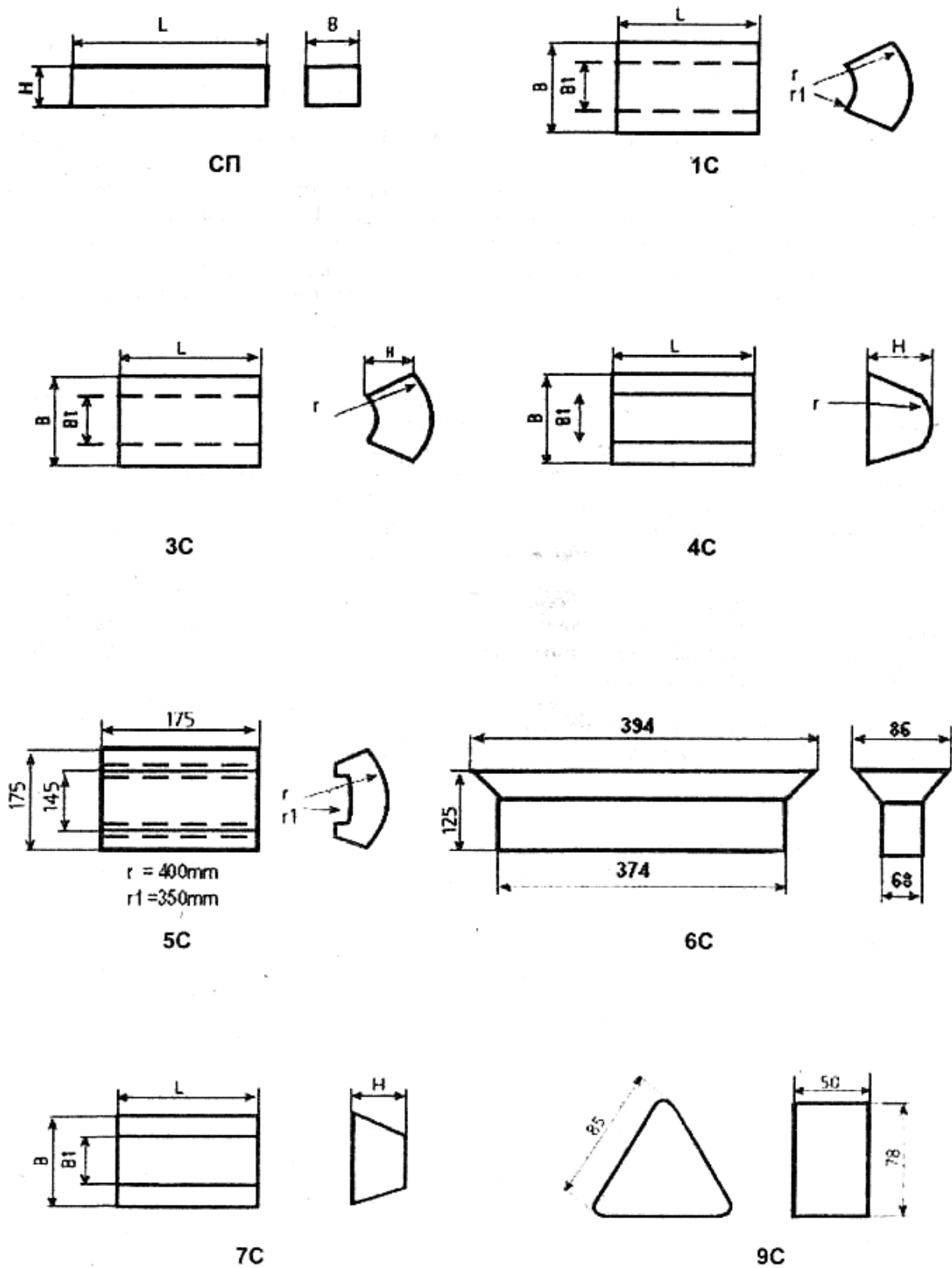


Рис. 3. Типи шліфувальних сегментів

Вибір марки абразивного матеріалу здійснюється згідно таблиці 1.

Таблиця 1 – Вибір абразивного матеріалу

Характеристика оброблюваного матеріалу і операції, яка виконується	Марка абразивного матеріалу						
	13A	14A	25A	53C	54C	63C	64C
Обробка матеріалів з високим опором розриву. Це — обдирання сталевих виливків, поковок, прокату, сталистих високоміцних і вибілених чавунів, ковкого чавуну, напівчиста обробка різних деталей машин з вуглецевих і легованих сталей в незагартованому і загартованому вигляді, марганцевистої бронзи, нікелевих і алюмінієвих сплавів							
	X	X					
Обробка загартованих деталей з вуглецевих, швидкорізальних і нержавіючих сталей, хромованих і нітрованих поверхонь.							
			X				
Обробка тонких деталей і інструментів у безприпіковому режимі (штампи, зуби, шестерні, різьбовий інструмент, тонкі ножі, леза, сталеві різці, свердла, деревооброб. ножі і тому подібне).							
			X				
Обробка деталей(плоске внутрішнє і профільне шліфування) з великою площею контакту між кругом і оброблюваною деталлю, що супроводжується інтенсивним теплоутворенням. Фінішне шліфування (хонінгування, суперфінішування і так далі).							
			X				
Обробка твердих матеріалів з низьким опором розриву (чавун, бронзове і латунне литво, тверді сплави, коштовне каміння, скло, мармур, граніт, фарфор, твердий каучук і тому подібне), а також дуже в'язких матеріалів (жароміцних сталей, сплавів, міді, алюмінію, гуми).							
				X	X	X	X

2.2 Вибір розміру круга

Правильний вибір характеристики абразивного інструменту для конкретних умов роботи має важливе значення для підвищення продуктивності шліфування, отримання деталей потрібної якості, усунення браку та зниження вартості обробки.

Форму абразивного інструменту обирають в залежності від конструкції верстата, кріпильних пристосувань і характеру роботи, яка виконується. В табл. 2, як приклад, наведена область застосування абразивних і ельборових кругів різної форми.

Таблиця 2 – Призначення основних форм шліфувальних кругів

Форма шліфувального круга	Область застосування
Прямокутного профілю Тип 1 (ПП)	Універсальне застосування. Найбільш розповсюджені випадки в залежності від діаметра круга, мм : До 150 – внутрішнє шліфування; 150 – 500 – заточування інструменту; 250 – 1100 – кругле зовнішнє шліфування; 250 – 600 – без центрове шліфування; 200 - 450 – пласке шліфування периферією круга; 150 – 600 – ручне обдирне шліфування; 100 – 500 - різешліфування

При виборі розміру круга слід брати як можливо більші розміри за діаметром і шириною, оскільки це покращує умови шліфування і зменшує вартість обробки. Верхня межа розмірів круга обмежується конструкцією і розмірами верстата, а іноді і розмірами та формою деталі.

2.3 Вибір круга за абразивним матеріалом

Область застосування абразивного матеріалу визначається фізико-механічними властивостями матеріалу заготовки і умовами шліфування. Рекомендації щодо вибору матеріалу абразивних зерен наведено в табл. 1 та 3. Вітчизняні виробники шліфувального інструменту поступово переходять на маркування своєї продукції у відповідності із міжнародними стандартами. Тому, у подальшому при викладанні матеріалу будуть використовуватись показники за діючими стандартами в Україні а також за стандартами європейських виробників абразиву FEPA (Federation of European Producers of Abrasives).

Таблиця 3 – Основні області застосування абразивних матеріалів

Марка абразивного матеріалу		Область застосування
ДСТУ	FEPA	
14A	A	Обробка матеріалів з високим опором розриву, обдирання сталевих виливків, прокату, високоміцних чавунів, обробка вуглецевих і легированих сталей, бронзи, нікелевих і алюмінієвих сплавів.
25A	WA	Обробка загартованих деталей з вуглецевих, швидкорізальних і нержавіючих сталей. Обробка тонких деталей і інструментів (зуби, ножі, свердла, різці), заточка.
38A	ZK	Силове обдирне шліфування сталевих заготовок.
54 C; 63C	C; GC	Обробка твердих матеріалів з низьким опором розриву (чавун, бронза, латунь, тверді сплави, скло, коштовне каміння, мармур, граніт, фарфор), а також дуже в'язких матеріалів (жароміцних сталей, сплавів, міді, алюмінію).

2.4 Вибір зернистості круга

Вибір зернистості круга залежить від виду шліфування, потрібної шорсткості поверхні, точності обробки та величини припуску, що знімається. Області застосування абразивних інструментів різної зернистості наведено в таблиці 4.

