

Міністерство освіти і науки України
Відокремлений структурний підрозділ
«Любешівський технічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»



Відновлення деталей
Лабораторні роботи
для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня фаховий
молодший бакалавр
галузь знань 27 Транспорт
спеціальності 274 Автомобільний транспорт
ОПП Автомобільний транспорт
денної форми навчання

Любешів 2023

ЗМІСТ

Практична робота №1 Автоматичне наплавлення під шаром флюсу	4
Практична робота №2 Розрахунок режимів вібродугового наплавлення.	16
Практична робота №3 Розрахунок режимів наплавлення в середовищі вуглекислого газу	21
Практична робота №4 Розрахунок режимів гальванічного покриття.....	27
Практична робота №5 Оброблення деталей на свердлильних верстатах.....	34
Практична робота №6 Оброблення деталей на токарних верстатах.....	41
Практична робота №7 Оброблення деталей на фрезерних верстатах	52
Практична робота №8 Оброблення деталей на шліфувальних верстатах.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ.....	67

Практична робота №1

Розрахунок режимів автоматичного наплавлення під шаром флюсу

Мета роботи: Набуття практичних навичок із відновлення деталей автоматичним наплавленням під шаром флюсу, ознайомлення з класифікацією та видами автоматичного наплавлення.

1.1 Теоретичні відомості

При напавленні під шаром флюсу як і при ручному напавленні відкритою дугою джерелом тепла служить електрична дуга, утворена між електродом і металом, який напавляють. Схема напавлення під шаром флюсу поздовжніми валиками на плоску поверхню зображена на рис. 1.1. Електрична дуга плавить основний і електродний метал, а також флюс. Розплавлений флюс утворює рідкий шлак, який ізолює від повітря не тільки стовп дуги, а й всю зону зварювання. Розплавлений електрод і основний метал утворюють ванну рідкого металу, який під тиском потоку газів дуги витісняється назад. Під електродом утворюється заглиблення (канавка) з невеликою кількістю рідкого металу на дні, який не перешкоджає плавленню основного металу. Розплавлений метал електрода у вигляді крапель переноситься у ванну і змішується з розплавленим основним металом. У міру переміщення дуги розплавлений рідкий метал витісняється дугою з лежачих попереду розплавлених ділянок і заповнює виплавлене заглиблення (канавку). При напавленні під шаром флюсу забезпечується надійний захист металу напавленого валика від повітря, завдяки чому вміст у металі азоту і кисню незначний, і напавлений шар володіє високою пластичністю. Крім того, флюс покращує якість напавленого металу і забезпечує його нормальне формування при великій силі зварювального струму (густині струму), при якій відбувається напавлення. Флюс, що покриває напавлений метал, уповільнює його охолодження і збільшує час перебування в рідкому стані, що сприяє очищенню ванни від неметалевих частинок і газів, а значить отримується напавлений метал зі значно меншою кількістю шлакових включень і мікропор.

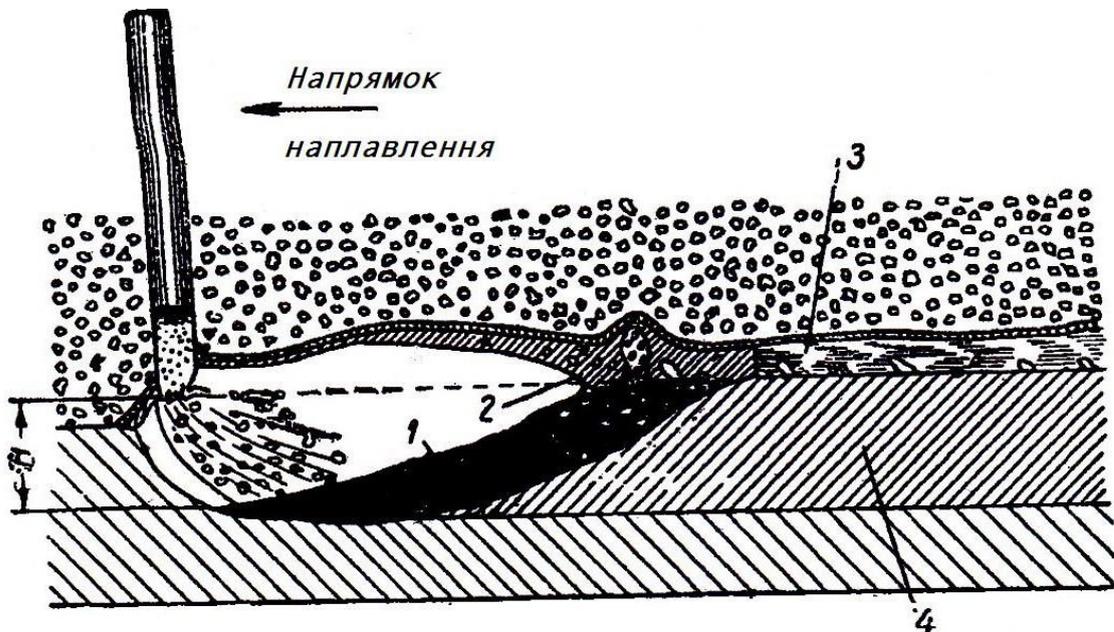


Рисунок 1.1 – Схема процесу наплавлення під шаром флюсу плоскої поверхні: 1 – рідкий метал; 2 – рідкий шлак, 3 – твердий шлак, 4 – затверділий метал шва

При напавленні під шаром флюсу процеси запалювання дуги, подачі електрода до дуги в міру його плавлення, підтримування довжини дуги і переміщення її вздовж оброблюваної деталі можуть бути повністю або частково механізовані. Залежно від цього напавлення під шаром флюсу поділяють на автоматичне та напівавтоматичне.

Різновидом напавлення під шаром флюсу є автоматичне і напівавтоматичне напавлення шланговою апаратурою. При автоматичному напавленні шланговою апаратурою головка шлангового автомата, а разом з нею і електрична дуга переміщується уздовж напавлюваної деталі - автоматично. При напівавтоматичному напавленні шланговою апаратурою головка шлангового напівавтомата, а з нею і дуга переміщуються вздовж деталі зварювальником.

В авторемонтному виробництві автоматичним напавленням поздовжніми валиками відновлюють шліци півосей і карданних валів. Циліндричні поверхні деталей відновлюють напавленням по гвинтовій лінії (рис. 1.2). Напавлення по гвинтовій лінії деталей невеликих діаметрів (50–200 мм) викликає певні труднощі через стікання металу, особливо при великій довжині зварювальної ванни. При напавленні необхідно застосовувати невеликий струм і низьку напругу, дотримуючись режимів, наведених у табл. 1.1.

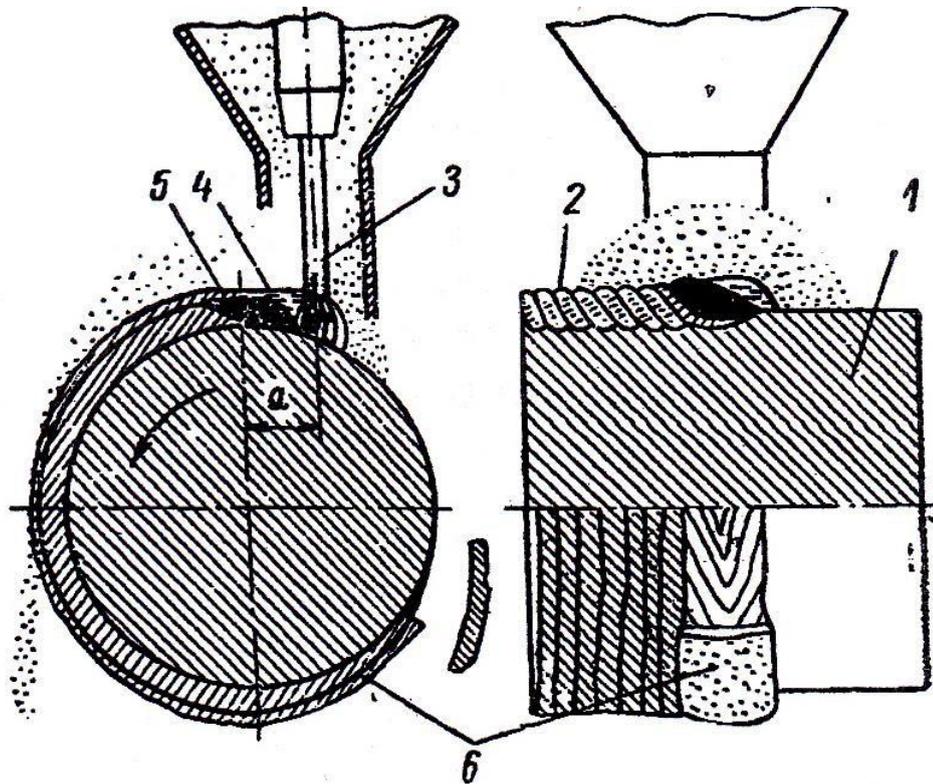


Рисунок 1.2 – Схема наплавлення тіла обертання під флюсом:
 1 – виріб; 2 – наплавлений шар; 3 – електрод, 4 – розплавлений шлак, 5 – ванночка рідкого металу; 6 – жужільна кірка;
 а – зміщення електрода з zenіту

Таблиця 1.1 – Режими наплавлення деталей

Відновлювальна поверхня	Діаметр деталі, мм	Діаметр електродного дроту, мм	Струм, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год	Число оборотів деталі, об/хв	Поздовжня подача зварювальної головки, мм /об
Наплавлення шийок валів під підшипники кочення	35	1,2	120–140	25–27	17,9–18,3	104	2,5	4,2
	75	1,2	120–140	25–27	24–25	137	1,8	4,2
Наплавлення шліців	50–57	2,0	250–270	26–28	10–15	137	–	12

Зносостійкість деталей, відновлюваних автоматичним наплавленням під шаром флюсу, досягається, як уже зазначалося, легуванням наплавленого металу за рахунок електродного дроту і флюсу. За даними Інституту електрозварювання АН України, застосування дроту марок Св-18ХГСА, Св-30ХГСА, Св-18ХМА, Св-12Г2Х, Св-ОХ14 та ін. забезпечує отримання зносостійкого наплавленого металу. Дроти зазначених марок застосовують зазвичай для наплавлення відповідальних деталей з підвищеною поверхневою твердістю.

Для деталей, виготовлених з вуглецевих сталей 20, 30 і 35, а також для незагартованих деталей зі сталей 45 і 40Х можна застосовувати сталевий дріт марки 45. Внаслідок вигорання вуглецю при наплавленні вміст його в наплавленому металі знижується на 20–30 % і метал наплавленого шару за вмістом вуглецю відповідає сталям 30, 35. За відсутності легованого дроту відновлення деталей зі сталі 45, загартованих струмами високої частоти, виконують наплавленням сталевим дротом марки 45, піддаючи їх потім загартуванню та відпуску. При цьому твердість металу наплавленого сталевим дротом марки 45, з твердістю *НВ* 180 може бути підвищена до *НВ* 400–450.

В якості флюсів використовують розплавлювані безмарганцеві та середньомарганцеві флюси, що містять до 14–22 % *MnO*, і високомарганцеві, що містять понад 30 % *MnO*. Найбільше застосовують високомарганцеві флюси, які відрізняються малою схильністю до утворення пустот в металі наплавленого шва і появи в ньому гарячих тріщин. В даний час для наплавлення деталей під шаром флюсу застосовують багато флюсів різних марок: АН-30, АН-348-А і ОСЦ-45 та ін. Найбільш загальнозживаними є флюси АН-348-А і ОСЦ-45. Флюс АН-30 застосовують для високолегованого наплавленого металу в разі використання легованого дроту, який містить не менше 0,5 % *Si*. Наведемо для прикладу хімічний склад флюсу ОСЦ-45 (%): *MnO* 38,0–43,0; *SiO₂* 43,0–45,0; *CaFe₂* 6,0–8,0; *CaO* 5,5; *Al₂O₃* 2, 5; *FeO* 1,5; *S* 0,15; *P* 0,08.

Якість наплавувальних робіт, крім вибору відповідної марки електродного дроту й флюсу, значною мірою залежить від режимів і техніки наплавлення. Зміна режимів наплавлення дозволяє в широких межах змінювати глибину проварювання, а значить і дольову частку основного і електродного металу в утворенні наплавленого шва, тобто регулювати його хімічний склад.

Наплавлення на великих швидкостях дає меншу глибину проварювання основного металу. В цьому випадку валик буде більш легований компонентами, що входять до основного металу і навпаки, при наплавленні на невеликих швидкостях проварювання буде більшим і наплавлений метал буде менше легованим за рахунок основного металу.

Є дані, що дозволяють визначати дольові частинки основного і наплавлюваного металу в утворенні шва і розраховувати приблизний хімічний склад наплавленого металу. Розрахунок ведуть за формулою

$$R_d = m R_s + n R_0 \pm \Delta R,$$

де R_d – кінцева або дійсна концентрація будь-якого елемента в металі наплавленого шва, %;

R_s – вміст розглядуваного елемента в електродному дроті, %;

R_0 – вміст того ж елемента, в основному металі;

m і n – відповідно дольові частинки наплавлюваного і основного металу в утворенні наплавленого валика;

ΔR – зміна концентрації розглядуваного елемента за час зварювання.

Приклад. Припустимо, що ведеться наплавлення деталі з вуглецевої сталі, яка містить 0,22 % C, низьковуглецевим дротом діаметром 2 мм, що містить 0,10 % C, із застосуванням флюсу ОСЦ-45 при силі струму 300–320 А, напрузі 32–34 В і при швидкості зварювання 20 м/год.

Користуючись наведеною залежністю, можна визначити вміст вуглецю в металі наплавлення

$$C_d = mC_s + nC_0 \pm \Delta C = 0,55 \times 0,22 + 0,045 \times 0,1 - 0,03 = 0,12 \text{ \%}.$$

Знаючи хімічний склад металу відновлюваної деталі, хімічний склад і властивості флюсу й електродного дроту, аналогічним чином можна визначити приблизний вміст у металі наплавлення інших елементів, наприклад кремнію, марганцю та ін.

Значення m , n і ΔR для окремих елементів визначають за наявними в літературі графіками.

Можливість розрахувати заздалегідь хімічний склад наплавленого металу і впливати на нього зміною режимів має велике практичне значення при відновленні зношених деталей наплавленням, особливо деталей, виготовлених з легованих сталей.

Автоматичне наплавлення деталей під шаром флюсу ведеться на постійному струмі, при зворотній полярності, на переобладнаних токарних верстатах, зі встановленим на супорті верстата подаючим механізмом напівавтоматів ПШ-5, ПШ-54 або ПДШМ-500 або наплавочними апаратами А-384, А-580 й ін. На рис. 1.3 зображена схема установки УАНФ-3, виконаної на базі напівавтомата ПДШМ-500. Ця установка дозволяє здійснювати кругове наплавлення деталей діаметром 37–75 мм зі швидкістю 15–25 м/год і поздовжнє наплавлення зі швидкістю 8–20 м/год.

Установка складається з токарного верстата 3 з редуктором 1 і електродвигуном 2, наплавляючої головки 4, бункера з флюсом 5, касети 6 з електродним дротом, розподільного пристрою 8 і генератора 9 постійного струму ПС-300.

