

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Запоріжжя
2019

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. - 30с.

Призначені для студентів, що виконують практичні завдання по дисципліні «Абразивний інструмент і інструмент з надтвердих матеріалів»; містить характерні особливості конструкції і застосування абразивного інструменту, довідковий матеріал.

Розробник: В. В. Циганов, професор

Рецензент: В. В. Петрикін, професор

Затверджено
на засіданні кафедри
«Металорізальні верстати і
інструмент»

Протокол № 15
від 4 лютого 2019

Мета роботи: освоєння знань по видах абразивного інструменту, способах його позначення, умовах і ефективності застосування.

Зміст роботи.

1. Виконати ескіз оброблюваної деталі з вимогами до якості обробленої поверхні згідно варіанту (додаток 1 - обробка шліфувальними кругами, додаток 2 - 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. Вибрати характеристику абразивного інструменту, режими обробки, вид і спосіб подання ЗОР.
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 (**abrasi** (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 ремесел, а згодом і технічним прогресом людства.

Результатом «еволюції» абразивів стала поява величезної кількості видів і типів абразивного інструменту.

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 виду:

1.1. Абразивний інструмент фіксованої геометричної форми : круги усіх типів, кільця, сегменти, шліфувальні голівки, бруски і т.д. 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.

1.2. 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, нетканиною) 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 самоклеяться. 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 екструдванні, 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.

1.3. 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.

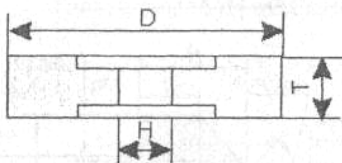
2.1 Жорсткий абразивний інструмент.

Раніше, за стандартами СРСР, типи абразивних кругів прийнято було означати заголовними буквами, що несуть певне смислове навантаження, наприклад:

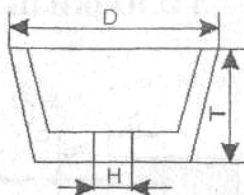
ПП- прямий профіль; ПВ - плоскі з виточкою; До - кільця і так далі

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

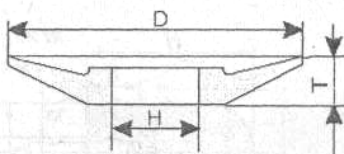
Основні типи голівок шліфувальних і шліфувальних сегментів представлені відповідно на рисунках 2 і 3.



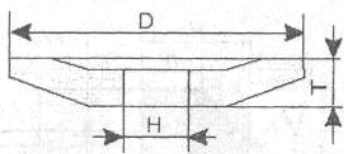
Тип 7 (ПВД)



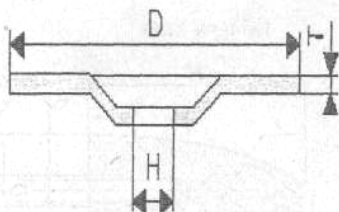
Тип 11 (ЧК)



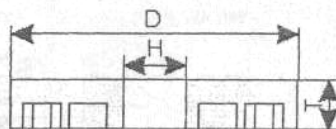
Тип 12 (Т)



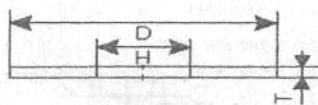
Тип 14 (2Т, 3Т)



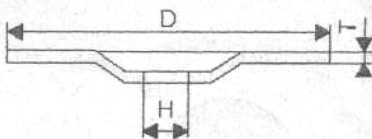
Тип 27 (5П)



Тип 36 (ПН)



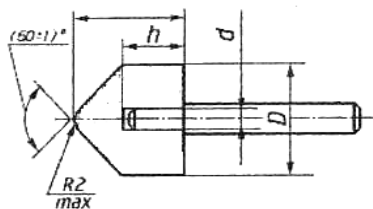
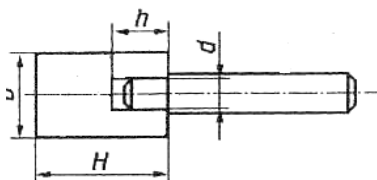
Тип 41 (Д)