Найбільш широко застосовують абразивні круги середньої зернистості 40-16, які забезпечують високу продуктивність при досягненні потрібної шорсткості поверхні і точності обробки. Номер зернистості слід збільшувати (тобто застосовувати більш крупнозернисті круги) у наступних випадках:

- при збільшенні припуску на обробку;
- для зменшення безпеки засалювання кругів і появи припікання на деталі;
- для підвищення продуктивності шліфування;
- для збільшення колової швидкості шліфувального круга;
- при переході на шліфування кругами на бакелітовій і вулканітовій зв'язках замість керамічної;
- при збільшенні в'язкості і зменшенні твердості матеріалу, який шліфується;
- при зменшенні номеру структури круга.

При виборі зернистості алмазних кругів можливо керуватись наступними рекомендаціями:

- для попереднього шліфування – зернистість 200/160 – 100/80, марки АСР, АСВ;

- для чистового шліфування – зернистість 80/63 – 50/40, марки АСО, АСР;
- для доводочного шліфування – зернистість 40/28 і менше.

Таблиця 4 – Області застосування абразивних інструментів різної зернистості

Зернистість		Вид обробки
ДСТУ	FEPA	
200-80	F10-F22	Обдирні операції з великою глибиною різання, зачищення заготовок, виливків. Обробка матеріалів, які викликають засолювання поверхні круга (латунь, мідь, алюміній).
80-50	F22-F36	Відрізка, плоске шліфування торцем круга, заточування різців, правка абразивного інструменту.
63-25	F30-F60	Попереднє та комбіноване шліфування, заточування різального інструменту.
40-5	F40-F220	Пласке шліфування.
32-16	F54-F90	Чистове шліфування, обробка профільних поверхонь, заточка дрібного інструменту, шліфування крихких матеріалів.
12-6	F100-F180	Оздоблювальне шліфування, доведення твердих сплавів, доведення різального інструменту, сталевих заготовок, заточка тонких лез, попереднє хонінгування.
6-M50	F180-F280	Оздоблювальне шліфування металів, скла, мармуру і т. п., різешліфування, чистове хонінгування.
M63-M14	F230-F600	Суперфінішування, остаточне хонінгування, доведення тонких лез, різешліфування виробів з дрібним кроком, полірування

У випадку, коли попереднє і викінчувальне чистове шліфування відбувається одним кругом, то слід застосовувати круги зернистістю 100/80 – 63/50 із алмазами марок АСР, АСВ.

2.5 Вибір кругів за твердістю

Вибір твердості шліфувального круга залежить головним чином від виду шліфування, точності і форми деталей, які шліфуються, фізико-механічних властивостей матеріалу, типу верстата. Групи твердості абразивного інструменту наведено на рис. 4. Деякі загальні рекомендації щодо вибору твердості кругів наведено у табл. 5.

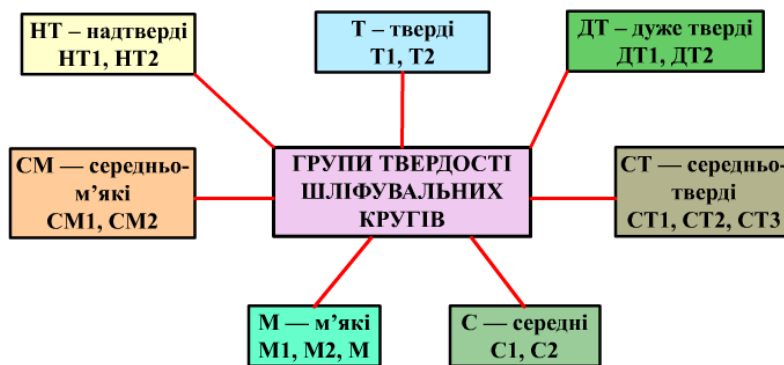


Рис 4. Групи твердості шліфувальних кругів

Таблиця 5 – Застосування кругів різної твердості

Твердість		Вид обробки
ДСТУ	FEPA	
НТ;ДТ	W;T	Обдирні операції, правка абразивних інструментів, шліфування кульок для підшипників.
T2;T1; СТ3;СТ2	S;R;Q;P	Відрізка, прорізання канавок, обдирні операції, що ведуться вручну, кругле зовнішнє шліфування, безцентрове шліфування, шліфування переривчастих поверхонь.
СТ2;СТ1; C2	P;O;N	Попереднє кругле зовнішнє і безцентрове шліфування сталі, ковкого чавуну. Профільне шліфування, обробка переривчастих поверхонь, хонінгування і різешліфування деталей з великим кроком.
СТ1;C2; C1	O;N;M	Пласке шліфування сегментами і кільцевими колами, різешліфування колами на бакелітовій зв'язці.
C2;C1; CM2;CM1	N;M;L;K	Чистове і комбіноване кругле, зовнішнє безцентрове і внутрішнє шліфування сталі, пласке шліфування, різешліфування, заточка ріжучих інструментів.
CM2;CM1; M3	L;K;J	Заточка і доведення різального інструменту, оснащеного твердим сплавом, шліфування важкооброблюваних спеціальних сплавів, полірування.

При обранні абразивних кругів за твердістю при шліфуванні необхідно враховувати наступні рекомендації:

- при роботі на верстатах із високою жорсткістю та вібростійкістю можливо використовувати більш м'які круги, ніж на легких верстатах;
- при шліфуванні периферією круга використовують більш тверді круги, ніж при шліфуванні торцем;
- при фасонному шліфуванні, різешліфуванні, точному шліфуванні використовують більш тверді круги;
- при шліфуванні із застосуванням МОР застосовують більш тверді круги, ніж при шліфуванні без охолодження;
- для усунення небезпеки появи припиків та тріщин слід застосовувати більш м'які круги.

2.6 Вибір структури або концентрації

Шліфувальні круги із електрокорунду, карбіду кремнію та ельбору складаються із трьох фракцій: абразивних зерен 3, зв'язки 1, газових пор 2 (рис. 5). Рекомендації щодо вибору номеру структури наведено у табл. 6.

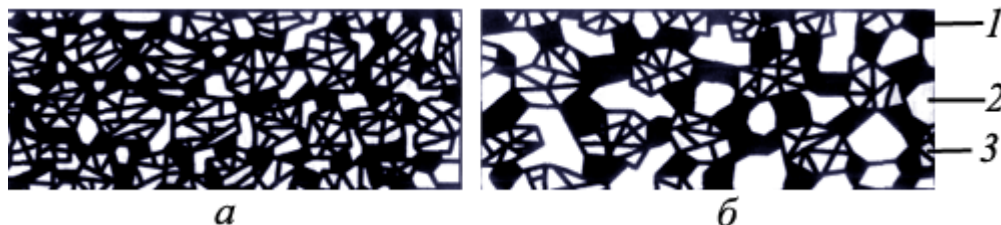


Рис. 5. Структура абразивного круга: 1-зв'язка, 2-газові пори, 3-абразивні зерна

Співвідношення об'ємів абразивного матеріалу, зв'язки та газових пор у кругу називають **структурою круга**. Структуру позначають номерами від 1 до 12 (об'ємна концентрація зерен відповідно від 62 до 40 %). При збільшенні структури на один номер вміст зерен зменшується на 2 %.

Таблиця 6 – Застосування шліфувальних кругів різної структури

Номер структури	Область застосування
1 - 3	Шліфування деталей із малим зйомом метала кругами на бакелітовій і керамічній зв'язках
3 - 4	Фасонне шліфування. Шліфування твердих і крихких матеріалів, доводка, шліфування із великими подачами, відрізні роботи
5 - 6	Універсальне застосування, майже для всіх видів шліфування (кругле зовнішнє, без центрове, плоске шліфування периферією круга)
7 - 8	Шліфування в'язких металів, плоске шліфування торцем круга, внутрішнє шліфування, заточка інструментів
9 - 12	Швидкісне шліфування, профільне шліфування дрібнозернистими кругами, шліфування різі
14 - 16	Для шліфування неметалевих матеріалів, для усунення опіків і тріщин при шліфуванні металів із низькою теплопровідністю

Шліфувальні круги щільної структури (1–3) мають дуже тісне розташування зерен та маленькі пори. Дані круги використовують обмежено, головним чином для доводочних робіт. Найбільше розповсюдження мають круги нормальної структури з 4 до 8. Відкрита структура (9-12) характеризується великою відстанню між абразивними зернами і, відповідно, кращим відводом і розміщенням стружки, що дозволяє працювати на підвищених режимах. Однак круги відкритої структури мають меншу міцність і формують вищу шорсткість. Останнього часу знаходять застосування високо

пористі круги (структура 13-20), величина пор у котрих досягає 2-3 мм, що значно перевищує розміри абразивних зерен. Дані круги за рахунок кращого тепловідводу із зони різання та умов розміщення стружки у міжзеренному просторі забезпечують високопродуктивне глибинне шліфування та заточку різального інструменту.