Відновлювану деталь 7 закріплюють в патроні або в центрах токарного верстата і за допомогою редуктора їй надають уповільнений обертовий рух, швидкість якого відповідає вимогам технологічного процесу наплавлення. Наплавлення автомобільних деталей, що відрізняються невеликими розмірами, ведеться при 1,5–25 об/хв і при поздовжній подачі головки 4–15 мм/об. Наплавляюча головка, яку встановлюють на супорті токарного верстата, складається з подаючого механізму, мундштука і бункера для флюсу напівавтомата ПДШМ-500. Подаючий механізм з мундштуком і стійка з бункером змонтовані на плиті, встановленій на загальній гвинтовій колонці, основа якої закріплена на напрямних поперечного супорта верстата. Розташування мундштука по відношенню до наплавлюваної деталі (виліт електрода) встановлюють переміщенням подаючого механізму по гвинтовій колонці у вертикальному напрямку. Переміщення головки по горизонталі виконують за допомогою супорта верстата. Швидкість подачі електродного дроту є сталою для заданого режиму і регулюється реостатом, включеним в електричне коло обмотки збудження генератора, що живить двигун подачі дроту. Швидкість подачі дроту: 0–0,536; 5,21–25 і 8,79–50 м/хв, діаметр дроту 1,2 – 2,0 мм.

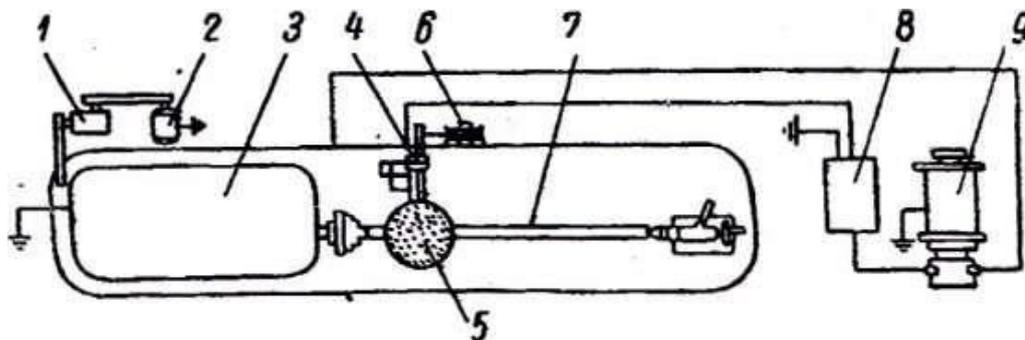


Рисунок 1.3 – Схема установки УАНФ-3

Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблені апарати А-384, А-409, А-580 для наплавлення деталей. Апарати встановлюють на супорті будь-якого токарного верстата, що задовольняє габаритам деталей, оснащеного редуктором для зниження числа обертів деталі. Поздовжнє переміщення головки здійснюється за допомогою супорта верстата. У табл. 1.2 приведена технічна характеристика головок для наплавлення.

Експлуатаційні властивості наплавленого металу в значній мірі залежать від режимів наплавлення, матеріалу електродного дроту і флюсу. Для зниження припуску на подальше механічне оброблення деталей треба вибрати режими наплавлення, що забезпечують отримання рівної, гладкої поверхні наплавленого металу.

Таблиця 1.2 – Характеристика головок для наплавлення

Параметри	Тип головки			
	АВС	А-384	А-409	А-580
Зварювальний струм, А	1500	1000	400	400
Діаметр електродного дроту, мм	3–6	3–6	1,6–2	1,6–2
Швидкість подачі електродного дроту, м/хв	0,5–3,75	0,5–3,75	1,3–10	0,8–6,8
Величина поперечного коригування, мм	±75	±50	Здійснюється рухом супорта верстата	
Вертикальне налаштування, мм	200	200	200	245
Вага головки, кг	150	150	80	85

Вибір режиму наплавлення визначають розміром деталі, величиною її зношення і діаметром електродного дроту. Матеріал електродного дроту й склад флюсу вибирають залежно від матеріалу і поверхневої твердості деталі, пов'язаних з умовами її роботи.

Від величини зношення залежить товщина наплавленого металу, в яку слід включати припуск на механічне оброблення.

Найдоцільніше застосовувати автоматичне наплавлення деталей великих діаметральних розмірів. При наплавленні невеликих деталей (до 50 мм), щоб отримати розплавлений метал і шлак від стікання, електрод при наплавленні встановлюють зі зміщенням в сторону, протилежну обертанню. При діаметрі наплавленого деталі 35–650 мм та діаметрі електродного дроту 1,1–2,0 мм зміщення може бути в межах 3–25 мм (визначають дослідним шляхом). Мундштук встановлюють під кутом 70–80° до поверхні яку наплавляють.

Щоб уникнути зниження початкової міцності деталей при наплавленні необхідно прагнути до мінімальної глибини проплавлення основного металу, відповідно знижуючи силу струму. Хоча цей захід призводить до зниження продуктивності процесу, але до нього доводиться вдаватися щоб уникнути пониження міцності деталей через велику глибину проплавлення, особливо відповідальних деталей, що працюють при знакозмінних навантаженнях. Для наплавлення таких деталей доцільно застосовувати легований наплавлюючий

дріт. Зменшити глибину проплавлення основного металу без зниження продуктивності процесу можна наплавленням на багатоелектродних автоматичних або напівавтоматичних пристроях, що дозволяє підвищити загальну величину струму і продуктивність процесу. Однак наплавлення деталей декількома електродами в ремонтному виробництві поки мало використовують.

Найвищу якість наплавлення отримують на постійному струмі при зворотній полярності. Величину струму наближено можна визначити за формулою

$$I = 110d + 10d^2,$$

де d – діаметр електрода, мм.

Швидкість наплавлення u_H

$$u_H = \frac{a_H \cdot I}{G},$$

де a_H – коефіцієнт наплавлення, г/А×год;

I – сила струму, А.

G – вага одного погонного метра наплавлення, г.

У табл. 1.1 за даними наведені режими наплавлення автомобільних деталей залежно від діаметральних розмірів деталі та електродного дроту.

Поздовжню подачу зварювальної головки встановлюють з урахуванням того, щоб кожний наступний валик перекривав попередній на одну третину його ширини. Режими наплавлення повинні забезпечити отримання наплавленого металу без тріщин, тому наплавлення доцільно вести на мінімальних значеннях струму, з мінімальною глибиною проплавлення основного металу.

Одним із заходів щодо усунення гарячих тріщин є попередній підігрів деталі; при цьому вміст вуглецю в наплавленому металі може бути підвищений без ймовірності появи тріщин, так як попередній підігрів деталі знижує раптове охолодження металу, тим самим усуваючи причину утворення гарячих тріщин. Проте в реальних умовах відновлення деталей до попереднього підігріву вдаються в окремих випадках, так як відновленню підлягають попередньо термічно оброблені деталі, попередній підігрів яких небажаний через небезпеку зниження їх фізико-механічних властивостей.

При автоматичному наплавленні деталей під шаром флюсу продуктивність процесу значно вища, ніж при ручному електродуговому наплавленні. За даними М.С. Баранова, при ручному дуговому наплавленні продуктивність нанесення металу становить 0,5–0,7 кг/год, а електродного покриття – 0,2 кг/год.

При автоматичному наплавленні дротом 30ХГСА діаметром 2 мм при силі струму 200–240 А продуктивність складає приблизно 3,2 кг/год металу і 0,7–0,9 кг/год флюсу. Швидкість ручного електродугового наплавлення становить приблизно 2–6 м/год, автоматичного поздовжнього наплавлення шліців 9–16 м/год, при круговому наплавленні 18–25 м/год. Коефіцієнт наплавлення з 7–10 г/А×год при ручному наплавленні покращуючими електродами зростає до 14 г/А×год при автоматичному наплавленні дротом 30ХГСА. Розхід зварювальних матеріалів і електроенергії при автоматичному зварюванні менший, ніж при ручному електродуговому зварюванні. Втрати електродного матеріалу на вигоряння й розбризкування при автоматичному наплавленні складають приблизно 5 %, а при ручному – доходять до 25 %. Економія електроенергії відбувається внаслідок кращого використання теплоти електричної дуги. Коефіцієнт корисної дії відкритої дуги складає 0,4; дуги, що горить під шаром флюсу – 0,86–0,92. Таким чином, автоматичне наплавлення і зварювання деталей під шаром флюсу має більшу техніко-економічну ефективність в авторемонтному виробництві, особливо при централізованому відновленні деталей.

2. Практична частина

Розрахунки режимів наплавлення під шаром флюсу

Залежність сили струму від діаметра деталі вибираємо згідно варіантів наведених в таблиці 1.1 додатку 1.

Швидкість наплавлення V_n , м/год

$$V_n = \frac{a_n \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma} \quad (1.1)$$

Частота обертання деталі n хв⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{60 \cdot \pi \cdot d} \quad (1.2)$$

Швидкість подачі дроту V_{np} , м/год

$$V_{np} = \frac{4 \cdot a_n \cdot I}{\pi \cdot d_{np}^2 \cdot \gamma} \quad (1.3)$$

Крок наплавлення S , мм/ об

$$S = (2 \div 2,5) \cdot d_{np} \quad (1.4)$$

Виліт електрода δ , мм.

$$\delta = (10 \div 12) \cdot d_{np} \quad (1.5)$$

де a_n - коефіцієнт наплавлення, г/ А-год (при наплавленні постійним струмом зворотної полярності; $a_n = 11-14$);

h - товщина наплавленого шару, мм;

γ - щільність електродного дроту, г/см³ ($\gamma = 7,85$);

d_{np} - діаметр електродного дроту, мм;

I - сила струму, А;

Параметри режиму наплавлення підставляти у формули без зміни розмірностей.

Товщина покриття h , мм, нанесеного на зовнішні циліндричні поверхні, визначається по наступній формулі:

$$h = \frac{I}{2} + Z_1 + Z_2 \quad (1.6)$$

де I - зношування деталі, мм;

Z_1 - припуск на обробку перед покриттям, мм (на сторону). Орієнтовно $Z_1 = 0,1 \dots 0,3$ мм;

Z_2 - припуск на механічну обробку після нанесення покриття, мм (на сторону, табл. 1.4).

Залежно від необхідної твердості наплавленого шару застосовують наступні марки дротів і флюсів.

Наплавлення дротами Св-08А, Нп-30, Нп-40, Нн-60, Нп-30ХГСА під шаром плавлених флюсів (АН-348А, ОСЦ-45) забезпечує твердість НВ 187-300. Використання керамічних флюсів (АНК-18, ШСН) із зазначеними

дротами дозволяє підвищити твердість до (HRC-40-55) без термообробки.

Таблиця 1.4 – Припуск на механічну обробку при відновленні деталей різними способами

Спосіб відновлення	Мінімальний припуск однобічний Z_2 , мм
Ручне електродугове наплавлення	1,4...1,7
Наплавлення під шаром флюсу	0,8...1,1
Вібродугове наплавлення	0,6...0,8
Наплавлення в середовищі вуглекислого	0,6...0,8
Плазмове наплавлення	0,4...0,6
Аргонно-дугове наплавлення	0,4...0,6
Електроконтактне наплавлення	0,2...0,5
Газотермічне напилювання	0,2...0,6
Сталювання	0,1...0,2
Хромування	0,05...0,1

Норма часу на виконання наплавочних робіт під шаром флюсу й іншими механізованими способами наплавлення (T_n) складається з наступних елементів витрат часу:

$$T_n = T_o + T_{ec} + T_{дон} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (1.7)$$

де T_o - основний час визначається по наступній формулі:

$$T_o = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot V_n \cdot S}, \quad (1.8)$$

де l - довжина наплавляючої поверхні деталі, мм;

n - кількість наплавлених деталей у партії, шт. (у навчальних цілях можна прийняти 7-22 шт.);

T_{ec} - допоміжний час наплавлення (у навчальних цілях для механізованих способів наплавлення ухвалюється рівним 2-4 хв.);

$T_{дон}$ - додатковий час визначається по наступній формулі:

$$T_{дон} = \frac{(T_o + T_{ec}) \cdot K}{100}, \quad (1.9)$$

де $K= 10-14\%$ - коефіцієнт, що враховує частку додаткового часу від

основного й допоміжного;

T_{nz} - вибирається (у навчальних цілях) рівним 16-20 хв., %.

Таблиця 1.5 – Значення I і L згідно варіантів

<i>Значення вибирати в залежності від варіанту завдань</i>	<i>I</i>	<i>L, мм</i>
1-10	0,5-1,7	30-45
11-20	1,8-2,0	46-55
21-30	2,1-3,0	56-70

1.3 Структура звіту

1. Мета роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Провести розрахунки
4. Висновок

1.4 Контрольні запитання

1. Як відбувається процес наплавлення під шаром флюсу?
2. На які групи поділяють наплавлювані дроти?
3. Від чого залежить діаметр електродного дроту?
4. Які параметри враховують при наплавленні металу під флюсом?
5. Як встановлюють крок наплавлення?
6. Які переваги методу наплавлення під шаром флюсу?
7. Які недоліки методу наплавлення під шаром флюсу?
8. Дати визначення продуктивності наплавлювання і від чого вона залежить?

Практична роботи №2

Розрахунок режимів вібродугового наплавлення

Мета роботи: *Набуття практичних навичок із відновлення деталей вібродуговим наплавленням, ознайомлення з класифікацією та видами вібродугового наплавлення.*

2.1 Теоретичні відомості

Вібродугове наплавлення є різновидом дугового наплавлення металевим електродом. Процес наплавлення здійснюється при вібрації електрода з подачею охолоджувальної рідини на наплавлену поверхню.

На рис. 2.1 зображена принципова схема вібродугової установки з електромеханічним вібратором. Деталь 3, що підлягає напавленні, встановлюється в патроні або в центрах токарного верстата. На супорті верстата монтується наплавлююча головка, що складається з механізму 5 подачі дроту з касетою 6, електромагнітного вібратора 7 з мундштуком 4. Вібратор створює коливання кінця електрода з частотою ПО Гц і амплітудою коливання до 4 мм (практично 1,8 ... 3,2 мм), забезпечуючи розмикання і замикання зварювального кола. При періодичному замиканні електродного дроту і деталі відбувається перенесення металу з електрода на деталь. Вібрація електрода під час наплавлення забезпечує стабільність процесу за рахунок частих порушень дугових розрядів і сприяє подачі електродного дроту невеликими порціями, що забезпечує краще формування наплавлених валиків.

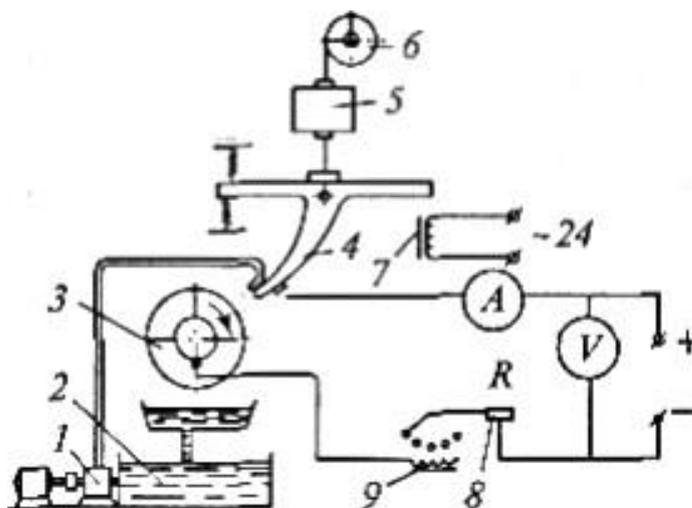


Рисунок 2.1 – Схема установки для вібродугового наплавлення:
1 - насос; 2 - бак; 3 - деталь; 4 - мундштук; 5 - механізм подачі;
6 - касета; 7 - вібратор; 8 - реостат; 9 - дросель

Електропостачання установки здійснюється від джерела струму напругою 24 В. Послідовно з ним включений дросель 9 низької частоти, який стабілізує силу зварювального струму. Реостат служить для регулювання сили струму в ланцюзі. У зону наплавлення за допомогою насоса 1 з бака 2 подається охолоджуюча рідина (4...6% -ний розчин кальцинованої соди у воді), яка захищає метал від окислення.