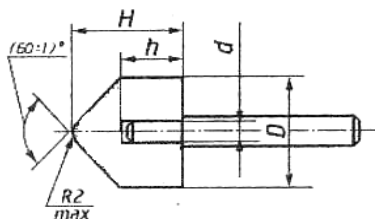
Тип 42

Рисунок 1 - Типи абразивних кругів

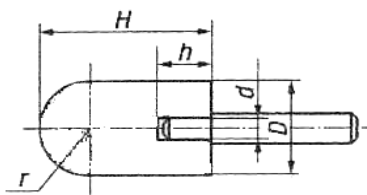
Тип AW (ГЦ)



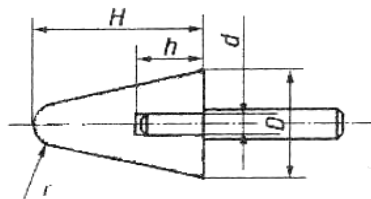
Тип EW (ГК)



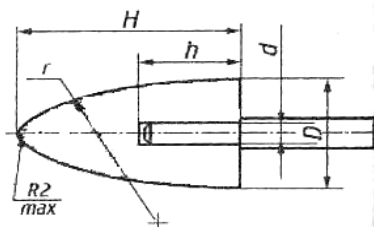
Тип FW (ГШЦ)



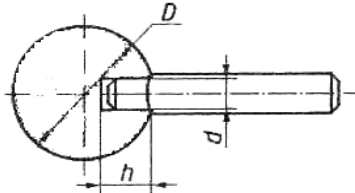
Тип KW (ГКЗ)



Тип F-1W (ГСВ)



Тип F-2W (ГШ)



Тип DW (ГУ)