2.7 Вибір круга за зв'язкою

Зв'язка призначена для закріплення абразивних зерен у об'ємі круга. Рекомендації щодо вибору зв'язок до абразивних кругів наведено в табл. 7.

Таблиця 7 – Вибір зв'язки абразивних кругів

Вид зв'язки	Різновиди зв'язки		Область застосування
	звичайні абразиви	алмаз, ельбор	
Керамічна К	K2, K3		Виготовлення інструментів із карбіду кремнію
	K1, K2, K4 K5, K6, K8		Виготовлення інструментів із електрокорунду для всіх видів шліфування, крім розрізання, прорізання пазів, обдирання
		C10, 22M, K1	Інструменти із ельбору
		K5	Інструменти із синтетичних алмазів
Бакелітова Б	Б, Б1, Б2		Обдирання, шліфування, відрізання, прорізання пазів, плоске шліфування торцем круга, оздоблювальне шліфування дрібнозернистими інструментами
	Б3		Різешліфування, хонінгування
	БУ		Круги, які армовані склосіткою для роботи із швидкістю до 80 м/с
		Б1, Б2, Б156, Б8, ТО2	Для алмазних і ельборових інструментів
Вулканітова В	В, В1, В2, В3		Безцентрове шліфування, відрізання, прорізання і шліфування пазів, обробка сферичних поверхонь, чистове фасонне шліфування, полірування, оздоблювання
			Дрібнозернисті круги для викінчувальної обробки
Гліфталева, ГФ	ГФ		Декоративна обробка деталей
Поліформальдегід	ПФ		
Металічна М		M1, TM2, M5, MB1, MO13, MO4, MC6, MC15	Для алмазних інструментів

Table 1

форма розміри

форма кругу	розміри кругу	матеріал зерна	твердість кругу	зв'язка кругу	клас неурів- новаженості
ПП	500 × 50 × 305	24А	СМ1	К5	1
		40 – П зернистість кругу	7 струк- тура кругу	40м/с допуска швидкість обертання	кл А клас точності

1 ТИП АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ		4 ЗЕРНИСТІСТЬ			
1	прямокутний профіль (ПП)	ДСТУ	FERA	ДСТУ	FERA
2	кільцевий профіль (КП)	200	F10	50	F36
3	конічний профіль (2П)	160	F12	40	F40
4	із двостороннім конічним профілем (ЗП)	160	F14	40/32	F46
5	із виточкою (ПВ)	160/12 5	F16	32	F54
6	чашечці циліндричні (ЧЦ)	100	F20	25	F60
7	із двосторонньою виточкою (ПВД)	80	F22	20	F70
10	із двосторонньою виточкою і маточиною	80/63	F24	20/16	F80
11	чашечці конічні (ЧК)	63	F30	16	F90
12	тарільчасті пласкі (Т)	ПОРОШКИ			
14	тарільчасті	12	F100	6	F180
20	із односторонньою конічною виточкою	10	F120	5	F220
21	із двосторонньою конічною виточкою	8	F150		
23	із конічною і циліндричною виточками	МІКРОПОРОШКИ			
27	із утопленням центром	M63	F230	M40	F360
35	прямого профілю із працюючим торцем	M63/M 50	F240	M28	F400
36,37,40	із запресованими кріпильними елементами	M50	F280	M20	F500
38	із односторонньою маточиною з прац. торцем	M50/M 40	F320	M14	F600
41	диски відрізні	5 ТВЕРДІСТЬ			
42	диски відрізні із утопленням центром	BM1, BM2 (F, G)		надм'які	
СЕГМЕНТИ		M1, M2, M3 (H, I, J)		м'які	

Продовження табл.8

1		2	3
СП	прямокутні	СМ1, СМ2 (К, L)	середньом'які
1С	вгнуто-опуклі	С1, С2 (М, N)	середні
3С	вгнуто-пласкі	СТ1,СТ2,СТ3 (О,Р,Q)	середньотверді
4С	пласко-вгнуті	Т1, Т2 (R, S)	тверді
5С	у вигляді трапеції	ДТ1, ДТ2 (Т)	дуже тверді
6С	для шліфування підлоги	НТ1, НТ2 (V)	надтверді
7С	для плаского шліфування	6 СТРУКТУРА	
9С	для шліфування рельсів	1-2-3-4	закрита
БРУСКИ		5-6-7	середня
БП	прямокутні	8-9-10	відкрита
БКв	квадратні	11-12	високопориста
БТ	трикутні	7 ЗВ'ЯЗКА	
БКр	круглі	К (V)	керамічна
БПс	спеціальні	Б (B)	бакелітова
2 РОЗМІРИ КРУГУ		БУ (BF)	бакелітова зі зміцненням
D	зовнішній діаметр	Б4 (B4)	бакелітова із графітом
T	висота	8 РОБОЧА ШВИДКІСТЬ, м/с	
H	діаметр отвору	20; 25; 30; 35; 40; 50; 60; 80; 100	
3 ШЛІФМАТЕРІАЛ		9 КЛАС ТОЧНОСТІ	
14A (A)	електрокорунд нормальний	А; Б	
25A(WA)	електрокорунд білий	10 КЛАС НЕУРІВНОВАЖЕНОСТІ	
38A(ZK)	електрокорунд цирконієвий	1; 2; 3	
54C(C)	карбід кремнію чорний		

Позначення маркування на шліфувальному та відрізному кругах наведено на рис. 6.

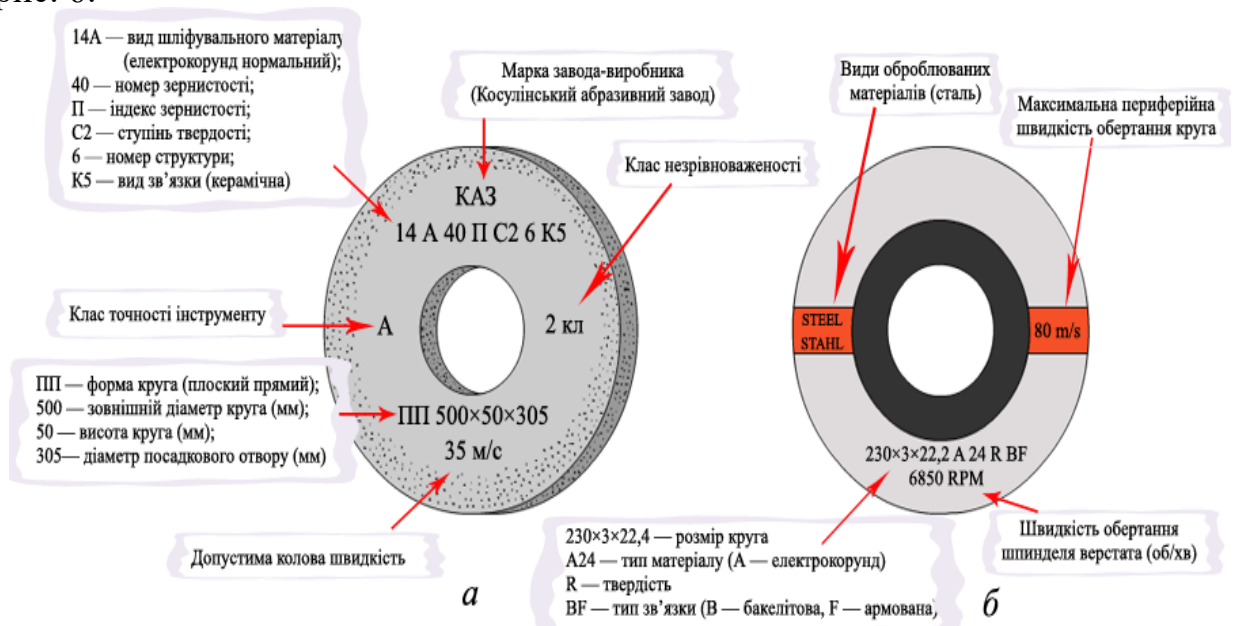


Рис.6. Маркування шліфувального та відрізного кругів

2.9 Гнучкий шліфувальний інструмент.

Шліфувальні стрічки

Шліфувальні стрічки умовно можна класифікувати залежно від призначення і типорозмірів на наступні типи:

Шліфувальні стрічки для вузькострічкових шліфувальних верстатів, шириною до 500 мм.

Ці шліфувальні стрічки застосовуються для шліфування на вузькострічкових шліфувальних верстатах типу ШлПС. Виготовляються з ш/шкірки на тканинній основі в широкому діапазоні характеристик.

Широкі шліфувальні стрічки, шириною від 500 до 2100 мм.

Цей тип стрічок застосовується на широкострічкових шліфувальних і калібрувально-шліфувальних верстатах.

Виготовляються з ш/шкірки на тканинній основі в широкому діапазоні характеристик.