До переваг способу відносяться: невеликий нагрів деталей, що не впливає на нагрів деталей; невелика зона термічного впливу; висока продуктивність процесу; можливість отримувати наплавлений шар без пір і тріщин; мінімальна деформація деталі, яка не перевищує полів допусків посадочних місць. До недоліків способу відносять зниження втомної міцності деталей після наплавлення на 30...40%. Якість з'єднання наплавленого металу з основним залежить від полярності струму, кроку наплавлення (подача супорта верстата на один оборот деталі), кута підведення електрода до деталі, якості очищення і підготовки поверхні, яка підлягає наплавленню, товщини шару наплавлення і ін. Висока якість наплавлення отримують при струмі зворотної полярності («+» на електроді, «-» на деталі), крок наплавлення 2,3 ... 2,8 мм / об і вугіллі підведення дроту до деталі 15 ... 30 °. Швидкість подачі електродного дроту не повинна перевищувати 1,65 м / хв, а швидкість наплавлення - 0,5 ... 0,65 м / хв.

Надійне сплавлення забезпечується при товщині наплавленого шару, що дорівнює 2,5 мм.

Структура і твердість наплавленого шару залежать від хімічного складу електродного дроту і кількості охолоджувальної рідини. Якщо при наплавленні використовується дріт Нп-80 (вміст вуглецю 0,75 ... 0,85%), то валик в охолоджуючої рідини загартовується до високої твердості (26 ... 55 HRC_e). При використанні при наплавленні низьковуглецевого дроту Св-08 твердість поверхні наплавлення дорівнює 14 ... 19 HRC_e.

Вібродуговим наплавленням відновлюють деталі з циліндричними, конічними зовнішніми і внутрішніми поверхнями, а також з плоскими поверхнями (рис. 2.2). Для одностороннього наплавленні товщина шару коливається від 0,5 до 3 мм, а при багат шаровому наплавленні її можна отримати будь-якої товщини.

Рациональний режим наплавлення: напруга - 28 ... 30 В; сила струму - 70 ... 75 А (діаметр дроту 1,6 мм); швидкість подачі дроту - 1,3 м/хв; швидкість наплавлення - 0,5 ... 0,6 м / хв; амплітуда вібрації - 1,82 мм.

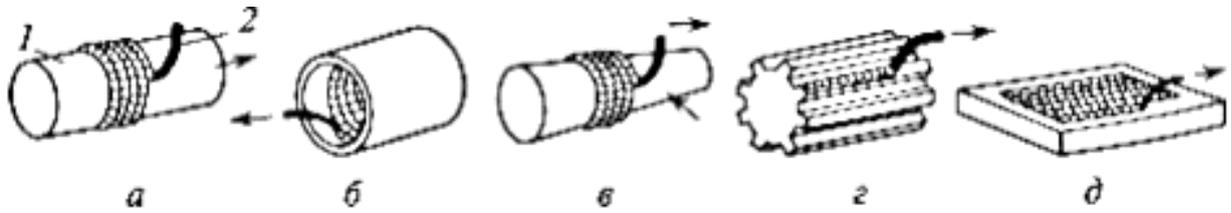


Рисунок 2.2 – Схеми вібродугового наплавлення зношених поверхонь:
 а - зовнішніх циліндричних; б - внутрішніх циліндричних;
 в - зовнішніх конічних; г - шліцьових; д - плоских;
 1 - деталь; 2 - електрод

2.2 Практична частина

Розрахунок режимів вібродугового наплавлення.

Сила струму розраховується за формулою

$$I = (60..75) \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.1)$$

Швидкість подачі електродного дроту може бути розрахована за формулою

$$V_{dp} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{dp}^2}, \quad (2.2)$$

де V_{dp} - швидкість подачі дроту, м/год;

I - сила струму, А;

U - напруга, В; $U = 14-20$ В;

d_{dp} - діаметр електродного дроту, мм.

Швидкість наплавлення розраховують за формулою

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d_{dp}^2 \cdot V_{dp} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot \alpha}, \quad (2.3)$$

де V_n - швидкість наплавлення, м / год;

η - коефіцієнт переходу електродного матеріалу в наплавлений метал
приймають рівним 0,8-0,9;

h - задана товщина наплавленого шару (без механічної обробки), мм;

S - крок наплавлення, мм / об;

α - коефіцієнт, що враховує відхилення фактичної площі перерізу наплавленого шару від площі чотирикутника з висотою h , $\alpha = 0,8$.

Між швидкістю подачі електродного дроту і швидкістю наплавлення існує оптимальне співвідношення, при якому забезпечується гарна якість плавки. Зазвичай $V_n = (0,4 \div 0,8) \cdot V_{dp}$. Зі збільшенням діаметра електродного дроту до $2,5 \div 3,0$ мм – $V_n = (0,74 \div 0,8) \cdot V_{dp}$.

Частота обертання деталі при наплавленні циліндричних поверхонь визначається за формулою (1.2).

Крок наплавлення

$$S = (1,6 \div 2,2) \cdot d_{dp}. \quad (2.4)$$

Амплітуда коливань

$$A = (0,75 \div 1,0) \cdot d_{dp}. \quad (2.5)$$

Індуктивність (L , Гн)

$$L = \frac{51 \cdot \pi \cdot d_{dp} \cdot V_{dp} \cdot \gamma}{i^2 \cdot f}, \quad (2.6)$$

де i - максимальна сила струму в ланцюзі, А (її беруть в два рази більше сили струму по амперметрі);

f - частота коливань, Гц.

Застосовуються наступні марки електродних дротів: Нп-65, Нп80, Нп-30ХГСА та ін.

Полярність зворотна.

Твердість наплавленого шару залежить від хімічного складу електродного дроту і кількості охолоджувальної. При наплавленні дротом Нп-60, Нп-80 і ін. з охолодженням забезпечується твердість 3555 НРС. При наплавленні низьковуглецевої дротом Св-0,8, Св-08Г2С та ін. Тримаються поверхні 22-26 НРС. Розрахунок норми часу для вібродугового наплавлення слід виконувати за формулами 2.7, 2.8, 2.9.

Напругу та діаметр дроту згідно варіантів вибирають за таблицею 2.1 додатку 2.

2.3 Структура звіту

1. Мета роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Провести розрахунки
4. Висновок

2.4 Контрольні запитання

1. Як відбувається процес вібродугового наплавлення?
2. Які є переваги методу?
3. Які є недоліки методу?
4. При кому струмі проводять наплавлення?
5. Що є джерелом живлення електричної дуги при вібродуговому напавленні?
6. Від чого залежить структура і твердість наплавлюваного шару?
7. За допомогою яких речовин відбувається захист розплавленого металу при вібродуговому наплавленні?
8. Як вибирають дрiт при вібродуговому наплавленні?

Практична робота №3

Розрахунок режимів наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Мета роботи: Набуття практичних навичок із відновлення деталей наплавленням в середовищі вуглекислого газу, ознайомлення з класифікацією та видами наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

3.1 Теоретичні відомості

Для зварювання кабін, кузовів і облицювання автомобілів основним видом зварювання в більшості авторемонтних підприємств є ручне ацетиленокисневе зварювання. Точкове зварювання, поки що не знайшло широкого застосування. Відомо, що ручне газове зварювання пов'язане з витратою дорогого газу – ацетилену й відрізняється низкою продуктивністю. Тому ремонтні підприємства шукають нові способи зварювання, які дозволяють знизити трудомісткість зварювання при кузовних ремонтних роботах і підвищити їхню якість. Найбільше відповідає цим вимогам напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу. Захист розплавленого металу від шкідливої дії кисню й азоту повітря при цьому виді зварювання здійснюється струменем вуглекислого газу, який при виході із сопла газоелектричного пальника, відтискує повітря від зони зварювання.

Залежно від електроду, який застосовують, розрізняють два види зварювання, в яких електроди плавляться і не плавляться. При зварюванні електродом, що не плавляється, дуга горить між вугільним або вольфрамовим електродом і деталлю, розплавляючи зварюваний і присадочний метал, який вводять у вигляді прутка у зону зварювання. При зварюванні деталей з відбортованими крайками присадочний пруток у ванну не вводять, а зварювальний шов утворюється за рахунок розплавлення й затвердіння крайок виробу.

Вуглекислий газ для зварювання отримують із рідкої вуглекислоти, що транспортується в балонах при тиску $50\text{--}60\text{ ат}$ ($5\text{--}6\text{ МН/м}^2$). У звичайний стандартний балон ємністю 40 л заливають 25 кг вуглекислоти. При нормальних умовах – температурі 0°C і тиску 760 мм рт ст ($101,3\text{ кН/м}^2$) при випаровуванні 1 кг вуглекислоти утворюється 509 л (509 дм^3) вуглекислого газу.

Для зварювання використовують осушену або харчову вуглекислоту. Осушена вуглекислота містить до 1,5 % кисню й азоту, наявність води у вільному стані не допускається. Вміст кисню й азоту в харчовій вуглекислоті (ГОСТ 8050-56) допускається також до 1,5 %. Крім того в ній є до 0,05 % води в розчиненому стані й до 0,10 % у вільному стані. Застосування для зварювання осушеної вуглекислоти забезпечує вищу якість зварювального шва.

Вплив вуглекислого газу на якість зварювального шва двоякий. З однієї сторони, вуглекислий газ захищає розплавлений метал від кисню й азоту повітря, що оточує зварювальну дугу; з іншого боку – вуглекислий газ при високій температурі дуги розкладається на оксид вуглецю й кисню та проявляє окислюючу дію на розплавлений метал.

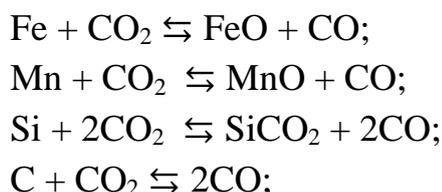
Усунення шкідливого впливу хімічних реакцій окислення здійснюється розкисленням металу шва або видаленням оксидів зі зварювальної ванни. Для розкислення металу шва застосовують зварювальний дріт з підвищеним вмістом марганцю й кремнію, що є гарними розкислювачем.

Якщо при ручному дуговому зварюванні й зварюванні під шаром флюсу низьковуглецевої сталі використовують дріт зі вмістом кремнію не більше 0,03 % і мінімальною кількістю марганцю 0,35 %, то в дроті для зварювання в середовищі вуглекислого газу вміст кремнію становить не менше 0,60 % і марганцю не менш 0,90 %.

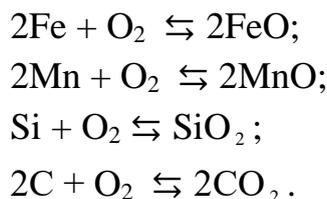
Максимальний діаметр дроту при зварюванні в середовищі вуглекислого газу не перевищує 3 мм.

Окислення елементів розплавленого металу при зварюванні низьковуглецевої сталі відбувається від дії вуглекислого газу й кисню за реакціями:

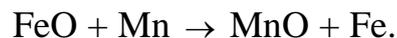
а) окислення вуглекислим газом



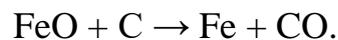
б) окислення киснем



Марганець і кремній, маючи більшу спорідненість до кисню, ніж залізо, віднімають кисень від оксиду заліза FeO і самі зазнають окислення за реакціями



Оксиди кремнію й марганцю не розчиняються в рідкому металі і, вступаючи у взаємодію один з одним, утворюють легкоплавке з'єднання, яке спливає на поверхню зварювальної ванни у вигляді шлаків, що видаляються зі шва. Поряд із цим кремній і марганець запобігають утворенню пустот у металі шва, тому що оксид заліза FeO відновлюється вуглецем, що має більшу спорідненість до кисню порівняно із залізом



Оксид вуглецю, що утворився, не розчиняється в сталі й виділяється з рідкого металу у формі бульбашок. Зазначена реакція, якщо її не гальмувати, спричинила б бурхливе виділення оксиду вуглецю, від чого метал зварювального шва став би пористим. Кремній і марганець, будучи активнішими розкислювачами, ніж вуглець, пригнічують бурхливу реакцію розкислення FeO вуглецем і заспокоюють зварювальну ванну. Крім цього, кремній і марганець поповнюють недостачу цих елементів внаслідок їхнього вигорання й тим самим легують метал зварювального шва, наближаючи його за хімічним складом до основного металу.

Установка для напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу (рис. 3.1) електродом, що плавиться, складається із джерела струму 1, балона 4 з рідкою вуглекислою, підігрівника газу 5, передредукторного осушувача 6, газового редуктора 7, ротаметра або витратоміра газу 3, шлангу 2 для підведення до пальника вуглекислого газу, шлангу 11 для підведення охолоджувальної рідини (води), барабана 10 для електродного дроту й зварювального напівавтомата, що включає механізм подачі електродного дроту 12, шафи, або панелі керування 8, провідника 9, що з'єднує подаючий механізм із шафою керування і газоелектричного пальника 13. Зварювання в середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі при зворотній полярності. Для зварювання використовують джерела постійногоструму.

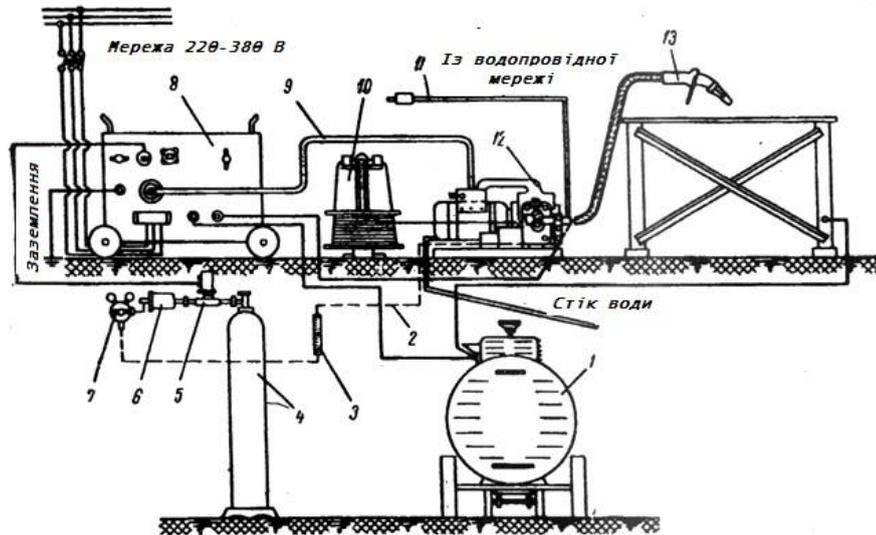


Рисунок 3.1 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу

В ремонтному виробництві напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу особливо доцільна для механізації зварювальних робіт при ремонті кузовів, кабін і облицювання автомобілів.

Дослідження, проведені в цьому напрямку, показали, що можна заздалегідь розробити серії типових ремонтних деталей і, централізувавши їх виготовлення, виконувати приварювання взамін видалених дефектних місць. Крім цього, зварювання в середовищі вуглекислого газу можна застосовувати для заварювання різноманітних тріщин кузовів, кабін і облицювання.

Як джерело струму використовують селенові випрамлячі типу ВСГ-3а і для механізації процесу - напівавтомат А-547-р. Схема установки для напівавтоматичного зварювання кузовів, кабін і облицювання зображена на рис. 3.2. Зміну індуктивності залежно від діаметра електродного дроту виконують включенням у електричне коло різного числа витків індуктивної котушки.