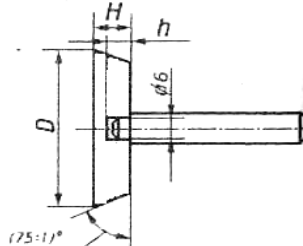


Рисунок 2 - Типи голівок шліфувальних

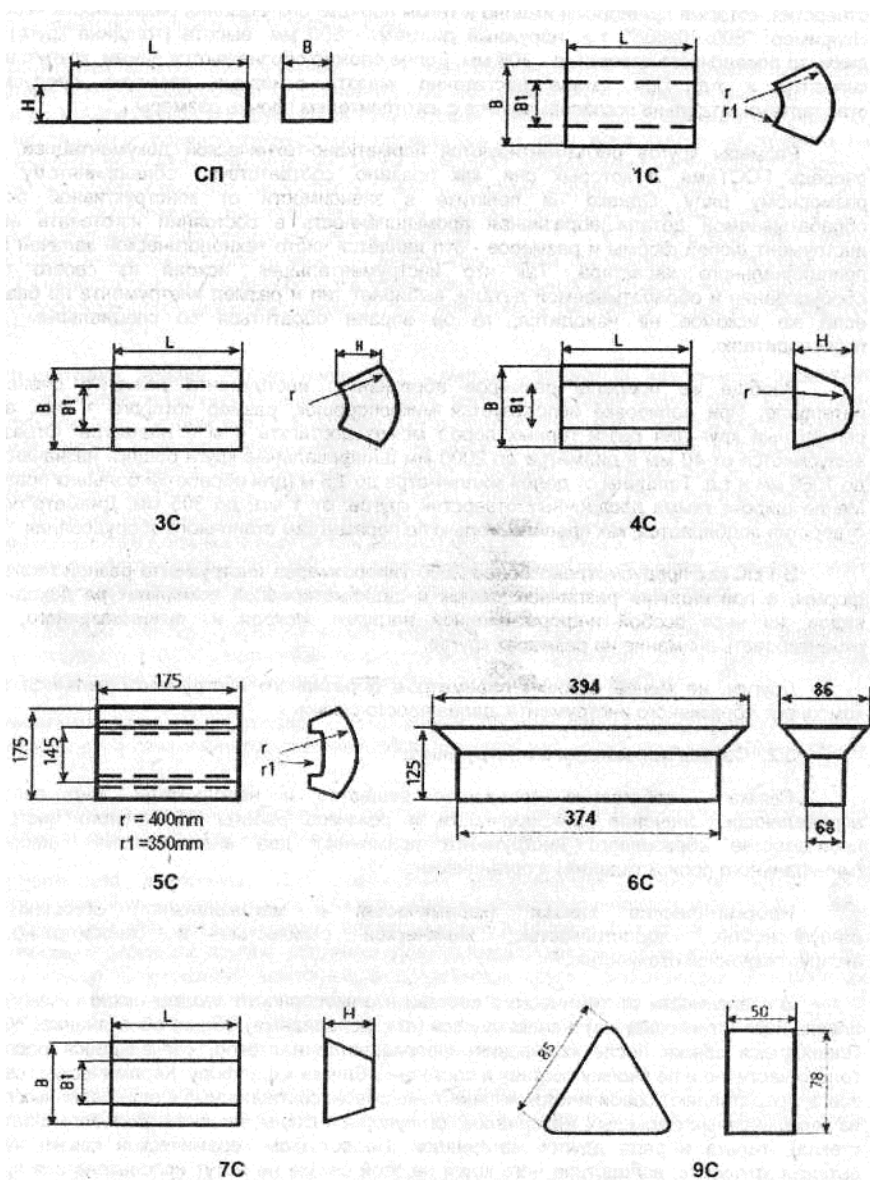


Рисунок 3 - Типи шліфувальних сегментів

Таблиця 1 - Вибір абразивного матеріалу

Характеристика оброблюваного матеріалу і виконуваної операції	Марка абразивного матеріалу						
	13A	14A	25A	53C	54C	63C	64C
Обробка матеріалів з високим опором розриву. Це — обдирання сталевих відливок, поковок, прокату, сталих високоміцних і вибілених чавунів, ковкого чавуну, напівчистова 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 безприжоговому режимі(штампи, зуби, шестерні, різбовий інструмент, тонкі ножі, леза, сталеві різці, свердла, деревообробл. ножі і тому подібне).							
			•X				

Продовження таблиці

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, коштовні камені, 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

Таблиця 2 - Вибір абразивного інструменту залежно від виду обробки

Зернистість інструменту	Вид обробки
F22 - F10(80-320)	Обдирні операцій: зачистка заготовок, відливок, поковок, штампувальних деталей
F36 - F22(50-80)	Плоске шліфування торцем круга, заточування середніх і великих різців, правка абразивного інструменту, відрізка
F46 - F36(40-50)	Попереднє і комбіноване шліфування (попереднє і остаточне шліфування виконується без знімання виробу з верстата), заточування різального інструменту
F90 - F46(16-40)	Чистове шліфування, обробка профільних поверхонь, заточування дрібного інструменту, шліфування крихких матеріалів
F180 - F100(6-12)	Фінішне шліфування, доведення твердих сплавів, доведення різального інструменту, попереднє хонінгування, заточування тонких лез
F220 - F180(4-6)	Фінішне шліфування металів, скла, мармуру і тому подібне, різблешліфування, чистове шліфування
F230(M50)	Суперфінішування, остаточне хонінгування, доведення тонких лез і міряльних поверхонь калібрів, різблешліфування виробів з дрібним кроком

Таблиця 3 - Вибір зв'язки абразивних інструментів залежно від виду обробки

Зв'язка	Вид обробки
Керамічна	Усі види шліфування, окрім обдирання на підвісних верстатах, розрізання і прорізки вузьких пазів, плоского шліфування сегментними кругами і шліфування жолоба кілець шарикопідшипників
Бакелітова	Плоске шліфування торцем круга, обдирні роботи, що виконуються вручну і на підвісних верстатах, відрізка і прорізка пазів, заточування інструментів, фінішне шліфування циліндрів, кулачків і роликів дрібнозернистими абразивними інструментами, хонінгування і різьблешліфування кругами на спеціальній зв'язці ГБ і тонкозернистими кругами на глифталевій зв'язці і з графітовим наповнювачем для остаточного полірування
Вулканітова	Відрізка, прорізка і шліфування пазів, обробка сферичних поверхонь, іноді - чистові операції при інших видах фасонного шліфування, безцентрове шліфування і полірування гнучкими кругами