Шліфувальні стрічки для ручного електроінструменту. Застосовуються на операціях шліфування з використанням ручних шліфмашинок. Є найбільш численним типом шліфстрічок. Типорозміри стрічок безпосередньо пов'язані з маркою і моделлю електроінструменту.

Круги пелюсткові КП з отвором (насадні) знайшли найбільш широке застосування в промисловості (рис. 7). Вони виготовляються діаметром від 120 до 400 мм і в основному встановлюються на стаціонарному устаткуванні, а також на ручному електроінструменті.

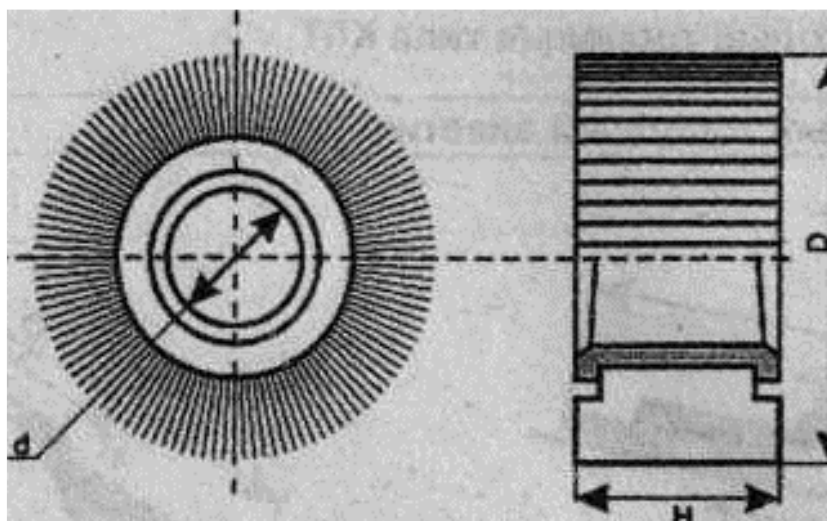


Рис. 7. Пелюстковий круг

У спеціальних автоматах для обробки ножово-пилкових виробів використовуються набори пелюсткових кругів у вигляді валів для шліфуванні і полірування заготовок по площині.

Шліфування і полірування зовнішніх і внутрішніх поверхонь посуду з нержавіючих сталей і алюмінію виконується на спеціальних машинах для отримання матових або блискучих поверхонь.

Круглошліфувальні верстати дозволяють використати КП для "подовжнього" зовнішнього шліфування циліндричних і конічних поверхонь заготовок, довжина яких перевершує висоту круга (валів, штоків, гільз і тому подібне) і "врізного" зовнішнього шліфування для циліндричних, конічних, ступінчастих і профільних поверхонь (шийок колінчастих валів, фланців, осей, цапф, кульових пальців і так далі).

На універсальному безцентрово-шліфувальному верстаті найефективніше робити полірування циліндричних, конічних і профільних поверхонь в умовах масового і багатосерійного виробництва.

Круги пелюсткові торцеві типу КПТ15

Цей вид пелюсткових кругів застосовується при обробці сферичних, циліндричних, фасонних поверхонь. Вони ефективно працюють і по плоских поверхнях, забезпечуючи при цьому рівномірність і плавність переходів, не утворюючи складок і інших дефектів.

В основному, вони використовуються на кутових шліфмашинах з електричним або пневматичним приводом.

Кузовні роботи в автомобілебудуванні, обробка криволінійних поверхонь в авіабудуванні, обробка деталей ліфтів, холодильників, великих місткостей і резервуарів; обробка плоских поверхонь з одночасною зачисткою зварних швів при виготовленні сейфів, інших зварних металоконструкцій - ось короткий перелік використання КПТ у металообробці.

Використовуються круги КПТ і при ремонтних, будівельних роботах, в побуті. Вони можуть бути виготовлені з шліфшкірки різної зернистості від Р40 до Р320, залежно від конкретних умов обробки.

Рекомендовані швидкості шліфування і полірування лежать в межах від 18 до 35 м/с залежно від оброблюваної деталі.

2.10 Паста абразивні полірувальні

Усі вищеописані види абразивного інструменту не можуть забезпечити доведення і полірування поверхонь до досконалої (дзеркальної). Для отримання таких поверхонь використовують тонкодисперсні абразивні матеріали(менш 40 мкм) у вільному виді, в суспензійному або у вигляді паст. Як полірувальний

інструмент використовуються притири, тканинні, повстяні або сизалеві круги, а також струминні апарати.

Найширше застосовуються полірувальні пасти, що складаються з абразивного і єднального матеріалу. Внаслідок цього характеристиками паст слід вважати: абразивний матеріал, зернистість, склад неабразивних матеріалів, концентрацію (процентна кількість абразивного матеріалу в пасті); консистенцію (міра густини пасти).

Абразивні матеріали в пастах - це тверді абразиви (усі види шліфматеріалів, описані вище) і м'які матеріали: окисел заліза, окисел хрому, маршаллит (порошок кремнезему SiO_2), крейдяна пудра, тальк. В якості зв'язки в пастах використовуються жири і олії, головним чином олеїн, стеарин, парафін, вазелін і так далі.

По консистенції пасти ділять на 3 групи: рідкі, мазеподібні і тверді (брикетовані)

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 1

Для прикладу виконання завдання беремо варіант № 24 (додаток Б).

1. Виконаємо ескіз заданої деталі з вимогами до якості обробленої поверхні (рис. 8).

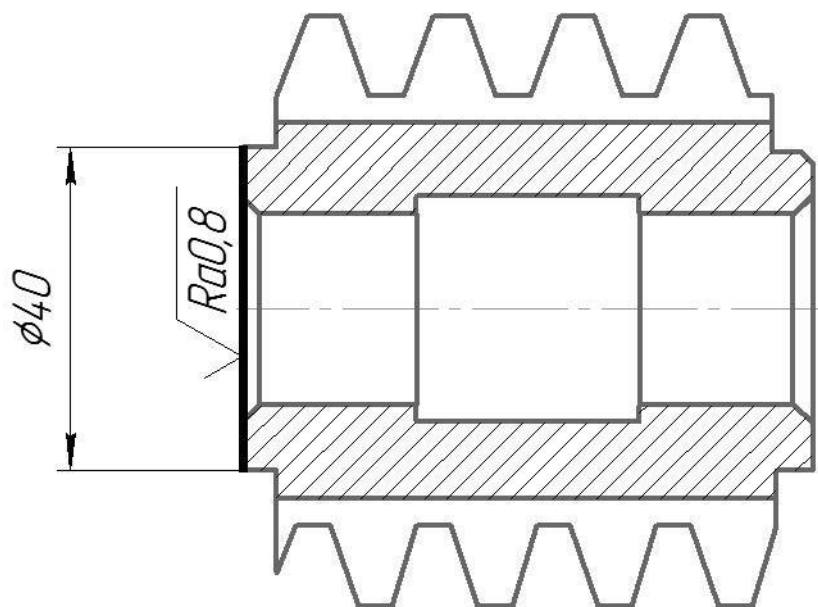


Рис. 8. Ескіз деталі з вимогами до якості обробленої поверхні

2. Обираємо спосіб абразивної обробки поверхні і відповідний інструмент.

Для обробки торцевої поверхні черв'ячної зуборізної фрези з шорсткістю $R_a = 0,8$ мкм обираємо шліфування. У даному випадку можливі два способи абразивної обробки: торцем і периферією абразивного круга. Оскільки діаметр торцевої поверхні дорівнює 40 мм, то найбільш раціональним у даному випадку є вибір периферійного шліфування з шириною круга більше 40 мм. Для цього обираємо абразивний круг прямого профілю (ПП). За міжнародним стандартом ISO це відповідає першому типу (1) Схематичне зображення обраного абразивного круга наведено на рис. 9.

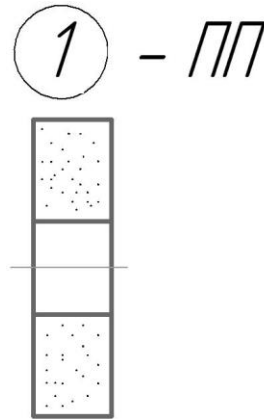


Рис. 9. Обраний тип абразивного круга

Із табл. 1 даних навчально-методичних рекомендацій обираємо абразивний матеріал марки 25А, оскільки фреза виготовлена із швидкорізальної сталі Р6М5. Обраний абразивний матеріал марки 25А представляє собою електрокорунд білий, що містить 96-99 % глинозему Al_2O_3 . За стандартами європейських виробників абразиву FEPA (Federation of European Producers of Abrasives) обрана марка абразивного матеріалу позначається як WA.

У відповідності до табл. 2 обираємо діаметр круга прямокутного профіля у межах 200-450 мм.