Зварювання виконують на постійному струмі при зворотній полярності: струм 40–60 А, напруга 19–20 В, швидкість зварювання 18–20 м/год, подача дроту 140–150 м/год, виліт електрода 8–10 мм, індуктивність 6 витків. Впровадження у виробництво напівавтоматичного зварювання при ремонті кузовів, кабін і облицювання знижує обсяг ручних зварювальних робіт на 60 % і дає великий економічний ефект.

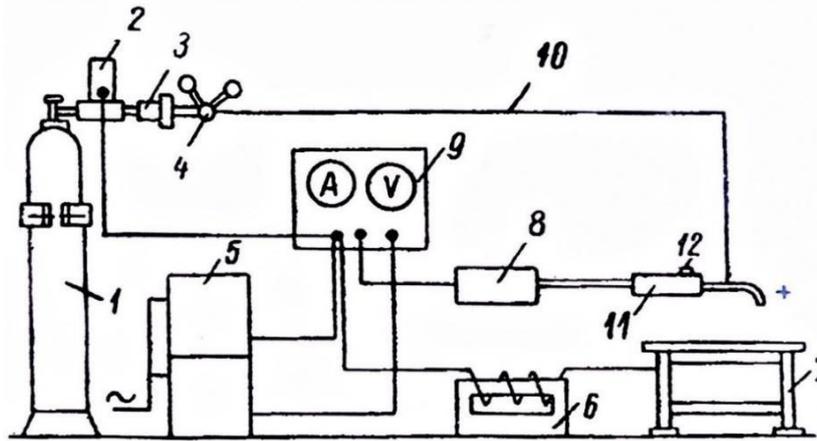


Рисунок 3.2 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу: 1 – балон з вуглекислотою; 2 – перед-редукторний електричний підігрівник газу; 3 – осушувач газу; 4 – редуктор–витратомір; 5 – селенові випрямлячі ВСГ-3а; 6 – регулятор індуктивності (РСТЕ-24 або РСТЕ-34); 7 – стіл зварювальника; 8 – механізм подачі електродного дроту; 9 – пульт керування; 10 – шланг для подачі газу; 11 – газоелектричний пальник; 12 – кнопка включення

3.2 Практична частина

Розрахунки режимів наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Дані для розрахунків вибираємо з таблиці 3.1 додаток 3.

Швидкість наплавлення V_n , м/год

$$V_n = \frac{a_n \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma} \quad (3.1)$$

Частота обертання деталі n хв⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{60 \cdot \pi \cdot d} \quad (3.2)$$

Швидкість подачі дроту V_{np} , м/год

$$V = \frac{4 \cdot a_n \cdot I}{\dots} \quad (3.3)$$

$${}^{np} \pi \cdot d_{np}^2 \cdot \gamma$$

Крок наплавлення S , мм/ об

$$S = (2 \div 2,5) \cdot d_{np}. \quad (3.4)$$

Виліт електрода δ , мм.

$$\delta = (10 \div 12) \cdot d_{np}. \quad (3.5)$$

де a_n - коефіцієнт наплавлення, г/ А-год (при наплавленні постійним струмом зворотної полярності; $a_n = 11-14$);

h - товщина наплавленого шару, мм;

γ - щільність електродного дроту, г/см³ ($\gamma = 7,85$);

d_{np} - діаметр електродного дроту, мм;

I - сила струму, А;

Коефіцієнт наплавлення при наплавленні на зворотній полярності $a_n = 10.. ..12$ г/ А-год. Виліт електрода рівний $8..15$ мм. Витрата вуглекислого газу становить $8..20$ л/хв. Наплавлення здійснюється дротами Нп-30ХГСА, Св-18ХГСА, Св-08Г2С, Св-12Гс, до складу яких повинні обов'язково входити розкислювачі - кремній, марганець.

Твердість шару, наплавленого низьковуглецевим дротом марки Св-08Г2С, Св-12ГС становить НВ 200-250, і дротами зі змістом вуглецю більш 0,3 % (30ХГСА й ін.) після загартування досягає 50 НРС.

3.3 Структура звіту

1. Мета роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Провести розрахунки
4. Висновок

3.4 Контрольні запитання

1. Як відбувається процес наплавлення в середовищі вуглекислого газу?
2. Які є переваги методу?
3. Які є недоліки методу?
4. В якості зачисних газів при наплавленні використовують?
5. Які дроти використовують в якості електродного матеріалу при наплавленні?
6. Що впливає на якість наплавленого шару?
7. Від чого залежить виліт електродного дроту?
8. Що необхідно зробити аби отримати більш високу твердість при

направленні?

Практична робота №4

Розрахунок режимів гальванічного покриття

Мета роботи: Набуття практичних навичок із відновлення деталей гальванічними покриттями, ознайомлення з класифікацією та видами гальванічних покриттів.

4.1 Теоретичні відомості

Гальванічні і хімічні способи обробки застосовують при ремонті деталей автомобілів і дорожньо-будівельних і технологічних машин. Покриття призначаються для відновлення і зношених поверхонь деталей і їх зміцнення (хромування, залізнення, хімічне нікелювання); захисту деталей від корозії (цинкування, кадміювання, оксидування, фосфатування); захисно-декоративних цілей (хромування, нікелювання, оксидування, фосфатування); підготовки поверхонь (грунтування) під лакофарбові покриття (фосфатування, анодування); підвищення електропровідності і поліпшення умов пайки (сріблення, лудження).

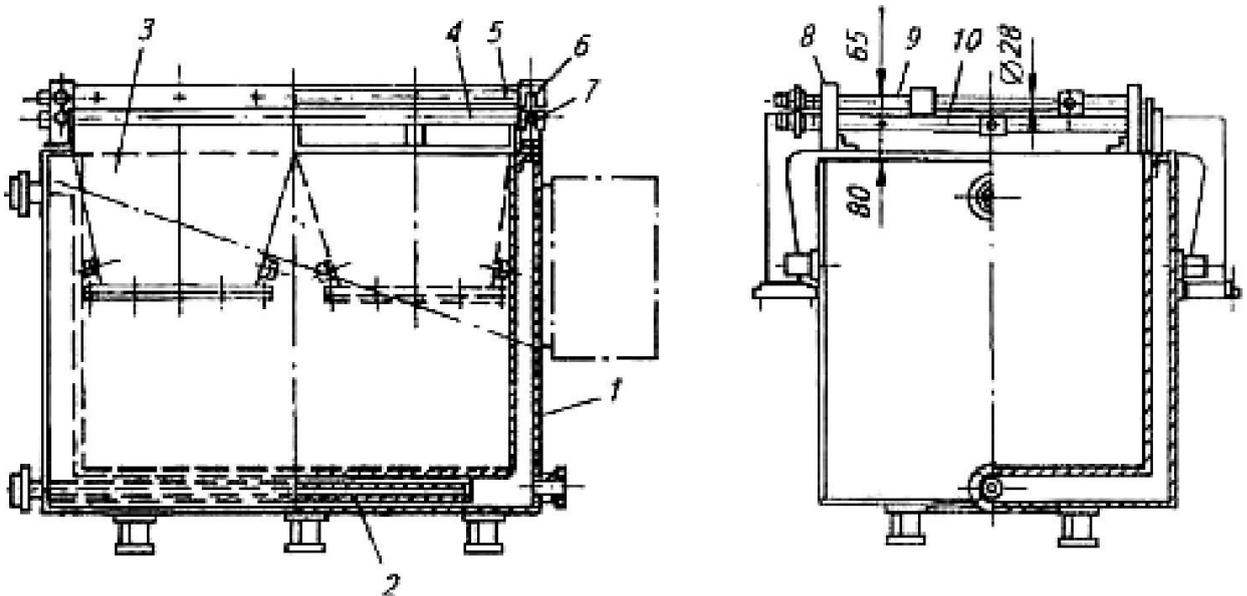


Рисунок 4.1 – Схема ванни для хромування:

- 1 - корпус; 2 - барботер для нагріву; 3 - бортовий відсмоктувач;
- 4 і 5 - катодна і анодна поздовжні шланги; 6 і 7 - анодний і катодний поперечні штанги; 8 - ізолятор під штанги; 9 і 10 - анодний і катодний токопідвідні штанги

Найбільш поширеними видами покриттів при ремонті машин є хромування, залізнення, цинкування, оксидування і фосфатування.

Процес отримання гальванічних покриттів на деталях був розроблений російським вченим, академіком Б.С. Якобі в 1838 р. Гальванічні покриття отримують з електролітів, в якості яких застосовують водні розчини солей тих металів, якими необхідно покрити поверхні деталей. Катодом при гальванічному осадженні металів з електролітів є відновлювана деталь, а анодом - металева пластина або циліндрична деталь. Застосовують розчинні і нерозчинні аноди. Перші виготовляють з металу, який осідає на деталь, другі - з свинцю. При проходженні постійного струму через електроліт на катоді розряджаються позитивно заряджені іони і, отже, виділяються метал і водень. На аноді відбувається розряд негативно заряджених іонів і виділяється кисень. Метал анода розчиняється і переходить в розчин у вигляді іонів металу замість виділилися на катоді. У разі використання нерозчинних анодів (наприклад, при процесі хромування) позитивні іони металу виділяються з електроліта. Тільки в цьому випадку співвідношення компонентів електроліту змінюється, відбувається збіднення електроліту іонами хрому. Через певний час на основі результатів лабораторного аналізу необхідно приводити електроліт в робочий стан, коректуючи його складу.

Для стабільного ведення процесу електролізу необхідно витримувати певні значення катодної і анодної щільності струму. Щільність струму - це відношення струму при електролізі до площі нарощуваної поверхні (катодна щільність струму D_k) або до площі анодної поверхні (анодна щільність струму D_a). Щільність струму вимірюється в амперах, ділений на квадратний дециметр. Катодні і анодні щільності для різних процесів наведені в технологічних документах, рекомендаціях, а також довідниках.

Маса металу, що виділяється на катоді при електролізі, на підставі законів Фарадея пропорційна кількості електрики, яка пройшла через електроліт і електрохімічного еквіваленту металу, який виділяється:

$$G_T = C \cdot I \cdot t_0$$

де G_T - маса металу, що відкладається на катоді при ідеальних умовах електролізу (теоретична маса), г;

I - струм при електролізі, А;

t_0 - тривалість електролізу, год.

Значення електрохімічного еквівалента C для деяких металів такі, $г/А\cdot год.$:

Cz	0,324 ;
Ni	1,095 ;
Zn	1,220 ;
Cu	1,186 ;
Fe	1,042 .

Маса металу, що відкладається на катоді в реальних умовах електролізу, завжди менша маси металу, оскільки в реальних умовах електролізу частина енергії витрачається не тільки на відкладення металу, але і на побічні процеси (розкладання води, нагрівання електроліту і т.д.).

Втрати електричної енергії на побічні процеси враховуються коефіцієнтом α , який називають виходом металу по струмі. Тому дійсна маса металу:

$$\alpha = \frac{G_g}{G_T} = \frac{g_2 - g_1}{C \cdot I \cdot t_0} \cdot 100\%$$

де g_2 і g_1 – маса деталі відповідно після і до покриття її металом. Значення коефіцієнтів α для різних металів наведені нижче:

Cr	0,01...0,16 ;
Cu	0,96...0,98 ;
Fe	0,85...0,90 ;
Pb	0,97...0,98 ;
Zn	0,98...0,99 .

Тривалість електролізу, необхідна для досягнення заданої (або розрахункової) товщини покриття:

$$t_0 = \frac{100 \cdot h \cdot p}{C \cdot D_k \cdot \alpha}$$

де h - товщина покриття, мм;

p – щільність нанесеного металу, $г/см^3$;

D_k - катодна щільність струму, $А/дм^2$;

α - вихід металу по струмі, %.

Формула виведена для умов рівномірного осадження металу при електролізі.

Товщина покриття для отвору:

$$h = \frac{d - d_p}{2} + A$$

де d_p - діаметр отвору після механічної обробки для отримання правильної геометричної форми отвору перед гальванічним нанесенням покриття, мм;

d - діаметр отвору згідно робочого креслення, мм;

A - припуск на шліфування (при шліфуванні $A = 0,05 \dots 0,1$ мм).

Для вала:

$$h = \frac{d - d_p}{2} + A$$

де d - діаметр вала по робочих кресленнях, мм;

d_p - діаметр вала після механічної обробки для отримання правильної геометричної форми вала перед гальванічним нанесенням покриття, мм.

Товщина покриття, нанесеного на поверхні деталей, як правило, виходить нерівномірною, оскільки електричне поле нерівномірно розподіляється по поверхні катода. Силові лінії електричного поля розподіляються в обсязі електроліту нерівномірно, концентруючись на краях катода і виступаючих його частинах (рис. 4.2). На тих ділянках катода, де силових ліній більше, щільність струму більше і, отже, товщина покриття найбільша через незадовільну розсіювальну здатності електролітів.

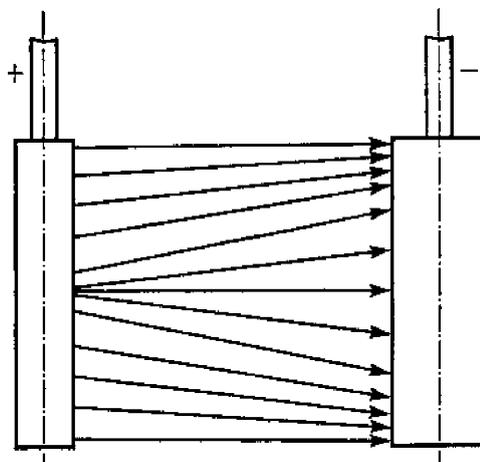


Рисунок 4.2 – Схема розподілу силових ліній в електроліті

Під розсіювальною здатністю електроліту розуміють його властивість забезпечувати отримання рівномірних по товщині покриттів на поверхнях деталей. Електроліти, що володіють хорошою розсіювальною здатністю, забезпечують високу рівномірність товщини покриття поверхонь катодів.

Розсіювальна здатність електроліту залежить від його складу: її можна поліпшити, змінюючи концентрацію основних солей, вводячи спеціальні добавки, а також змінюючи режим електролізу.

Наприклад, зниження щільності струму, підвищення температури і перемішування кислого електроліту сприяють поліпшенню розсіювальної здатності. Більш рівномірне по товщині покриття можна отримати застосуванням фігурних анодів, які копіюють форму деталі, додаткових катодів, струмонепровідних екранів, а також завдяки раціональному розміщенню деталей щодо анодів.

Металеві покриття, отримані в гальванічних ваннах, мають кристалічну будову. Впровадження водню, що виділяється на катоді, призводить до появи значних внутрішніх напружень в кристалічній решітці покриття. Тому структура електролітичного металу і його властивості відрізняються від структури і властивостей литого металу.

Гальванічні покриття мають, як правило, високу поверхневу твердість і крихкість. Значні внутрішні напруги в покриттях призводять до зниження втомної міцності деталей. На внутрішні напруги й інші властивості покриттів великий вплив робить склад електроліту і режим нанесення покриттів. Змінюючи параметри режиму процесу нанесення покриття і склад електроліту, можна управляти властивостями покриття.

4.2 Практична частина

Розрахунок режимів гальванічного покриття

Сила струму

$$I = D_k \cdot F_k, \quad (4.1)$$

де D_k - катодна щільність струму $A/\text{дм}^3$ (визначається умовами роботи деталі, видом покриття, температурою й концентрацією електроліту).