Таблиця 4 - Вибір твердості абразивних інструментів

Твердість	Вид обробки
BT1-ЧТ2	Правка абразивних інструментів
	Шліфування кульок шарикопідшипників і деталей годинникових механізмів
СТ2-Т2	Обдирні операції, що ведуться вручну (обробка великих відливок і поковок)
	Відрізка абразивними дисками, прорізка канавок
	Кругле зовнішнє шліфування методом врізування при необхідності зберегти профіль круга (наприклад, обробка шийок колінчастих валів), безцентрове шліфування провідними кругами, хонінгування отворів невеликих діаметрів
С2-СТ2	Попереднє кругле зовнішнє і безцентрове шліфування сталей (переважно незагартованих) і ковкого чавуну на бакелітовій зв'язці
С1-СТ1	Плоске шліфування сегментами і кільцевими кругами на бакелітовій зв'язці
С2-СТ2	Хонінгування і різьблешліфування кругами на бакелітовій зв'язці
	Профільне шліфування, обробка переривчастих поверхонь
СМ1-С2	Чистове і комбіноване кругле, зовнішнє, безцентрове і внутрішнє шліфування сталей, плоске шліфування периферією круга, різьблешліфування деталей з великим кроком
СМ1-СМ2	Заточування різальних інструментів : з механічним або автоматичним поданням
М2-СМ2	Плоске шліфування торцем круга
М2-М3	Заточування і доведення різального інструменту, оснащеного твердим сплавом, шліфування важкооброблюваних спеціальних сплавів

Таблиця 5 - Вибір структури абразивного інструменту

Номер структури	Вид обробки
3-4	Фасонне шліфування при необхідності зберегти профіль круга, шліфування при великих, а також змінних навантаженнях
5-6	Кругле зовнішнє шліфування, безцентрове шліфування, плоске шліфування периферією круга і заточування інструменту, відрізка
7-9	Плоске шліфування торцем круга, внутрішнє шліфування
8-10	Безприжогове шліфування і заточування інструментів
8-12	Різьблешліфування дрібнозернистими кругами, шліфування гуми, полімерів, магніто-м'яких матеріалів, феритів, сендастових сплавів

2.2. Гнучкий шліфувальний інструмент.

Шліфувальні стрічки

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

Шліфувальні стрічки для вузькострічкових шліфверстатів, шириною до 500 мм.

Ці шліфувальні стрічки застосовуються для шліфування на вузькострічкових х 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 калібрувальних-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.4). Вони виготовляються діаметром від 120 до 400 мм і в основному встановлюються на стаціонарному устаткуванні, а також на ручному електроінструменті.

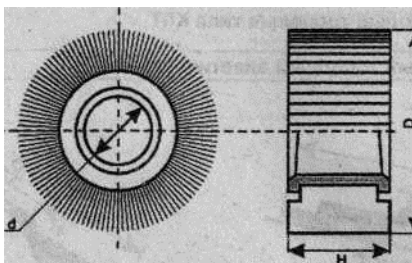


Рисунок 4. Пелюстковий круг

У спеціальних автоматах для обробки ножово-вилкових 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 великосерійного 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.

2.3. Паста абразивні полірувальні

Усі вищеописані види абразивного інструменту не можуть забезпечити доведення і полірування поверхонь до досконалої (дзеркальною). 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.

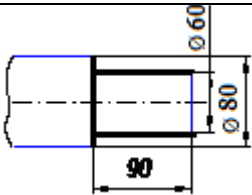
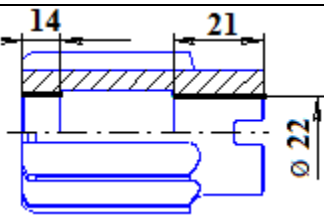
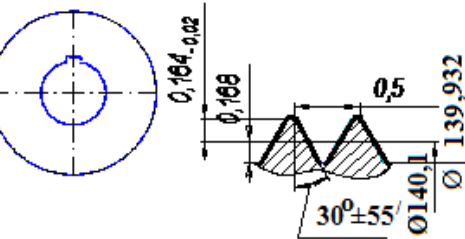
По консистенції пасти ділять на 3 групи: рідкі, мазеподібні і тверді (брикетовані).