Із табл. 4 для умов плоского шліфування обираємо середню зернистість круга: за ДСТУ – 4-5, за FEPA – F40-F220.

Вибір твердості шліфувального круга залежить від виду шліфування, точності і форми деталей, фізико-механічних властивостей матеріалу. За табл. 5 для умов плоского шліфування обираємо шліфувальні круги середньої твердості С1, С2 або середньо-м'які СМ1, СМ2 (за ДСТУ), що відповідає твердості за FEPA – N, M, L, K.

Шліфувальні круги із електрокорунду складаються із трьох фракцій: абразивних зерен, зв'язки, газових пор. Співвідношення об'ємів абразивного матеріалу, зв'язки та газових пор має назву – структура круга. Структуру позначають номерами від 1 до 12 (об'ємна концентрація зерен відповідно від

62 % до 42 %. При збільшенні структури на один номер вміст зерен зменшується на 2 %. Відповідно до табл. 6 обираємо номер структури круга у межах 5-6 (об'ємна концентрація зерен 52 % - 54 %).

Вибір круга за зв'язкою здійснюємо відповідно до рекомендацій табл. 7. Для заданих умов обираємо вид зв'язки – керамічна (К) із різновидами К1, К2, К4, К5, К6, К8.

Виходячи із вищенаведеного обраний шліфувальний круг буде мати наступне маркування:

ПП 400x50 25А 40 С2 5 К2 40 м/с 1 кл. А

3. Виконуємо ескіз абразивної обробки торцевої поверхні фрези з вказівкою напрямів головного і допоміжних рухів, методу кріплення заготовки (рис. 10).

4. Для периферійного шліфування торцевої поверхні фрези обираємо плоскошліфувальний верстат з хрестовим (прямокутним) столом моделі 3Е710В-1 [12, стор. 37].

Основні технічні характеристики верстата 3Е710В наведено в табл. 9.

5. Обираємо режими обробки [11, стор. 300-303].

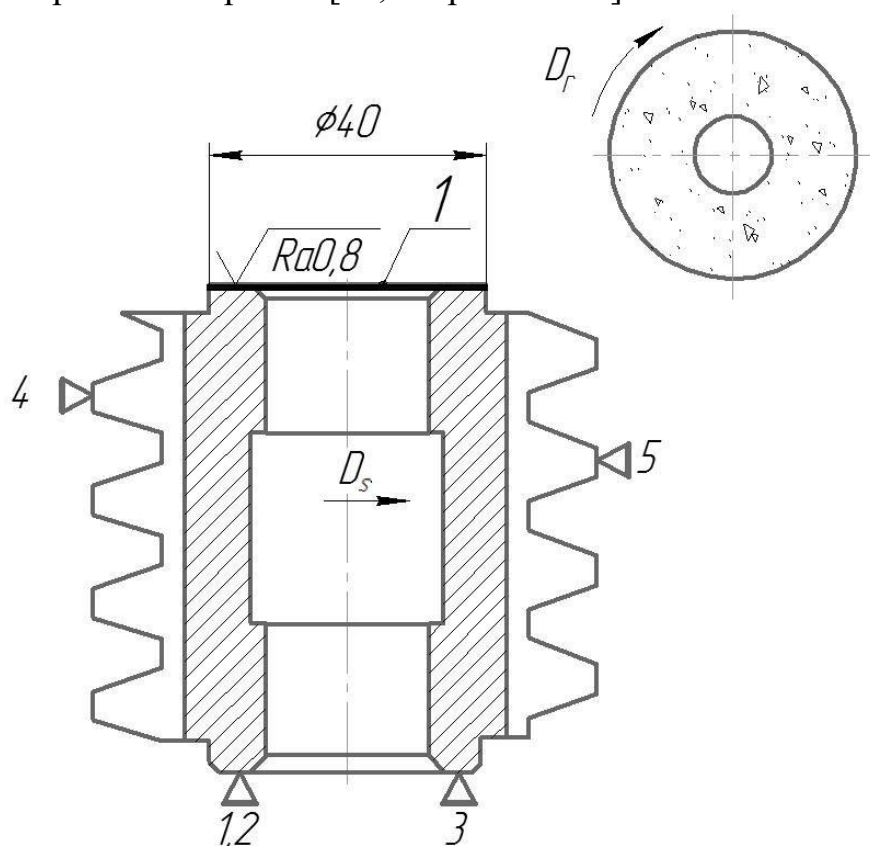


Рис. 10. Ескіз абразивної обробки торцевої поверхні фрези

Таблиця 9 - Основні технічні характеристики верстата 3E710B

Найменування технічної характеристики	Значення
1. Розміри робочої поверхні стола, мм	250 x 125
2. Найбільші розміри заготовок, які обробляються, мм	250 x 125
3. Вага заготовок, які обробляються, кг, не більше	50
4. Найбільша відстань від осі шпинделя до дзеркала столу, мм	300
5. Найбільше переміщення столу і шліфувальної бабки, мм: – поздовжнє – поперечне – вертикальне	320 160 200
6. Розміри шліфувального круга, мм	250 x 40 x 76
7. Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	1,5

Таблиця 10 – Режими обробки

Матеріал, що обробляється	Характеристика процесу шліфування	Швидкість круга, V_K , м/с	Швидкість заготовки, V_Z , м/хв	Глибина шліфування, t , мм	Поздовжня подача, S , мм/хід
Інструментальні сталі	Периферією круга				
	– попереднє	30 – 35	3 – 8	0,05 – 0,15	1,0 – 2,0
	– остаточне	30 – 35	3 – 8	0,01 – 0,015	1,0 – 1,5

Ефективна потужність (кВт) при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею розраховується за формулою:

$$N = C_N \cdot V_Z^r \cdot t^x \cdot S^y \quad (1.1)$$

Значення коефіцієнта C_N та показників ступеня обираємо за табл. 56 [12, стор. 303] і наводимо у табл. 11.

Таблиця 11 – Значення коефіцієнта C_N і показників ступеня в формулі потужності при шліфуванні

Вид шліфування	Матеріал, що обробляється	Шліфувальний круг		Коефіцієнт C_N та показники ступеня			
		зернистість	твердість	C_N	r	x	y
Пласке Шліфування периферією круга з прямокутним столом	Сталь загартована	40	C1, C2, CM1, CM2	0,7	0,7	0,5	0,5

Потужність для попереднього шліфування:

$$N = 0,7 \cdot 5^{0,7} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 2^{0,5} \cdot = 0,7 \cdot 3,085 \cdot 0,32 \cdot 1,41 = 0,97 \text{ кВт}$$

Потужність для остаточного шліфування:

$$N = 0,7 \cdot 5^{0,7} \cdot 0,012^{0,5} \cdot 1^{0,5} \cdot = 0,7 \cdot 3,085 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,22 \text{ кВт}$$

Таким чином потужність при попередній і остаточній обробці не перевищує потужність електродвигуна головного приводу (1,5 кВт).

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ № 2

Для прикладу виконання завдання беремо варіант № 24 (додаток Б).

1. Виконуємо ескіз оброблюваної деталі з вимогами до якості обробленої поверхні згідно варіанту

2. Обираємо спосіб полірування деталі і відповідний інструмент.

Оскільки задана деталь у вигляді ручки представляє собою фасонний виріб, то найбільш розповсюдженим є спосіб полірування її зовнішньої поверхні R155 абразивним інструментом на еластичній основі, який забезпечує мінімальний тиск різання (0,03-0,2 ГПа) незалежно від форми поверхонь, що обробляються.

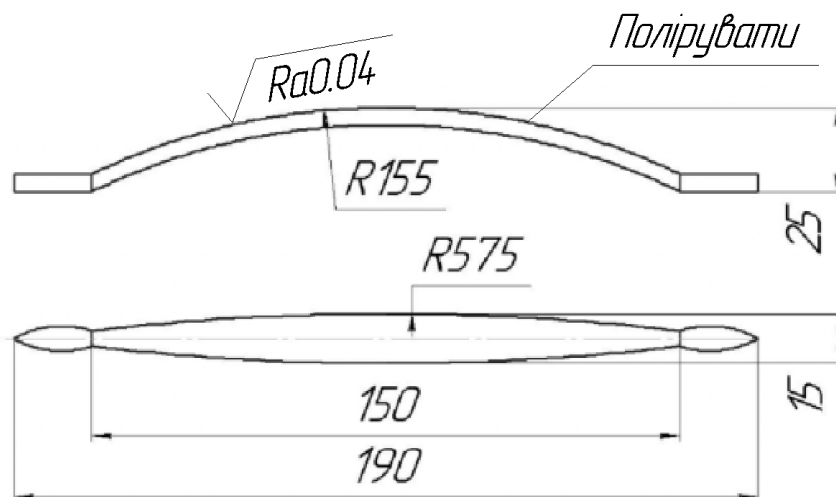


Рис. 11. Ескіз деталі з вимогами до якості обробленої поверхні

В процесі попереднього полірування можливо знімати припуск до 0,3 мм внаслідок застосування крупнозернистих абразивних порошків (зернистість 16-80) і високих швидкостей різання (15-35 м/с).