При хромуванні приймають $D_k = 50-75 \text{ A/дм}^3$, при сталюванні - $20..30 \text{ A/дм}^3$;

F_k - площа поверхні, що покривається, дм^2 ;

Норма часу T_n визначається

$$T_n = \frac{(t_0 + t_1) \cdot K_{nz}}{n_{\text{д}} \cdot \eta_n}, \quad (4.2)$$

де t_0 - тривалість електролітичного осадження металів у ванні, год;

K_{nz} - коефіцієнт, що враховує додатковий і підготовчо-заклучний час (при роботі в одну зміну $K_{nz} = 1,1-1,2$; у дві зміни $K_{nz} = 1,03-1,05$);

$n_{\text{д}}$ - кількість деталей, одночасно нарощуваних у ванні (для навчальних цілей можна прийняти 10-40);

η_n - коефіцієнт використання ванни ($\eta_n = 0,8-0,95$).

Час витримки деталей у ванні визначають за формулою:

$$t = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_k \cdot \eta_e}, \quad (4.3)$$

де h - товщина нарощування, мм ;

γ - щільність обложеного металу, г/см^3 (хромування $\gamma = 6,9$; сталювання $\gamma = 7,8$);

C - електрохімічний еквівалент, г/А-год (хромування $C = 0,323$; сталювання $C = 1,042$);

η_e - вихід металу по струмі. Для хромування - 12-15 %; для сталювання - 80-95 %.

При сталюванні й хромуванні відношення площі анода до площі катода $\left(\frac{F_a}{F_k}\right)$ можна прийняти у співвідношенні 2:1.

Розрахункові дані беремо з таблиці 4.1 додатку 4.

4.3 Структура звіту

1. Мета роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Провести розрахунки
4. Висновок

4.4 Контрольні запитання

1. Як відбувається процес гальванічного покриття?
2. Які є методи гальванічного покриття
2. Які переваги методу?
3. Які недоліки методу?
4. Яку будову мають металеві покриття, одержувані в гальванічних ваннах?
5. Що розуміють під розсіючою здатністю електроліту?
6. Згідно закону Фарадея, якою є маса металу, що виділяється на катоді?
7. Які найбільш поширені види покриттів використовують при ремонті машин?
8. Що з електролітів виступає катодом та анодом при гальванічному осадженні металів?

Практична робота №5

Оброблення деталей на свердильних верстатах

Мета роботи: *Набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на свердильних верстатах, ознайомлення з будовою та класифікацією свердел, з методикою призначення різального інструменту та режимів різання.*

5.1. Теоретичні відомості

Характеристика процесу свердління

Процес свердління виконується на свердильних верстатах. Верстати свердильно-розточувальної групи за конструктивними ознаками діляться на такі типи:

1. *Вертикальні одношпindelні верстати з стаціонарним шпindelем на колоні, настінні і настільні.* Дві останні різновидності призначені для свердління отворів діаметром до 15- 20 мм.

2. *Вертикальні одношпindelні верстати з нестаціонарним шпindelем (радіально-свердильні);* монтуються на фундаментній плиті або на стіні, можуть бути переносними. Призначені для свердління отворів у різних місцях громіздких і важких деталей з однієї установки.

3. *Багатошпindelні свердильні верстати.*

4. *Горизонтально-свердильні верстати для глибокого свердління.*

5. *Центрувальні верстати;* застосовуються для виготовлення центрових отворів у заготовках. Ці верстати бувають одношпindelні односторонньої і двосторонньої дії і двошпindelні - для виконання свердління і зенкування центрального отвору в послідовному порядку.

6. *Агрегатні свердильні верстати* створюються за допомогою компонування стандартних багатошпindelних свердильних головок на спеціальних станинах, пристосованих до форми оброблюваної деталі; мають високу продуктивність і широко застосовуються у великосерійному і масовому виробництвах.

На всіх цих верстатах виконують такі основні операції (рис.5.1):

- а) свердління отворів у суцільному матеріалі (*a*);
- б) розсвердлювання раніше просвердлених, а також виготовлених при відливанні або куванні отворів до іншого великого (*b*);
- в) облицювання (цекування) (*в*);

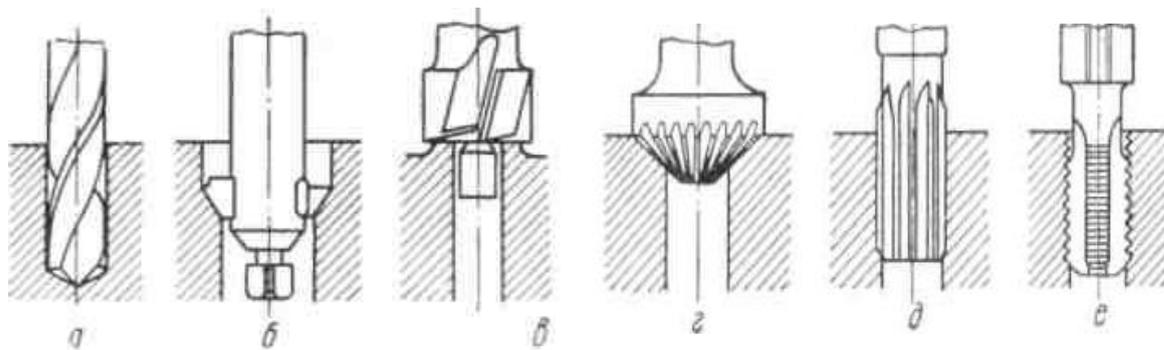


Рисунок 5.1 - Основні свердлильні роботи:
 г) зенкування (z); д) розвірчування (d); е) нарізування різі(e)

Свердлінням називається процес одержання отворів в оброблюваному матеріалі за допомогою свердел. Головним рухом в процесі свердління є обертальний рух свердла із швидкістю V , а переміщення вздовж осі - рух подачі із швидкістю S . (рис. 5.2).

Отже, свердло дістає одночасно і головний рух і подачу. Свердлінням можна обробляти глухі і наскрізні отвори в суцільному матеріалі з точністю до 12-13-го квалітету і шорсткістю $Rz = 10-30$ мкм (ГОСТ 2789 - 73).

Отвори діаметром до 30 мм свердлять за один перехід, більші за два переходи, спочатку свердлом меншого розміру, потім - необхідного діаметра.

В процесі свердління отвора, особливо малого діаметру можливе відведення свердла. Для зменшення відведення свердла роблять попереднє засвердлювання (центрування) коротким жорстким свердлом.

Центрування здійснюють на свердлильних верстатах з направляючими втулками. При свердлінні декількох отворів необхідна точність взаємного їх

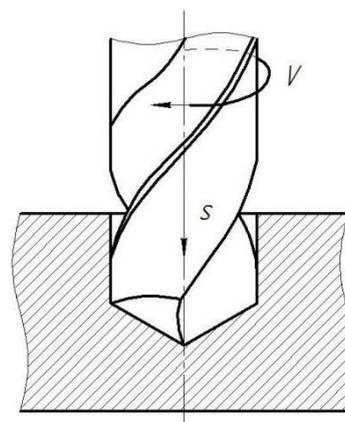


Рисунок 5.2 - Схема свердління

розташування забезпечується за допомогою кондукторів. Якщо задана точність отворів вища 9-го квалітету, то в залежності від його діаметра і виду заготовки наступна обробка здійснюється зенкеруванням, розточуванням, розгортанням. Точність взаємного розташування отворів при послідовній обробці різними інструментами здійснюється також за допомогою кондуктора, але із змінними втулками і швидкозмінними патронами для закріплення інструментів у шпиндель верстата.

За необхідності підвищити точність просвердленого чи попередньо отриманого отвору литтям або прошиванням застосовують для обробки *зенкерування*. Процес отримання отворів зенкеруванням виконується зенкерами. Спиральні зенкери застосовуються для обробки наскрізних циліндричних отворів. Зенкери діаметром 12-25 мм виготовляють суцільними з конічним хвостовиком і з трьома ріжучими зубами, а діаметром 25 - 30 мм - насадними з чотирма чи шістьма ріжучими зубами. Насадні зенкери діаметром 60 - 175 мм виконують зі сталевими рифленими ножами з пластинками із твердих сплавів.

Для обробки фасок в отворах циліндричних і торцьових поверхонь під головки заклепок, гвинтів, болтів і гайок застосовують конічні зенкери (рис.5.1,*a*). Таким чином зенкери, залежно від їхнього призначення, поділяються на спіральні, циліндричні, конічні.

Для забезпечення заданої точності й усунення відведення осі інструмента – зенкера застосовують кондуктори.

Зенкер із шпинделем звичайно має шарнірне з'єднання або плаваюче. Це виключає вплив похибок, пов'язаних з биттям шпинделя щодо осі направляючих втулок на положення осі отвору деталі.

Припуск для зенкерування приблизно дорівнює 0,1 від діаметра отвору. Грубе зенкерування отворів після лиття забезпечує 13-й квалітет точності, а після свердління чи чорнового розточування 11-12-й квалітет, шорсткість поверхні $Rz = 10 - 25$ мкм.

Для отримання на свердлильному верстаті отворів високої точності (5 - 6-го квалітета точності, із шорсткістю $Rz = 2,5 - 0,15$ мкм) у матеріалах з твердістю $HRC < 40$ використовують *розгортання*. Інструмент - розгортка відрізняється від зенкера великим числом зубів і меншим кутом у плані. Необхідною умовою досягнення високої точності обробки при розгортанні є рівномірність припуску, що знімається, і строгий збіг осі розгортання з віссю оброблюваного отвору. Розгортки під час роботи повинні вільно встановлюватися в отворі чи мати точний напрямок. Розгортка направляється кондукторними втулками з нижнім, верхнім чи подвійним направленням. Залежно від необхідної точності розгортання виконується одним чи двома розгортками. Отвір 7-го квалітета точності обробляється одною розгорткою, а 5-го квалітета точності - двома розгортками.

5.2. Практична частина

Призначення різального інструменту

Для свердління та розсвердлювання найчастіше використовують спіральні свердла. Можна використовувати перові свердла та свердла для глибокого свердління. Діаметр свердла призначається відповідно до діаметра отвору. Свердління отворів діаметром більше 30 мм рекомендується проводити за два проходи.

Для виконання лабораторної роботи дані рекомендується брати з додатків 5 згідно варіанту заданого викладачем.

Потрібно вказати кут біля вершини свердла 2ϕ . Для обробки конструкційних сталей та чавуну $2\phi = 116^\circ - 118^\circ$. При обробці корозійностійких сталей, латуні, алюмінієвих сплавів, міді $2\phi = 125^\circ - 150^\circ$. При обробці пластмас, твердих бронз та твердих чавунів $2\phi = 80^\circ - 110^\circ$. Потрібно також прийняти форму загострення свердла. Свердла діаметром до 12 мм мають тільки нормальне загострення (Н).

При обробці конструкційних сталей свердлами діаметром 12-80 мм можна призначити нормальне загострення з підточуванням поперечної кромки (НП). Це веде до зменшення осьової сили.

Для підвищення стійкості свердлам можна придати подвійне загострення. Такі свердла рекомендуються для обробки конструкційних сталей з підвищеною міцністю.

Для обробки сталюого та чавунного литва з поверхневою кіркою можна призначити подвійне загострення з підточуванням поперечної кромки. Якщо на литві поверхнева кірка зрізана, то рекомендується подвійне загострення з підточуванням поперечної кромки та направляючих стрічок (ДСП).

Для обробки чавуну без кірки рекомендується подвійне загострення з підточуванням та зрізуванням поперечної кромки (ДП-2). Більш ґрунтовні рекомендації до призначення геометричних параметрів свердел приведені на стор. 150-151 [6] або 359-361 [4].

Свердла виготовляються із інструментальної легованої сталі 9ХС, швидкорізальних сталей Р12, Р6М5, Р6М3 та інших. Використовують також свердла з припаяною пластиною ВК8, ВК6, Т5К10, Т15К6 та ін.

Свердла діаметром до 6 мм можуть повністю виготовлятися із твердих сплавів ВК6М, ВК8М, ВК10М. Для призначення матеріалу свердла можна користуватися рекомендаціями на стор. 114-118 [8], на стор. 445 [3] або на стор. 353, 354 [4]. У зв'язку з тим, що свердління не відзначається високою точністю (11 - 14 квалітет) та якістю обробки (до $Ra = 25 \div 12,5$ мкм), для підвищення якості та точності обробки після свердління, литва, або штампування

призначають зенкерування. Зенкери забезпечують точність обробки за 11-9 квалітетами та якість обробки до $Ra = 3,2 \div 12,5$ мкм або до $Rz = 12,5 \div 50$ мкм.

Припуск на зенкерування частіше всього залишають $(0,05 \div 0,1)d$; d – діаметр оброблюваного отвору.

Після зенкерування або розточування можна призначити розвертування, яке забезпечить 6-9 квалітет точності та чистоту поверхні до $Ra = 0,32 \div 6,3$ мкм. Глибина різання при розвертуванні не перевищує $0,1 \div 0,4$ мм.

Зенкерування та розвертування ділять на чорнове та чистове. Відповідно потрібно призначити інструменти.

Зенкери та розвертки можуть бути з сталей 9ХС, швидкорізальних сталей, або мають пластини із сплавів ВК6, ВК8, ВК8В, Т5К10, Т15К6, Т14К8. Для зенкерів і розверток необхідно призначити геометричні параметри, особливо кут φ . Для зенкерів, що оброблюють конструкційні сталі і кольорові сплави – $\varphi = 60^\circ$, для обробки чавуну $\varphi = 30^\circ - 60^\circ$.

Для ручних розверток $\varphi = 0,5 \div 1,5^\circ$. Машинні розвертки для обробки сталі і кольорових сплавів мають $\varphi = 12 \div 15^\circ$, для обробки чавуну і важкооброблюваних матеріалів $\varphi = 3 \div 5^\circ$. Для обробки глухих отворів ручні розвертки мають $\varphi = 45^\circ$, а машинні – ($\varphi = 60^\circ$). Для призначення зенкерів та розверток можна користуватися рекомендаціями на стор. 153-160 [8], або стр. 354, 361- 363 [4].

Після вибору інструменту потрібно вказати також верстат, на якому буде проводитися обробка.

Призначення режимів різання

Як уже відзначалося вище, головним рухом свердла є обертальний. Цей рух свердло дістає від шпинделя верстата. Тому швидкістю різання при свердлінні називається колова швидкість свердла відносно стінки отвору (рис. 5.3а). Максимальне значення ця швидкість має на периферії свердла і зменшується в міру наближення до його центра, де вона дорівнює нулеві. При обчисленнях застосовують максимальну величину цієї швидкості, яку вираховують за формулою

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (5.1)$$

де D - зовнішній діаметр свердла, в мм;

n - число обертів свердла (або шпинделя верстата) за хвилину.

Одночасно з обертанням свердло дістає від шпинделя верстата переміщення вздовж своєї осі. Величина переміщення свердла в міліметрах за один оберт називається подачею і позначається буквою S .

Вибране значення подачі потрібно скорегувати за паспортом верстата, на якому ведеться обробка. При розрахунку режиму різання для багато інструментальної свердильної головки подачу потрібно визначити для кожного свердла та прийняти за розрахункову найменшу із вибраних подач.