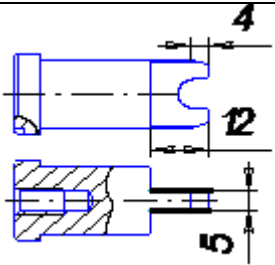
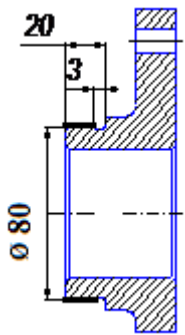
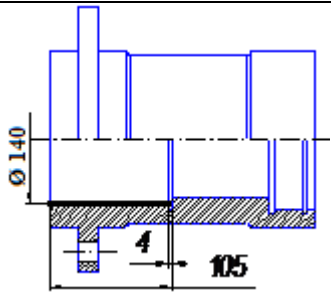
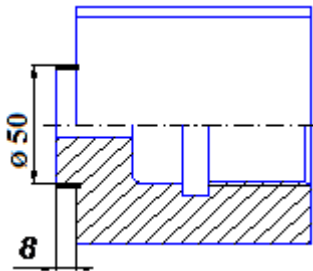
Список літератури

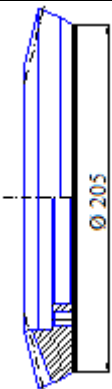
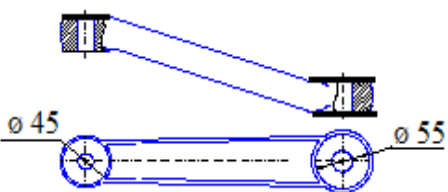
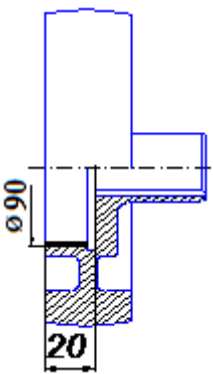
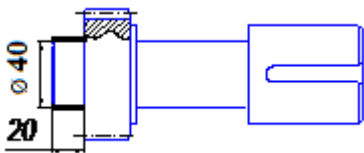
1. Абразивна і алмазна обробка матеріалів / Під ред. Резникова А. Н. / - М.: Машинобудування, 1977.- 390 с.
2. Абразивні матеріали і інструменти. Каталог-довідник - М.:НИИМАШ, 1976.- 390 с.
3. Гаршин А. П. та ін. Абразивні матеріали Л. : Машинобудування, 1983. - 230 с.
4. Ефрос М. Г., Миронюк В. С. Сучасні абразивні інструменти Л. : Машинобудування, 1987. - 155 с.
5. Щеголев В. А., Уланова М. Е. Еластичні абразивні і алмазні інструменти Л. : Машинобудування, 1977. - 180с.

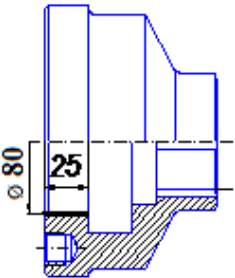
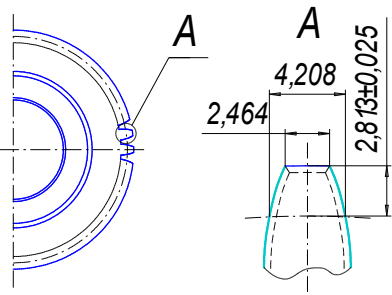
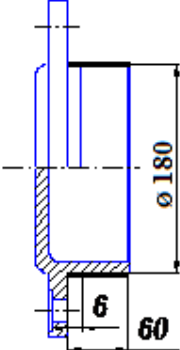
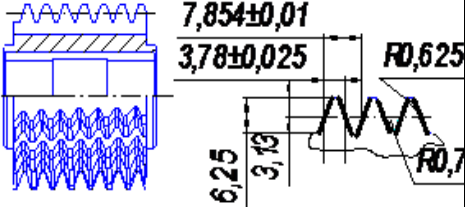
Додаток 1