У якості абразивного інструменту при поліруванні доцільно використовувати еластичні круги.

Для отримання низьких параметрів шорсткості поверхні обробку доцільно проводити у декілька операцій (табл. 12) [11, стор. 442].

Таблиця 12 – Послідовність переходів при поліруванні

Перехід	Зернистість абразивного матеріалу	Параметр шорсткості поверхні, R_a , мкм
Обдирання	50-40 (F30-F40)	1,25-2,5
Шліфування	25-16 (F60-F90)	0,32-1,25
Полірування:		
- попереднє	12-8 (F100-F160)	0,16-0,63
- остаточне	6-M20 (F180-F200)	0,04-0,32
- чистове	M10-M5 з підведенням пасти ДОІ	0,02-0,08

Для чистового полірування заданої деталі до шорсткості R_a 0,04 мкм використовуємо текстильний круг з підведенням пасти ДОІ в зону різання.

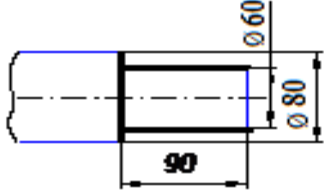
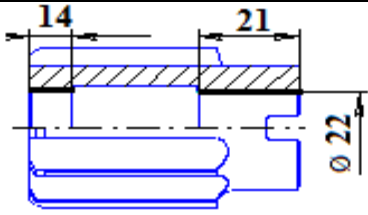
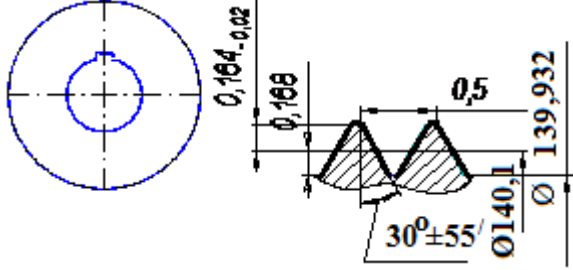
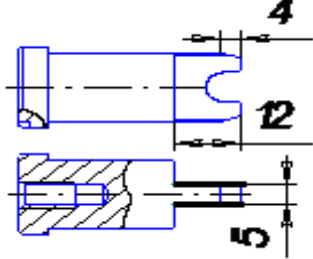
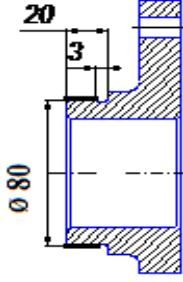
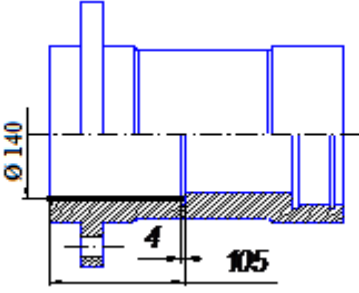
В умовах серійного виробництва для фасонного полірування зовнішніх і внутрішніх поверхонь декоративних виробів (отримання матових або блискучих поверхонь) з нержавіючих сталей використовуються спеціальні машини.

ВИКОРИСТАНА ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

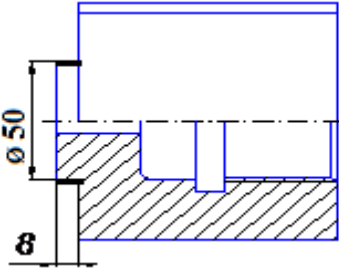
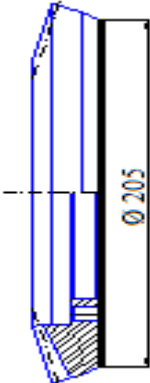
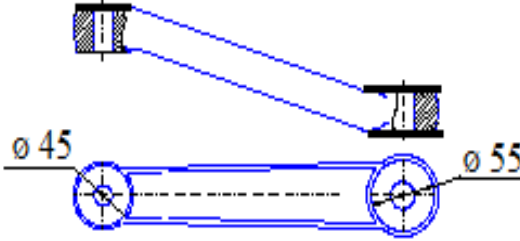
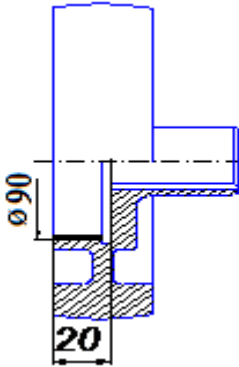
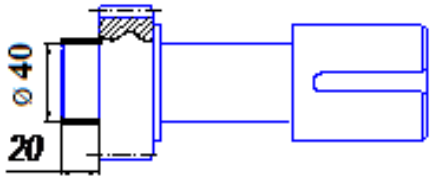
1. Методичні вказівки до практичних завдань по дисципліні «Абразивний інструмент і інструмент з надтвердих матеріалів» для студентів спеціальності 7(8).05050301 «Металорізальні верстати і системи» усіх форм навчання / розр.: В. В. Циганов. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 30 с.
2. Конспект лекцій з дисципліни «Абразивна обробка матеріалів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / уклад.: В. М. Анісімов. Дніпро : УДУНТ, 2022. 39 с.
3. Основи теорії різання матеріалів : підручник для ВНЗ / М. П. Мазур та ін. ; за заг. ред. М. П. Мазура. Львів : Новий світ – 2000, 2010. 422 с.
4. Залога В. О., Гончаров В. Д., Залога О. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навч. посіб. / за заг. ред. В. О. Залогі. Суми : Сумський державний університет, 2013. 371 с.
5. Нетрадиційні методи механічної обробки матеріалів : конспект лекцій / уклад.: Б. А. Ступін та ін. Суми : Сумський державний університет, 2016. 149 с.
6. Белятинський А. О., Бадах В. М., Першаков В. М. Новітні гідроструменеві технології для ремонтних робіт на автошляхах : монографія / за ред. д-ра техн. наук, проф. В. М. Першакова. Київ : ТОВ «НВФ «Славутич-Дельфін», 2017. 100 с.
7. Петраков Ю. В. Управління процесами шліфування : навч. посіб. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського. Київ : НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2018. 216 с.
8. Технологія машинобудування / П. П. Мельничук та ін. Житомир : ЖДТУ, 2005. 882 с.
9. Стратиевский И. Х., Юрьев В. Г., Зубарев Ю. М. Абразивная обработка : справочник. Москва : Машиностроение, 2010. 352 с.
10. Грабченко А. И., Доброскок В. Л., Федорович В. А. 3D моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования : учеб. пособ. Харьков : НТУ «ХПИ», 2006. 364 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя : В 2-х т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. Т. 1. 656 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя : В 2-х т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. Москва : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.

ДОДАТОК А

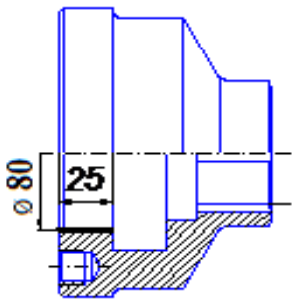
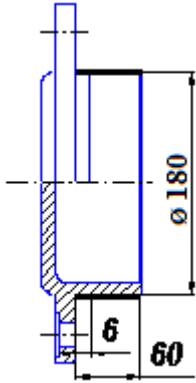
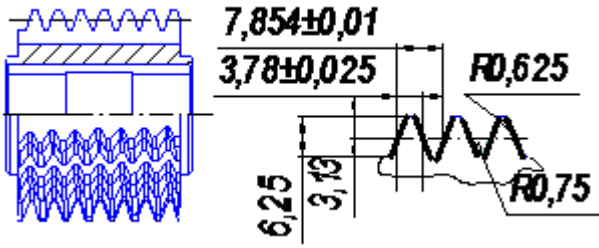
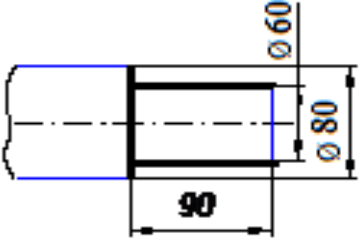
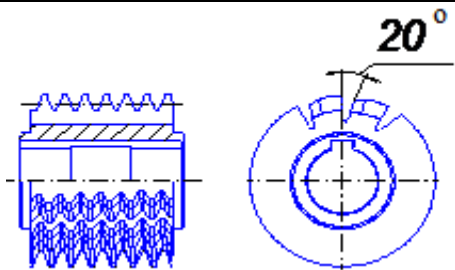
Варіанти завдання до практичної роботи № 1