Глибина різання при свердлінні в суцільному матеріалі (рис. 5.3а) дорівнює половині діаметра свердла, тобто

$$t = \frac{D}{2} \text{ мм} \quad (5.2)$$

При розсвердлюванні (рис. 5.3 б) глибина різання дорівнює піврізниці між діаметром свердла і діаметром отвору до розсвердлювання:

$$t_p = \frac{D - D_0}{2} \text{ мм} \quad (5.3)$$

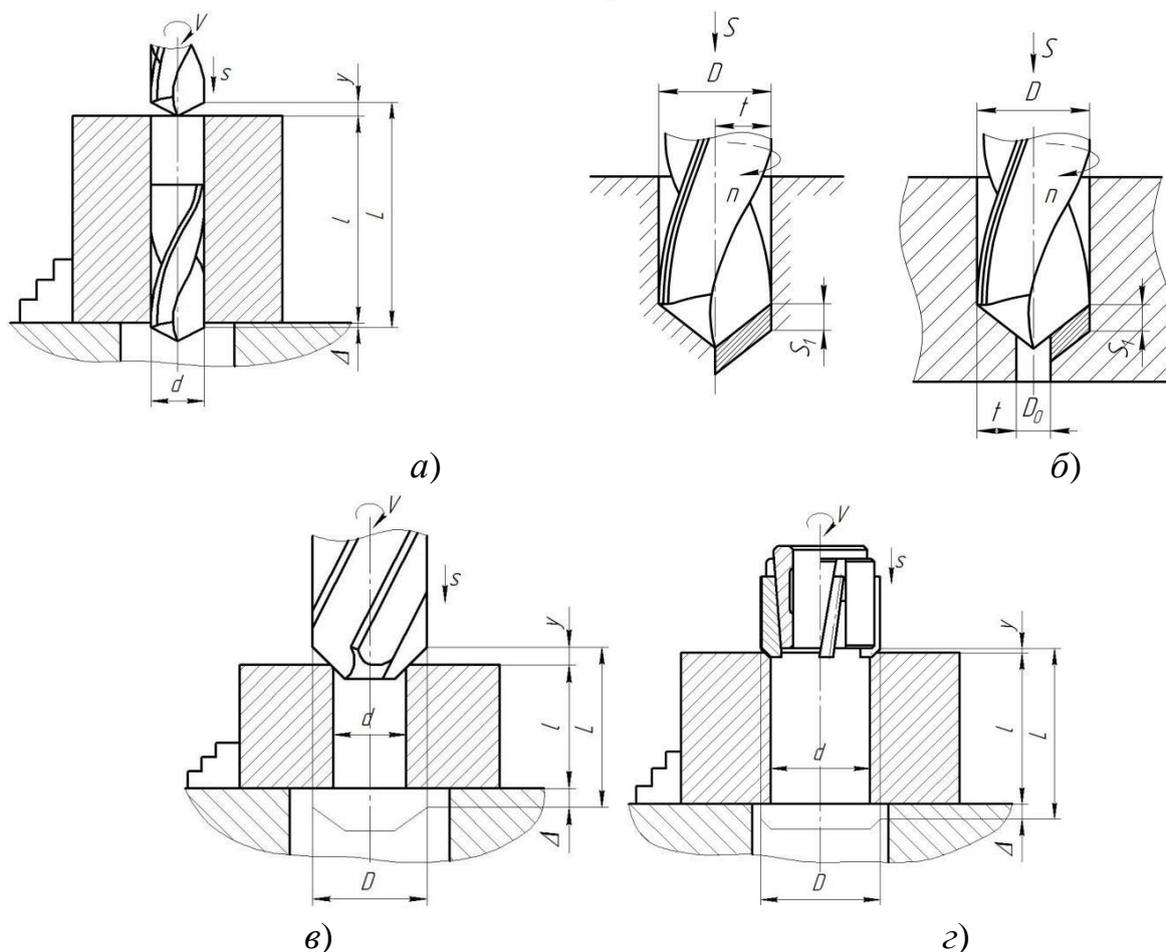


Рисунок 5.3 – Елементи режимів різання в процесі обробки отворів:

а) – свердлінням; б) – розсвердлюванням; в) – зенкеруванням;

з) – розвертуванням

Глибина різання для зенкерування та розвертування (рис. 5.3 в, г) визначається:

$$t_p = \frac{D - d}{2} \text{ мм} \quad (5.4)$$

Якщо зенкерування чи розвертування проводиться за декілька проходів, то загальний припуск ділиться між проходами відповідно до якості обробки.

5.3. Структура звіту

1. Мета роботи
2. Короткі теоретичні відомості
3. Креслення схеми різання
4. Призначення різального інструменту
5. Вибір режимів різання
6. Висновок

5.4. Контрольні запитання

1. Які операції виконуються на свердлильних верстатах?
2. Що таке свердління?
3. Який рух в процесі свердління є головним?
4. Який рух в процесі свердління вважається рухом подачі?
5. Який рух в процесі свердління отримує свердло?
6. Які отвори можна обробляти свердлінням?
7. Які заходи проводять для зменшення відведення свердла в процесі свердління отвору малого діаметра?
8. Для чого проводять засвердлювання (центрування) перед свердлінням отворів?

Практична робота №6

Оброблення деталей на токарних верстатах

Мета роботи: набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на токарних верстатах, ознайомлення з будовою та класифікацією токарних різців, їх призначенням, навчити правильно обирати різець та матеріал різальної частини інструменту, та вибирати режими різання.

6.1. Теоретичні відомості

Точінням називається обробка різцями будь-якої форми зовнішніх або внутрішніх поверхонь обертання. Під час точіння оброблювана поверхня деталі обертається навколо своєї геометричної осі, а різець безперервно переміщується відносно цієї поверхні, знімаючи з неї шар металу потрібної товщини (рис. 6.1).

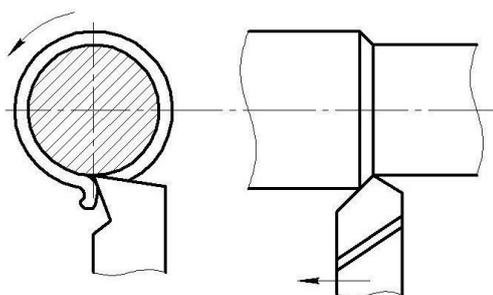


Рисунок 6.1 - Схема точіння

Головним рухом під час токарної обробки є обертальний рух деталі. Під час цього руху різець зрізує з оброблюваної поверхні стружку. Переміщення різця відносно оброблюваної поверхні, що забезпечує безперервність процесу різання є *рухом подачі*.

Точіння здійснюється на токарно-гвинторізних, гідрокопіювальних, токарно-револьверних, багато різцевих, токарно-карусельних верстатах, одношпindelних і багатошпindelних токарних півавтоматах та автоматах.

Деталі, що мають поверхні за формою тіл обертання, можна розділити на вали, втулки і диски. Точіння циліндричних та торцевих поверхонь кожної з цих деталей, для забезпечення необхідної точності, виконують чорнове, чистове і тонке.

При чорновому точінні точність обробки досягається 14-го квалітету і шорсткість $Rz = 40$ мкм. Чистове точіння забезпечує точність обробки 7 - 8-го квалітету і шорсткість поверхні $Ra = 1,25$ мкм. Тонке точіння забезпечує точність обробки 6 - 7-го квалітету і шорсткість поверхні $Ra = 0,25$ мкм.

При обробці довгих, мало жорстких валів застосовують спеціальні пристрої - нерухомі і рухомі люнети. Люнети служать додатковою опорою, що сприймає навантаження. Рухомий люнет, переміщуючись за різцем, сприймає силу різання. Оброблювана поверхня спирається на кулачки люнета. У тих випадках, коли варто забезпечити співвісність поверхні, що обточується, з раніше обробленою поверхнею, кулачки люнета встановлюють перед різцем, тобто на раніше обточену поверхню.

Основним різальним інструментом для точіння є різець, будова якого показана на рис. 6.2.

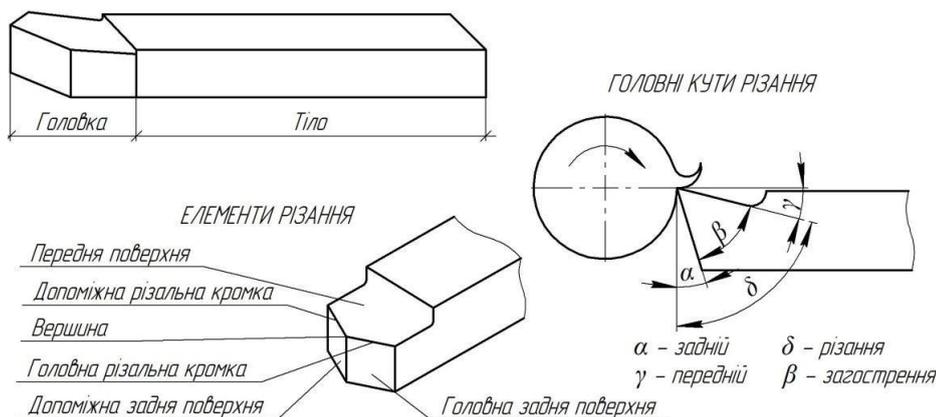


Рисунок 6.2 - Будова токарних різців

Класифікують різці за напрямком подачі, формою головки різця (рис.6.3), формою перерізу різця, способом кріплення ріжучої частини різця зі стрижнем, характером обробки і видом виконуваних робіт.

За формою головок різці бувають прямі, відігнуті, вигнуті і з відтягнутою головою.

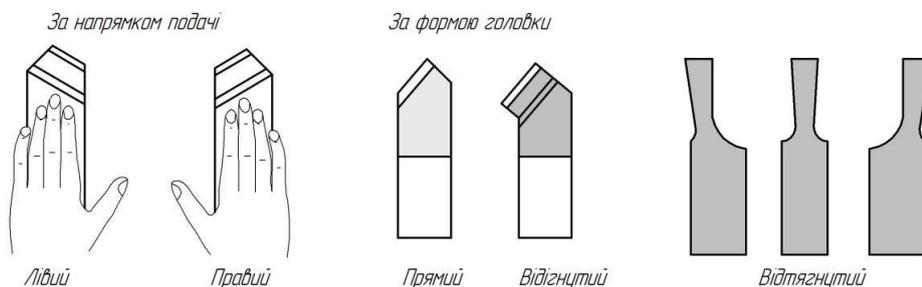


Рисунок 6.3 - Класифікація різців за напрямком подачі та формою головки різця

У прямих різців вісь різця пряма, а в відігнутих вона викривлена вправо або вліво. У вигнутих – вісь різця вигнута в боковій поверхні. У різців з відтягнутою головкою ширина головки менша ширини державки різця, і головка може бути розміщена симетрично відносно осі стрижня чи зміщена вправо або вліво від осі.

За характером обробки розрізняють чорнові (обдирочні) і чистові (для тонкого точіння).

За видом виконуваних робіт токарні різці поділяються (рис.6.4) на прохідні (1-4), розточні (5, 6), підрізні, прорізні, відрізні (7), різьбові (8), і гальтельні (9).

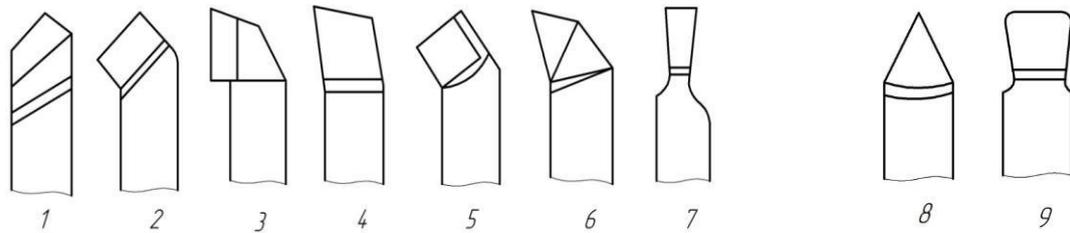


Рисунок 6.4 – Суцільні токарні різці

За способом кріплення ріжучої частини різця зі стрижнем розрізняють: суцільні різці (рис. 6.4, 1-9), складальні (рис. 6.5) нероз’ємні (а), роз’ємні (б) і пластини до них (в), фасонні різці (рис. 6.6) круглі (а), призматичні (б).

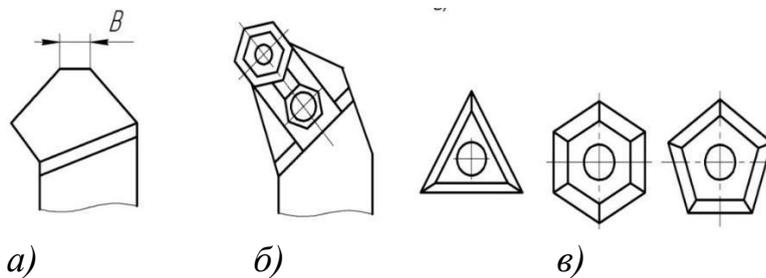


Рисунок 6.5 – Токарні складальні різці

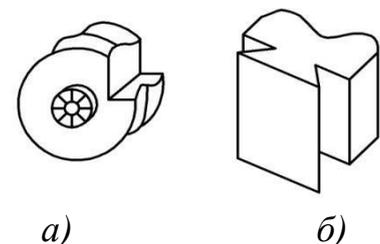


Рисунок 6.6 – Фасонні токарні різці

В залежності від форми перерізу стрижня різці бувають прямокутні, квадратні і круглі.

Різці закріплюють у різцетримачі супорта. Вони можуть пересуватися вздовж, поперек та під кутом до осі обертання деталі. Поєднання таких рухів деталі та різального інструмента - різця дає змогу отримувати різноманітні поверхні: циліндричні, конічні, фасонні, гвинтові, торцеві площини (рис 6.7).

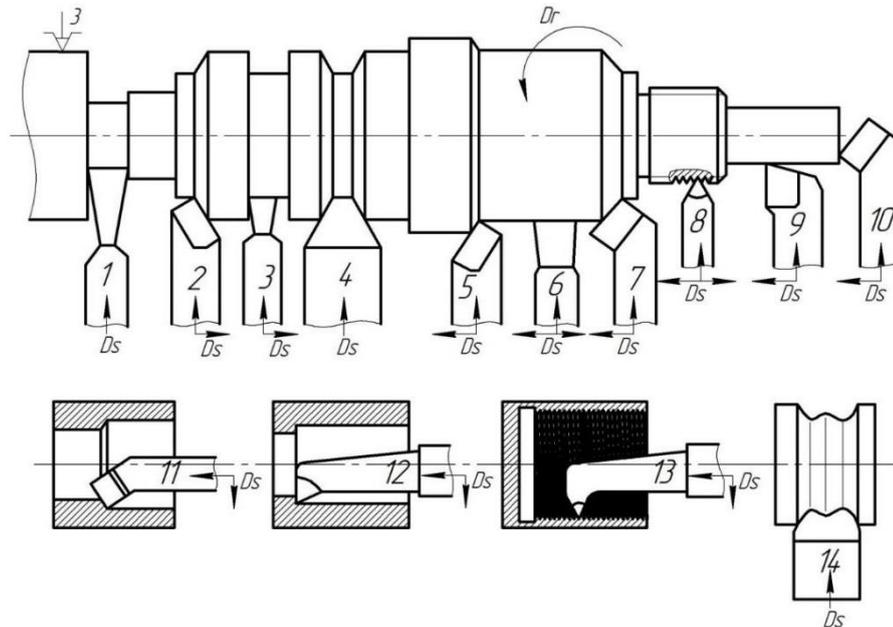


Рисунок 6.7 - Схема роботи токарних різців:

1 - відрізний; 2 - прохідний лівий; 3 - прорізний; 4 - канавочний; 5 - прохідний правий; 6 - прохідний, що вигладжує; 7 - прохідно-торцевий, в даному випадку прохідний; 8 - різенарізний для зовнішньої різі; 9 - прохідний з кутом $\phi=90^\circ$ (підрізний упорний); 10 - прохідно-торцевий, в даному випадку торцевий; 11 - розточний прохідний; 12 - розточний підрізний; 13 - різенарізний для внутрішньої різі; 14 - фасонний стержневий

Вибір різців

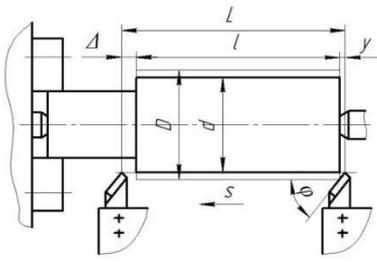
Вирішення задачі вибору різця рекомендується починати звикреслювання схеми різання. Схема різання показує взаємне розміщення заготовки і токарного різця в процесі оброблення.