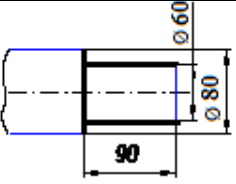
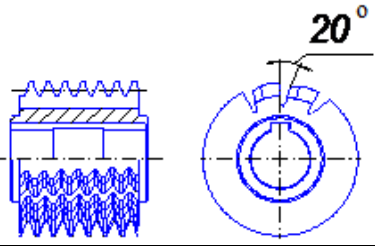
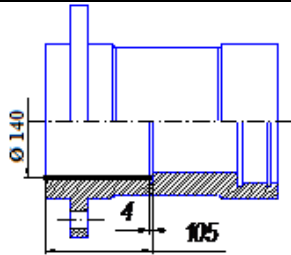
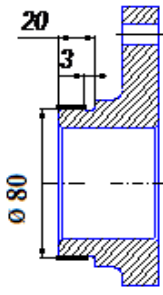
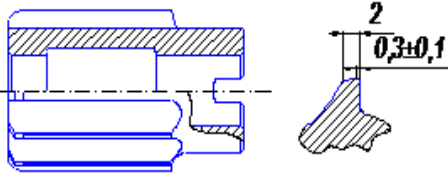
Завдання до практичної роботи №1

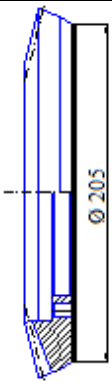
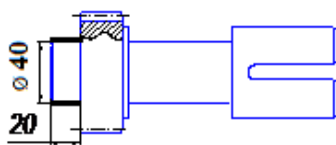
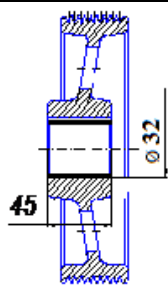
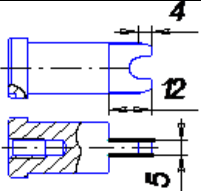
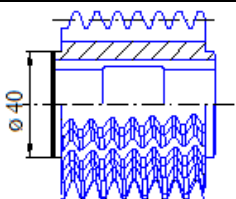
№ варіанту	Найменування деталі	Ескіз деталі	Матеріал деталі	Вид обробки
1	вал		Сталь 12ХН3А	Шліфувати циліндр і торець до $R_a=2,5\text{мкм}$
2	розгортка		Сталь Р6М5	Шліфувати посадочний отвір до $R_a=0,4\text{мкм}$
3	різьбонакатний ролик		Сталь Х12М	Шліфувати профіль різьблення до $R_a=0,8\text{мкм}$

4	фікса тор		Сталь 40X	Шліфувати до $R_a=0,8\text{мкм}$
5	флане ць		Сталь 10	Шліфувати до $R_a=1,6\text{мкм}$
6	стакан		СЧ 15	Шліфувати до $R_a=1,6\text{мкм}$
7	гайка спеці альна		Сталь 45	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$

8	колесо гіпоїдне		Сталь 20ХГМ	Шліфувати торець до $R_a=1,6\text{мкм}$
9	сошка керма		Сталь 20Х	Шліфувати до $R_a=1,25\text{мкм}$
10	шків		СЧ 15	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$
11	вал- шесте рня		Сталь 40Х	Шліфувати до $R_a=1,25\text{мкм}$