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
1	вал		Сталь 12ХН3А	Шліфувати циліндр і торець до $R_a = 2,5$ мкм
2	розгортка		Сталь Р6М5	Шліфувати посадочний отвір до $R_a = 0,4$ мкм
3	різенакатний ролик		Сталь Х12М	Шліфувати профіль різьблення до $R_a = 0,8$ мкм
4	фіксатор		Сталь 40Х	Шліфувати до $R_a = 0,8$ мкм
5	фланець		Сталь 10	Шліфувати до $R_a = 1,6$ мкм
6	стакан		СЧ 15	Шліфувати до $R_a = 1,6$ мкм

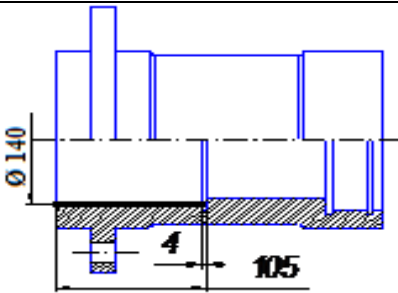
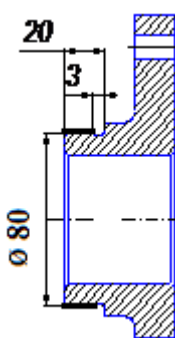
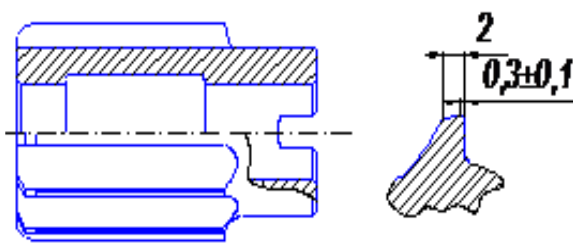
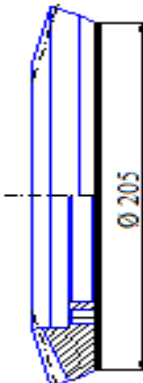
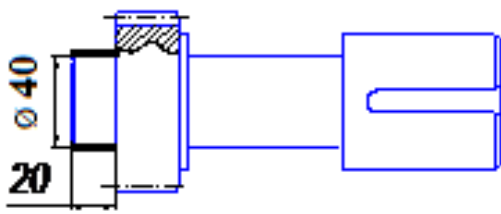
Продовження додатку А

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
7	гайка спеціальна		Сталь 45	Шліфувати до Ra=2,5мкм
8	колесо гіпоїдне		Сталь 20ХГМ	Шліфувати торець до Ra=1,6мкм
9	сошка керма		Сталь 20Х	Шліфувати до Ra=1,25мкм
10	шків		СЧ 15	Шліфувати до Ra=2,5мкм
11	вал-шестерня		Сталь 40Х	Шліфувати до Ra=1,25мкм

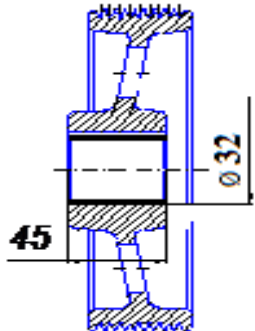
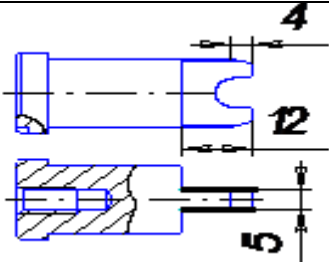
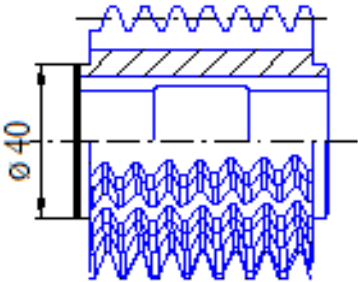
Продовження додатку А

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
12	муфта		Сталь 45	Шліфувати до Ra=0,2мкм
13	кришка		СЧ 15	Шліфувати до Ra=2,5мкм
14	черв'ячна зуборізна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати профіль зубів до Ra=0,4мкм
15	вал		Сталь 40	Шліфувати циліндр і торець до Ra=0,8мкм
16	Черв'ячна зуборізна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати передню поверхню до Ra=0,8мкм

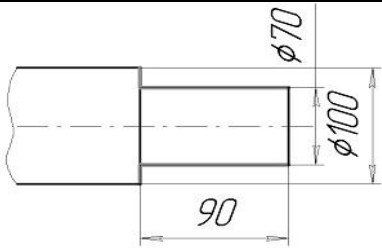
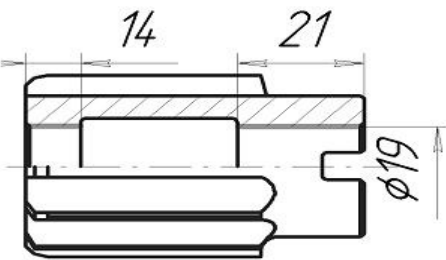
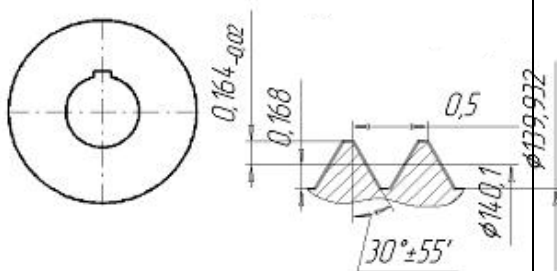
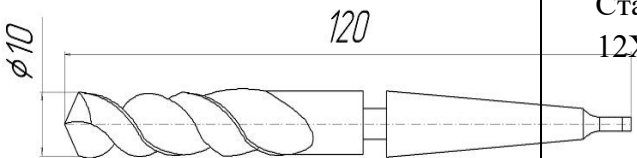
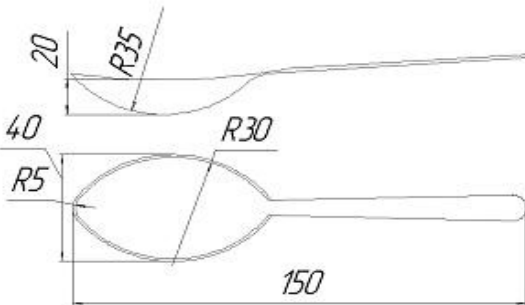
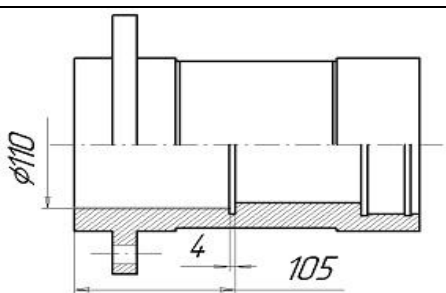
Продовження додатку А

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
17	стакан		Сталь 10	Шліфувати до $Ra=2,5\text{мкм}$
18	фланець		Сталь 45	Шліфувати до $Ra=2,5\text{мкм}$
19	розгортка		Сталь Р6М5	Шліфувати фаску до $Ra=0,2\text{ мкм}$
20	колесо гіпоїдне		Сталь 45Х	Шліфувати торець до $Ra=2,5\text{мкм}$
21	вал-шестерня		Сталь 38ХМЮА	Шліфувати до $Ra=0,8\text{мкм}$

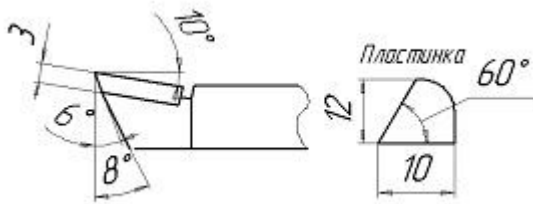
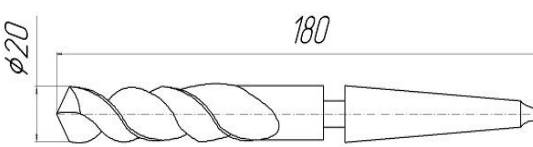
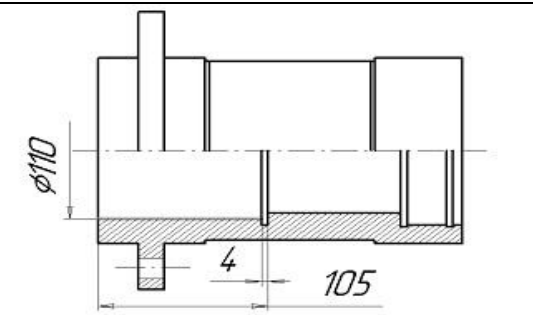
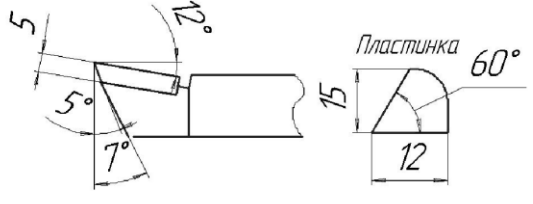
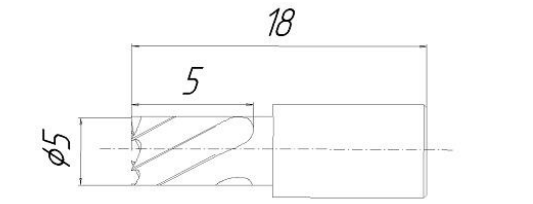
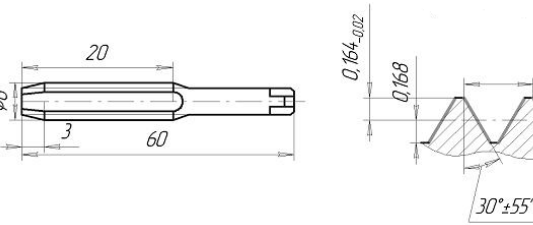
Продовження додатку А