Приклади схем різання приведені на рис.6.8.

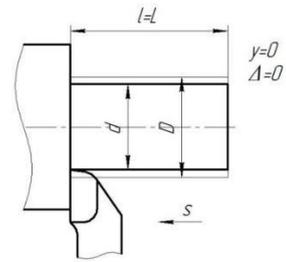
Після виконання схеми різання потрібно вибрати характеристики різального інструменту, тобто вибрати тип різця, матеріал різальної частини, геометрію та розміри перерізу державки різця.

Для вибору типу різця та його кутів потрібно ознайомитися з геометрією різця, для цього розглянемо рис. 6.9.

Головні кути ріжучого клина, розглядають у перерізі, перпендикулярному до ріжучої кромки і площині різання, див. основну площину.

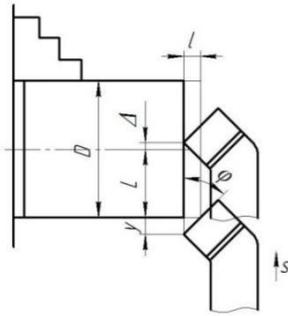


а)

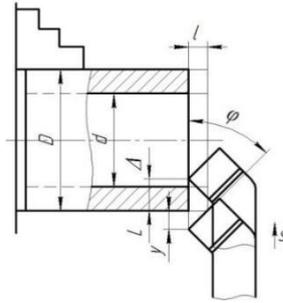


б)

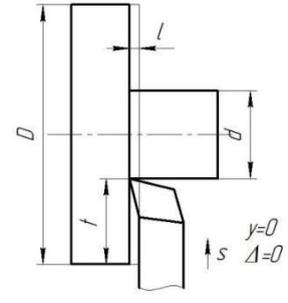
Обробка зовнішньої поверхні: а) – на прохід; б) – до упору



а)

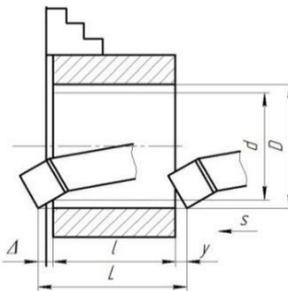


б)

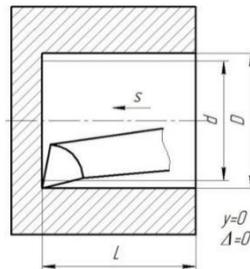


в)

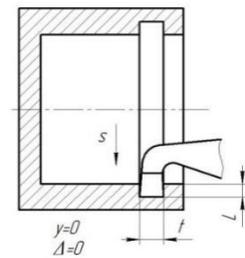
Обробка торцевої поверхні: а) - вала; б) – втулки; в) - до упору



а)

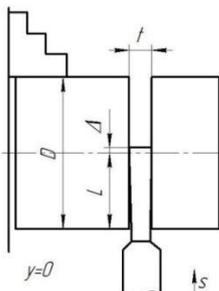


б)

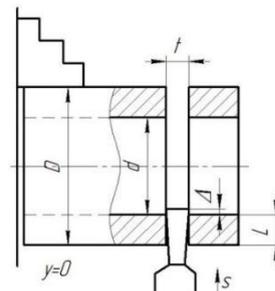


в)

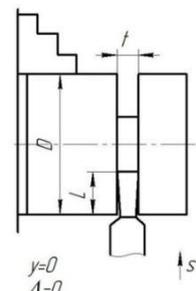
Обробка отворів: а) - наскрізного; б) - глухого; в) обробка канавки в отворі



а)



б)



в)

а) - розрізування заготовки; б) - розрізування втулки в) - прорізування кільцевої канавки

Рисунок 6.8 - Схеми різання в процесі токарного оброблення

Передній кут γ — кут між передньою поверхнею ріжучого клина і площиною, перпендикулярною площині різання яка проходить через ріжучу крайку.

Задній кут α - кут між задньою поверхнею ріжучого клина і площиною різання.

Кут загострення β - кут між передньою і задньою поверхнями ріжучого клина.

Кут різання δ - кут між передньою поверхнею ріжучого клина і площиною різання.

З рис. 6.9 виходить: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$; $\delta = \alpha + \beta = 90^\circ - \gamma$.

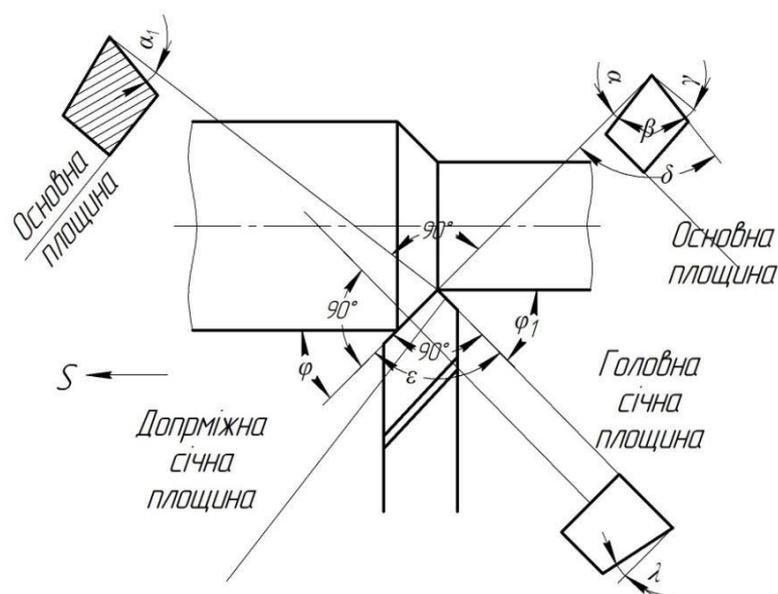


Рисунок 6.9 – Геометрія різця

Головним кутом у плані φ називається кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямом поздовжньої подачі. Кут φ впливає на зміну форми шару, який знімають, а також на величину зусиль і вібрацій, що виникають у процесі різання.

Допоміжним кутом у плані φ_1 називається кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямом, протилежним поздовжній подачі. Кут φ_1 зміцнює вершину різця і впливає на якість обробленої поверхні.

Кутом при вершині ε - кут між проекціями головної і допоміжної різальних кромки на основну площину. Кут ε впливає на міцність різальної частини різця. З рис. 6.9 видно, що $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$.

Допоміжні кути різця вимірюються в допоміжній січній площині, яка перпендикулярна до проекції допоміжної різальної кромки на основну площину. З допоміжних кутів на процес різання впливає задній допоміжний кут.

Допоміжним заднім кутом різця ϕ_1 зменшує тертя допоміжної задньої грані до обробленої поверхні.

Допоміжний кут λ - кут нахилу головної ріжучої кромки. Якщо вершина різця - найнижча точка на головній різальній кромці, кут λ вважається додатним, якщо найвища - від'ємним. Якщо головна різальна кромка паралельна до основної площини, то кут λ дорівнює нулеві (рис. 6.10). У різця з додатним кутом ($+\lambda$) різальна частина його біля вершини міцніша, ніж у різця з від'ємним кутом ($-\lambda$). Тому додатне значення цього кута надається різцям, призначеним для обробки твердих і крихких матеріалів, а також різцям, оснащеним твердими сплавами, через те що вони мають підвищену крихкість.

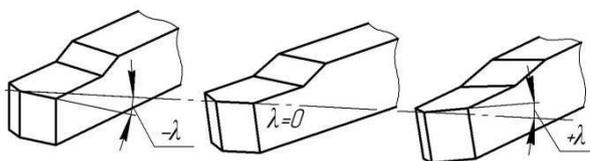


Рисунок 6.10 - Кути нахилу головної різальної кромки

Кут $-\lambda$ відводить стружку у сторону оброблюваної поверхні, а кут $+\lambda$ - у сторону обробленої поверхні. $\lambda = 0$ закручує стружку в архімедову спіраль.

Тип різця та кути різця в плані ϕ та ϕ_1 вибирають з довідника у відповідності до виду оброблення, або з часткових рекомендацій приведених нижче.

До основних типів різців відносяться прохідні, підрізувальні, відрізувальні, розточувальні та фасонні різці.

Прохідні різці використовуються для оброблення зовнішньої поверхні. До них відносяться:

1. Прохідні прямі різці з кутами $\phi = 45^\circ; 60^\circ; \phi_1 = 10^\circ; 30^\circ; 45^\circ$, використовуються для оброблення циліндричної або конусної поверхні.

2. Прохідні упорні різці з кутами $\phi = 90^\circ; \phi_1 = 10^\circ$, призначаються для оброблення зовнішньої поверхні до упору.

3. Прохідні відігнуті різці з кутами $\phi = \phi_1 = 45^\circ$ використовуються як для оброблення циліндричної чи конусної поверхні, так і для оброблення торцевої поверхні.

Підрізувальні різці з кутами $\phi = 90^\circ; 95^\circ; 100^\circ$ та $\phi_1 = 10^\circ; 30^\circ; 15^\circ$, використовуються для оброблення торцевої поверхні деталі.

Відрізувальні різці з кутами $\varphi = 90^\circ$ та $\varphi_1 = 1^\circ; 1^\circ 30'$ призначені для відрізування деталей та прорізування кільцевих канавок.

Для оброблення отворів використовуються розточувальні різці, які діляться на:

1. Розточувальні різці для глухих отворів, $\varphi = 95^\circ$ та $\varphi_1 = 15^\circ; 5^\circ$.
2. Розточувальні різці для наскрізних отворів, $\varphi = 45^\circ; 60^\circ; \varphi_1 = 15^\circ; 30^\circ$.

Значення переднього кута γ та заднього кута α можна обрати з довідників або прийняти за рекомендаціями приведеними нижче.

Передній кут γ призначається в межах $0^\circ-30^\circ$ в залежності від матеріалу заготовки і різця. Більші значення рекомендуються для оброблення заготовок 5 пластичних матеріалів швидкорізальними різцями. Задній кут α призначається від 6° до 12° в залежності від матеріалу заготовки. Більші значення кута α має при обробці пластичних матеріалів. При чистовій обробці куту α дають більші значення ніж при чорновій обробці.

Призначаючи різець необхідно вказати його конструкцію, тобто різець суцільний, різець збірний з напаяною пластиною, різець з механічним кріпленням пластини.

Призначаючи розміри перерізу державки токарного різця, слід виходити з того, що масивніші різці можуть витримати більші навантаження. Допустимі розміри перерізу державки різця приведені в паспортах токарних верстатів.

Більш детальні рекомендації щодо вибору геометричних параметрів і матеріалу різальної частини різця викладені в довідниках [9, 10].

6.2. Практична частина

Призначення матеріалу різальної частини інструменту

Матеріал різальної частини інструменту призначається з врахуванням конкретних умов оброблення, а саме: матеріал заготовки, вид оброблення, наявність ударних навантажень, наявність ливарної кірки на поверхні заготовки та інше.

Для виконання лабораторної роботи умови оброблення задаються викладачем згідно додатку 6.

Для вибору інструментальних матеріалів використовують рекомендації довідників [1, 9, 12, 13] та додатку 6 Б.

Призначаючи різець, необхідно вказати матеріал різальної частини. Можна використати наступні рекомендації:

– для попереднього оброблення чавуну використовують різці з твердосплавними пластинами з сплавів: ВК6, ВК8, ВК8Ц ВК6М, ТТ8К6;

– для чистового оброблення чавуну використовують різці з твёрдосплавними пластинами з сплавів: ВК4, ВК6, ВК61Ч, ВК4М, ВК3, ВК3М, КНТ16, Силініт-Р;

– для попереднього оброблення конструкційних сталей використовуються різці з твёрдосплавними пластинами з сплавів: Т5К10, Т5К12, Т14К8, Т15К6,

ТТ7К12, а також сталі Р6М5, Р9 та інші;

– для чистового оброблення сталі використовують різці з твёрдосплавними пластинами з сплавів: Т15К6, Т14К8, Т30К4, ТН20, КТШ6, ВОК60, Силініт-Р, а також сталі Р9К10, Р9К5, Р10К5Ф та інші;

– для оброблення важкооброблюваних матеріалів використовують різці з твёрдосплавними пластинами з сплавів: ТТ7К12, ВК8В, ВК6М, Т5К10, ТТ10К8Б, ВК10-ОМ, ВОК60, ТН20;

для оброблення кольорових сплавів рекомендуються різці з твёрдосплавними пластинами з сплавів: ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВОК60, КНТ16, Силініт-Р або Р6М3, Р9К5, Р9К10;

– для оброблення алюмінієвих сплавів рекомендується використовувати швидкорізальні сталі.

Призначаючи розміри перерізу державки токарного різця, слід виходити з того, що масивніші різці можуть витримати більші навантаження. Допустимі розміри перерізу державки різця приведені в паспортах токарних верстатів.

Більш детально рекомендації щодо вибору геометричних параметрів і матеріалу різальної частини різця викладені в довідниках.

Приклад: Призначити матеріал різальної пластини токарного різця для чорнового оброблення чавунної заготовки з ливарною кіркою та нерівномірним припуском, твёрдістю НВ 250.

Розв'язок: Для оброблення чавуну рекомендується матеріал різальної пластини вольфрамо-кобальтовий твёрдий сплав (ВК). Враховуючи, що обробка чорнова з великим нерівномірним навантаженням, за рекомендаціями довідника [9, табл. 3, с. 116] приймаємо сплав ВК8. Сплав містить 8% кобальту і 92% карбиду вольфраму.

Призначення режимів різання

Основними елементами режимів різання є глибина різання t , подача S і швидкість різання V .

1. Визначення глибини різання

Для оброблення зовнішньої поверхні та для розточування отворів:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (6.1)$$

де D – діаметр зовнішньої поверхні до оброблення, або внутрішньої поверхні після оброблення.

d – діаметр зовнішньої поверхні після оброблення, або внутрішньої до оброблення.

Для оброблення торця деталі:

$$t = h, \quad (6.2)$$

де h – припуск на обробку.

Для відрізування заготовок та прорізування канавок:

$$t = b, \quad (6.3)$$

де b – ширина різальної частини відрізувального, або канавочного різця.

Глибина різання визначається в залежності від припуску на обробку, якості оброблення, а також можливостей різця та верстату. Для попереднього оброблення ($Rz = 320 - 80$ мкм або $Ra = 100-20$ мкм, 15-17 квалітет точності) бажано весь припуск знімати за один прохід, враховуючи потужність верстата та міцність різця. Для напівчистового оброблення ($Ra = 50-20$ мкм або $Ra = 16-5$ мкм, 12-14 квалітет точності) глибина різання призначається від 0,5 мм до 2 мм. Для чистової оброблення ($Ra = 3,2-1,25$ мкм, 6-9 квалітет точності) $t = 0,1-0,4$ мм. Значні припуски знімаються за декілька проходів різця.

2. Призначення подачі

Подача вибирається з таблиць в залежності від умов оброблення: матеріалу заготовки, якості обробленої поверхні, глибини різання, інших факторів. Рекомендації щодо вибору подачі приведені нижче.

При виборі подачі необхідно вказувати номер таблиці і сторінку довідника, де вибране це значення.