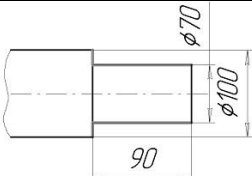
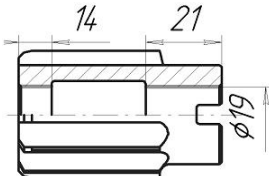
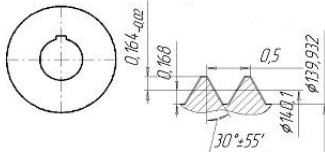
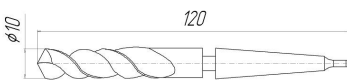
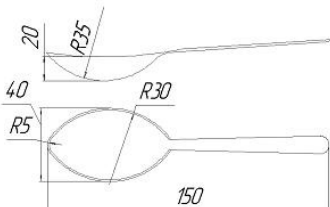
12	муфта		Сталь 45	Шліфувати до $R_a=0,2\text{мкм}$
13	довбач		Сталь Р6М5	Шліфувати профіль зубів до $R_a=0,2\text{мкм}$
14	кришка		СЧ 15	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$
15	черв'ячна зуборізна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати профіль зубів до $R_a=0,4\text{мкм}$

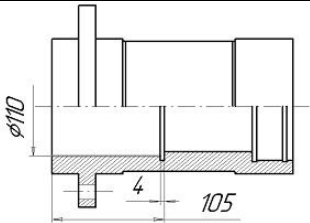
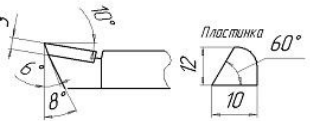
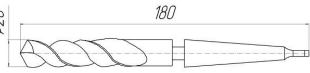
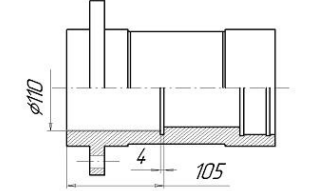
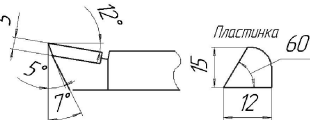
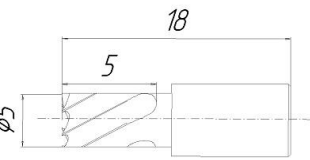
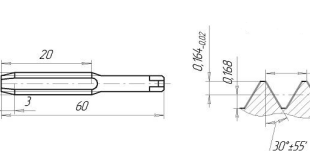
16	вал		Сталь 40	Шліфувати циліндр і торець до $R_a=0,8\text{мкм}$
17	черв'ячна зуборізна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати передню поверхню до $R_a=0,8\text{мкм}$
18	стакан		Сталь 10	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$
19	фланець		Сталь 45	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$
20	розгортка		Сталь Р6М5	Шліфувати фаску до $R_a=0,2\text{мкм}$

21	колесо гіпоїдне		Сталь 45Х	Шліфувати торець до $R_a=2,5\text{мкм}$
22	вал- шесте- рня		Сталь 38ХМЮА	Шліфувати до $R_a=0,8\text{мкм}$
23	шків		СЧ 15	Шліфувати до $R_a=0,8\text{мкм}$
24	фікса- тор		Сталь 18ХГТ	Шліфувати до $R_a=2,5\text{мкм}$
25	черв'я- чна зубо- різна фреза		Сталь Р6М5	Шліфувати торець до $R_a=0,8\text{мкм}$

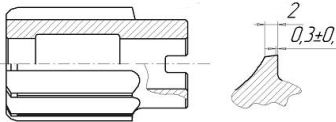
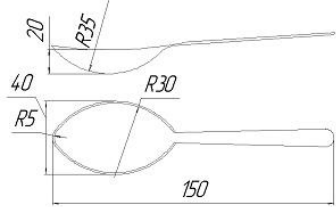
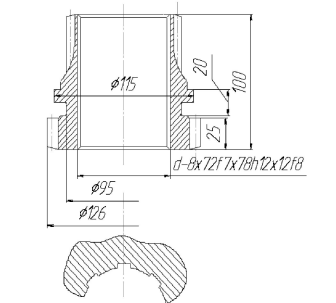
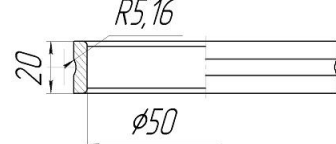
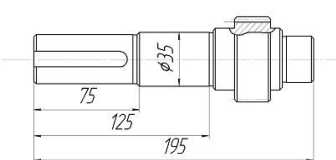
Додаток Б