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
22	шків		СЧ 15	Шліфувати до $Ra=0,8\text{мкм}$
23	фіксатор		Сталь 18ХГТ	Шліфувати до $Ra=2,5\text{мкм}$
24	черв'ячна зуборізна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати торець до $Ra=0,8\text{мкм}$

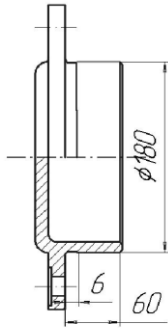
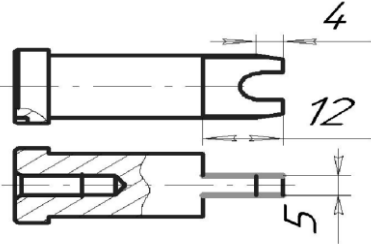
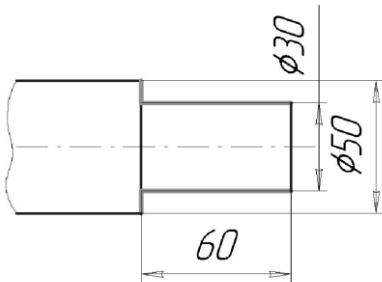
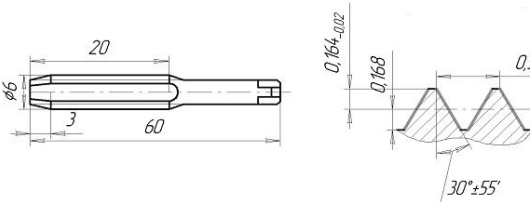
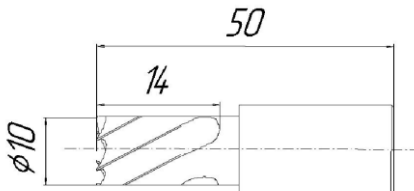
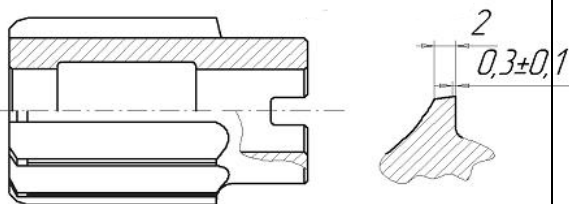
Варіанти завдання до практичної роботи № 2

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
1	вал		Сталь 12ХН3А	Полірувати до $R_a = 0,04$ мкм
2	розгортка		Сталь Р6М5	Довести посадочний отвір до $R_a = 0,1$ мкм
3	Різьбо-накатний ролик		Сталь Х12М	Довести профіль різьби до $R_a = 0,2$ мкм
4	свердло		Сталь 12ХН	Полірувати канавки до $R_a = 0,1$ мкм
5	ложка		Сталь 12Х18Н10 Т	Полірувати до $R_a = 0,2$ мкм
6	стакан		СЧ 15	Супер-фінішування до $R_a = 0,04$ мкм

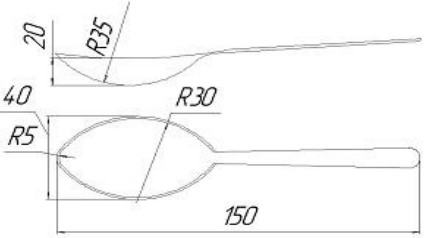
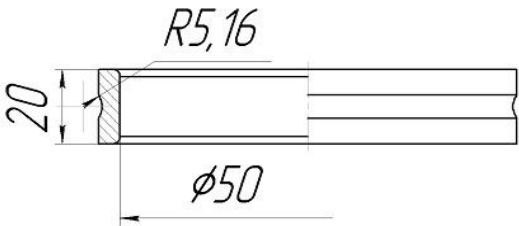
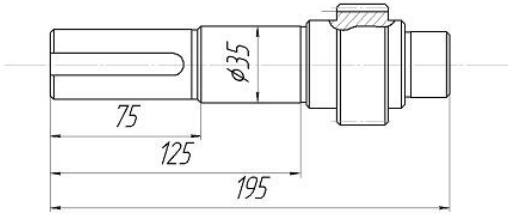
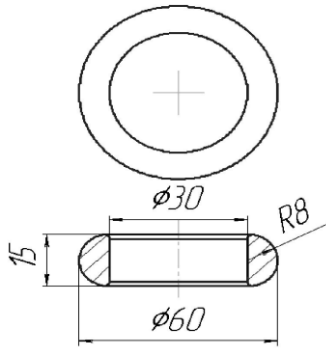
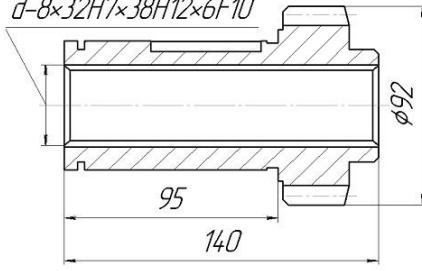
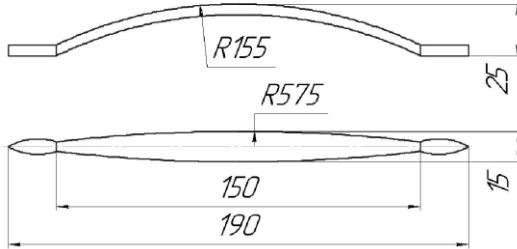
Продовження додатку Б

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
7	різець з напайною пластиною із швидко-ріжучої сталі		T15K6	Довести передню поверхню до Ra=0,2мкм
8	свердло		Сталь Р6М5	Полірувати канавки до Ra=0,2мкм
9	стакан		Сталь 10	Хонінгу-вати до Ra=0,04мкм
10	різець з напайною пластиною із швидко-ріжучої сталі		P18	Довести передню поверхню до Ra=0,2мкм
11	фреза кінцева		T5K10	Полірувати канавки до Ra=0,04мкм
12	метчик		Сталь 12ХН	Шліфувати профіль різьби до Ra=0,2мкм

Продовження додатку Б

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
13	кришка		Сталь 45	Полірувати до $Ra=0,08\text{мкм}$
14	фіксатор		Сталь 18ХГТ	Полірувати до $Ra=0,2\text{мкм}$
15	вал		Сталь 40	Полірувати циліндр і торець до $Ra=0,04\text{мкм}$
16	метчик		Сталь У8А	Шліфувати профіль різьби до $Ra=0,1\text{мкм}$
17	фреза кінцева		P18	Полірувати канавки до $Ra=0,1\text{мкм}$
18	розгортка		Сталь Р6М5	Довести фаску до $Ra=0,1\text{ мкм}$

Продовження додатку Б

№ Вар.	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
19	ложка		Сталь 09X18H9	Полірувати до Ra=0,04мкм
20	внутрішнє кільце підшип-ника		Сталь ШХ15	Супер-фінішу вання жолоба кільця до Ra=0,4мкм
21	вал- шестарня		Сталь 40Х	Супер- фінішу- вання Ra=0,2мкм
22	кільце		Сталь 09X18H9	Полірувати зовнішню поверхню кільця до Ra=0,04мкм
23	шестерня		Сталь 25ХГМ	Хонінгувати шлицьовий отвір до Ra=0,4 мкм
24	ручка		Сталь 12X18H10T	Полірувати зовнішню сторону (R=155мм) до Ra=0,04мкм

Навчально-методичне видання

Анісімов Володимир Миколайович

АБРАЗИВНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

Навчально-методичні рекомендації до проведення практичних занять

Електронне видання

Експертний висновок склала кан. техн. наук, доц. Світлана Негруб

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 46 від 02.05.2025)

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка В. М. Анісімов

Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 2,20. Обл. - вид. арк. 2,23.

Зам. № 60.

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022