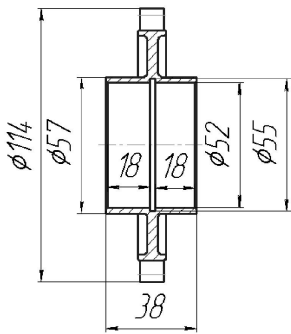
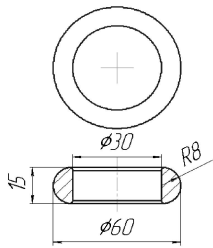
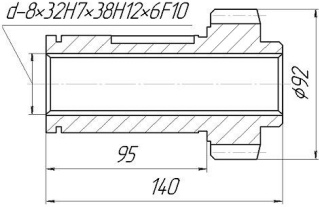
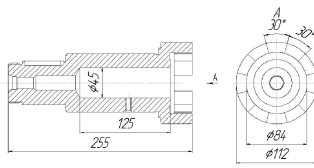
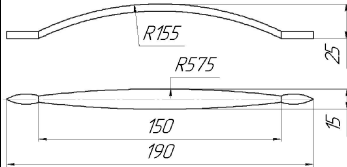
Завдання до практичної роботи №2

№ варіанту	Найменування заготовки	Ескіз заготовки	Матеріал заготовки	Вид обробки
1	Вал		Сталь 12ХН3А	Полірувати до Ra=0,04мкм
2	Розгортка		Сталь Р6М5	Довести посадочний отвір до Ra=0,1мкм
3	Різьбо- накатний ролик		Сталь Х12М	Довести профіль різьби до Ra=0,2мкм
4	Свердло		12ХН	Полірувати канавки до Ra=0,1мкм
5	Ложка		Сталь 12Х18Н10Т	Полірувати до Ra=0,2мкм

6	Стакан		СЧ 15	Супер-фінішування до $Ra=0,04\text{мкм}$
7	Різець з напайною пластиною з тв. сплава		T15K6	Довести передню поверхню до $Ra=0,2\text{мкм}$
8	Сверло		Сталь Р6М5	Полірувати канавки до $Ra=0,2\text{мкм}$
9	Стакан		Сталь 10	Хонінгувати до $Ra=0,04\text{мкм}$
10	Різець з напайною пластиною з б/ріжучою сталі		P18	Довести передню поверхню до $Ra=0,2\text{мкм}$
11	Фреза концева		T5K10	Полірувати канавки до $Ra=0,04\text{мкм}$
12	Метчик		12ХН	Шліфувати профіль різьби до $Ra=0,2\text{мкм}$

13	Кришка		Сталь 45	Полірувати до $Ra=0,08\text{мкм}$
14	Фиксатор		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		У8А	Шліфувати профіль різьби до $Ra=0,1\text{мкм}$
17	Фреза концева		P18	Полірувати канавки до $Ra=0,1\text{мкм}$
18	Фасонний різець		Сталь Р6М5	Довести передню поверхню до $Ra=0,2\text{мкм}$

19	Розгортка		Сталь Р6М5	Довести фаску до Ra=0,1 мкм
20	Ложка		Сталь 09Х18Н9	Полірувати до Ra=0,04мкм
21	Блок зубчатих колес		Сталь 40Х	Хонінгувати шлицьовий отвір до Ra=0,4мкм
22	Внутрішнє кільце підшипника		Сталь ШХ15	Супер-фінішування жолоба кільця до Ra=0,4мкм
23	Вал-шестерня		Сталь 40Х	Супер-фінішування Ra=0,2мкм

24	Шестерня промежуточн а		Сталь 14ХГСН2МА	Хонінгувати посадковий отвір до Ra=0,4мкм
25	Кільце		Сталь 09Х18Н9	Полірувати зовнішню поверхню кільця до Ra=0,04мкм
26	Шестерня		Сталь 25ХГМ	Хонінгувати шлицьовий отвір до Ra=0,4 мкм
27	Вал		Сталь 40ХНМА	Хонінгувати отвір до Ra=0,2мкм
28	Ручка		Сталь 12Х18Н10Т	Поліровать наружную сторону (R=155мм) до Ra=0,04мкм