З метою підвищення продуктивності праці потрібно призначати максимально можливу подачу. Для чорнового оброблення необхідно враховувати міцність різця та міцність механізму подачі верстата. Величину подачі можна вибрати з додатку.

Швидкість різання v вибирають після того, як установлені глибина різання і подача. При точінні швидкість різання - це шлях, який проходить точка, що лежить на оброблюваній поверхні, відносно різальної кромки інструмента за хвилину:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (6.4)$$

де v - швидкість різання, в м/хв;

D - діаметр оброблюваної поверхні, в мм;

n - число обертів деталі за хвилину.

Швидкість вибирають з літератури .

Якщо відома швидкість різання і діаметр деталі, з формули (6.4) легко визначити число обертів деталі за хвилину:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \quad (6.5)$$

Вибираємо верстат, який повинен задовольняти розрахунковим даним режимів різання.

6.3. Структура звіту

- 1 Мета роботи
- 2 Короткі теоретичні відомості
- 3 Креслення схеми різання
- 4 Призначення параметрів різця
- 5 Визначення глибини різання і подачі
- 6 Висновок

6.4. Контрольні запитання

1. Що таке точіння?
3. З яких основних частин складається різець?
4. Якими різцями обробляють циліндричні поверхні?
5. Що знімають з заготовки в процесі перетворення її в готову деталь?
6. Які рухи повинні відтворювати заготовка і різальний інструмент для того, щоб відбувався процес різання.
8. Що таке глибина різання?

8. Які операції з обробки поверхонь виконують на верстатах токарної групи.

Практична робота №7

Оброблення деталей на фрезерних верстатах

Мета роботи: Набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на фрезерних верстатах, ознайомлення з будовою та класифікацією фрез та методикою призначення режимів різання.

7.1. Теоретичні відомості

Оброблення площин, криволінійних і складних за формою поверхонь на верстатах фрезерної групи багатолезовим інструментом (фрезою) називається *фрезеруванням*.

Фрезеруванням можна із заданою точністю обробити майже всі види поверхонь. Для цього існують різні види фрезерних верстатів, їх поділяють на такі основні групи:

- 1) прості горизонтально-фрезерні верстати;
- 2) універсальні горизонтально-фрезерні верстати;
- 3) вертикально-фрезерні верстати;
- 4) поздовжньо-фрезерні верстати;
- 5) шпонково-фрезерні верстати;
- 6) барабанно-фрезерні верстати;
- 7) копіювально-фрезерні верстати;
- 8) різьбофрезерні верстати;
- 9) спеціалізовані фрезерні верстати.

Для прикладу розглянемо оброблення на універсальному горизонтально-фрезерному верстаті, у якого робочий стіл крім трьох рухів подачі, може ще повертатися в горизонтальній площині на кут $45 - 50^\circ$, що розширює коло робіт, які виконуються на горизонтально-фрезерних верстатах.

При фрезеруванні стружку знімає не один різець, а багатолезовий інструмент – фреза. Подача здійснюється переміщенням стола в поздовжньому і поперечному напрямках. Фреза обертається від шпинделя верстата. Обертальний рух фрези є головним, а переміщення стола верстата з закріпленою на ньому деталлю - рухом подачі (рис. 7.1).

Всі фрези являють собою різної форми тіла обертання, що мають на своїх поверхнях прямі або гвинтові канавки, які утворюють зубці з різальними лезами.

Фрези можуть бути суцільними, складеними і збірними. Їх виготовляють з швидкорізальних сталей марок Р18 та Р9 або оснащують пластинками металокерамічних і мінералокерамічних сплавів.

Класифікація фрез. За видом оброблюваних поверхонь фрези поділяються на: циліндричні і торцеві - для обробки площин; дискові і пальцеві - для обробки різних видів пазів; пилки - для розрізування металів; фасонні - для обробки фасонних поверхонь; зуборізні - для нарізування зубів зубчастих коліс; різьбові - для нарізування різі та інші.

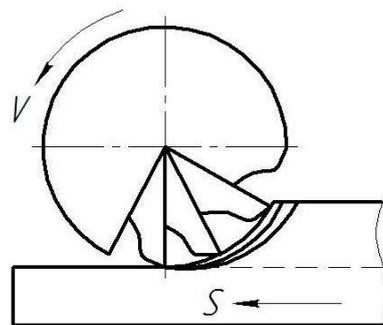


Рисунок 7.1 – Схема фрезерування

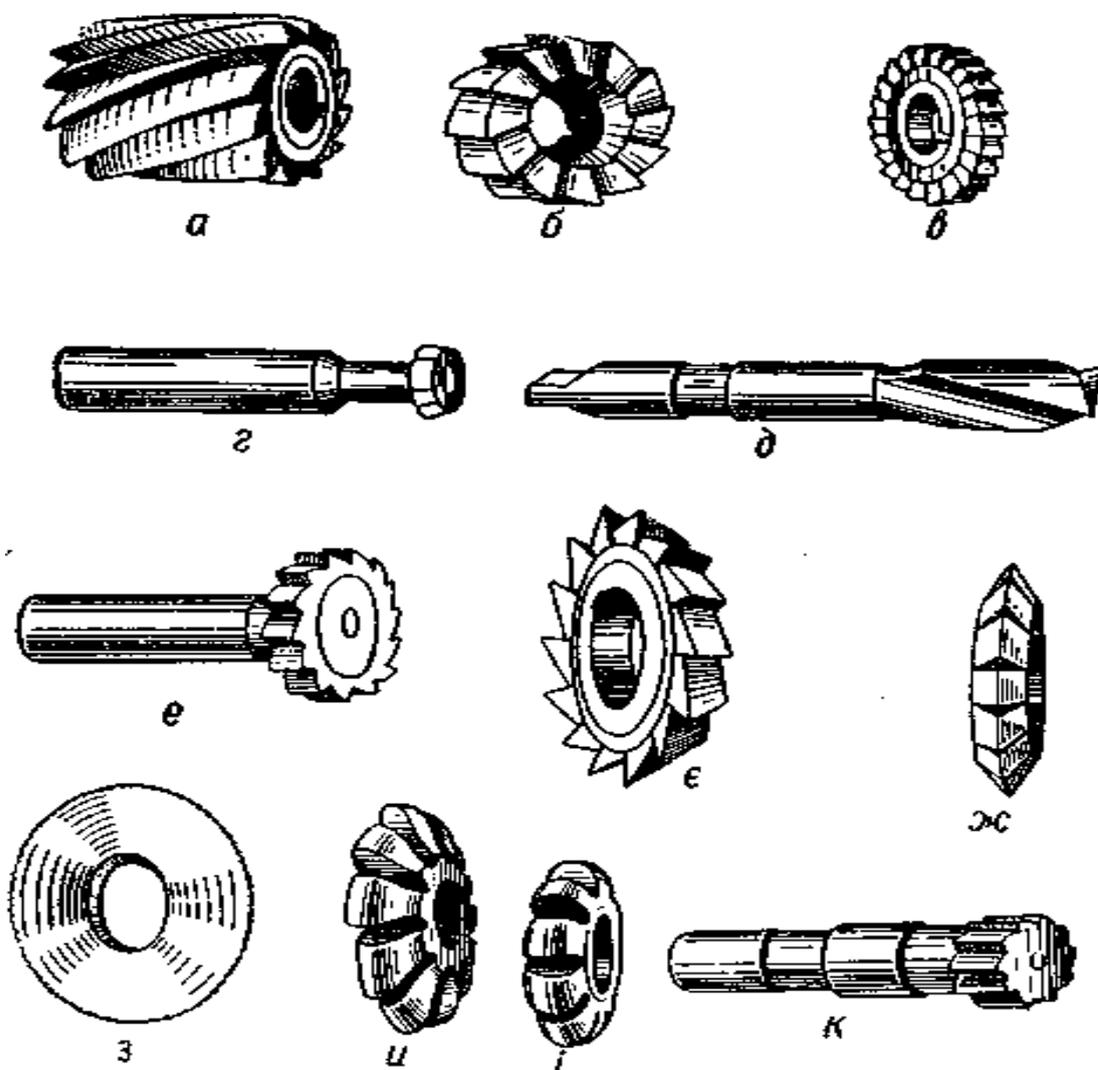


Рисунок 7.2 – Типи фрез

На рис. 7.2 показані основні типи фрез. Для обробки площин циліндрична фреза (*a*); торцева фреза (*b*) для обробки пазів - дискова фреза (*в*); для обробки Т-подібних пазів пальцева фреза (*г*); для обробки звичайних шпонкових пазів пальцева фреза (*д*); для обробки пазів сегментних шпонок фреза (*е*); одно кутова фреза для обробки канавок (*ж*); двокутова фреза (*з*); фреза - пила для прорізування шліців (*и*); модульна дискова фреза для обробки зубів зубчастих коліс (*u*); фасонна фреза для обробки напівкруглих канавок (*i*); гребінчаста фреза для нарізування різі (*к*). Існує багато інших типів фрез для виконання спеціальних робіт.

Фрезерування торцевими фрезами поверхонь більш продуктивне ніж циліндричними.

Чорнове фрезерування забезпечує точність за 12÷14 квалітетом, з чистотою поверхні Ra 6,3÷12,5; чистове відповідно 11 квалітет точності, Ra 3,2÷6,3 а тонке 8,9 квалітет точності, з чистотою поверхні Ra 1,6.

7.2. Практична частина

Призначення різального інструменту

Для фрезерування поверхні заготовки важливе значення має правильний вибір фрези. Необхідно проаналізувати всі можливі варіанти обробки і вибрати найбільш оптимальний, при якому найбільш повно використовуються можливості верстата і фрези, забезпечується необхідна якість обробки та досягається найвища продуктивність праці.

Для виконання лабораторної роботи варіант завдання вибрати в додатках 7 за вказівкою викладача.

З метою спрощення роботи над вибором типу і розмірів фрези, а також ширини фрезерування та глибини різання, слід накреслити схему різання. *Типові* схеми різання наведені на рис. 7.3.

В залежності від форми оброблюваної поверхні необхідно вказати тип фрези, її конструкційні особливості (суцільна, збірна, спосіб кріплення зубів), розміри фрези, число зубів і геометричні параметри. Розміри фрези вибираються виходячи з розмірів оброблюваної поверхні. Так при обробці площин та уступів діаметр торцевої або пальцевої фрези, ширина дискової або циліндричної фрези мають бути на 10 - 20% більшими за ширину оброблюваної поверхні.

Найбільшу продуктивність при обробці горизонтальної площини на вертикально-фрезерному верстаті або вертикальної площини на горизонтально-фрезерному верстаті можна досягти, використовуючи торцеві фрези (рис. 7.3 *a*). Якщо горизонтальна площина деталі оброблюється на горизонтально-

фрезерному верстаті, то використовуються циліндричні фрези (рис. 7.3 б). Неширокі площини та пази оброблюються торцевими фрезами малих розмірів, пальцевими або дисковими фрезами (рис. 7.3 в, г, д, ж, з). Складні фасонні поверхні оброблюють дисковими фрезами відповідного профілю (рис. 7.3 і). Для обробки шпонкових канавок під призматичні шпонки призначаються пальцеві шпонкові фрези (рис. 7.3 у).

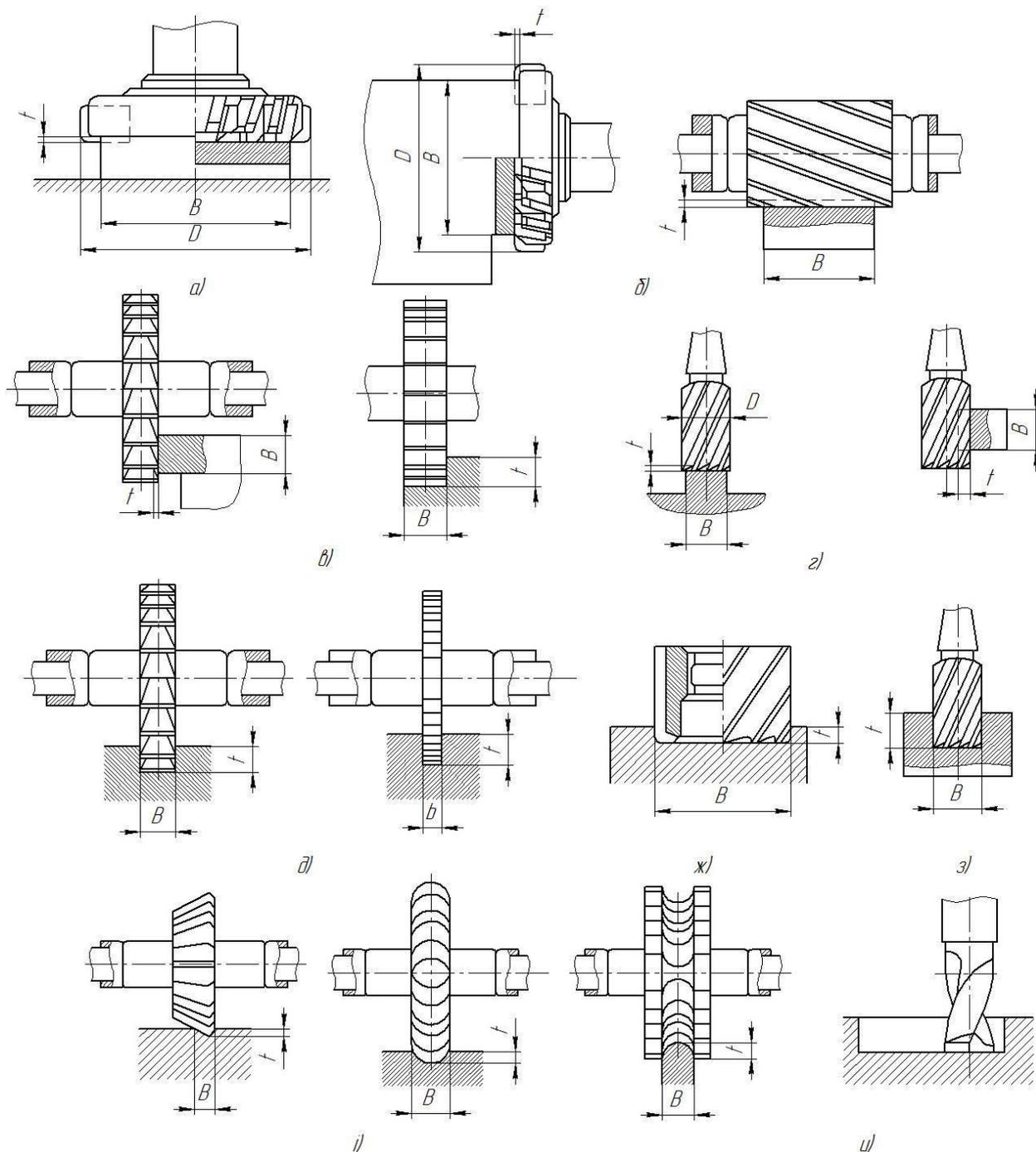


Рисунок 7.3 – Схеми різання при фрезеруванні

Визначаючи діаметр фрези, можна використати рекомендації приведені у додатку 7 Б. Потрібно також вказати число зубів фрези. Для чистової обробки слід призначати фрези з більшою кількістю зубів, а для чорнової обробки з меншим числом зубців. Визначаючи параметри фрези, слід звернути увагу на можливість кріплення фрези на верстаті. Особливо це стосується дискових і циліндричних фрез, які потрібно насаджувати на оправку. Параметри фрези можна вибрати з таблиць 65-100 (стор. 174-189) [9] або з додатку 7 Б. Потрібно вказати також конструкційні особливості фрези і матеріал зубів фрези.

Призначення режимів фрезерування

Знаючи, що головний рух при фрезеруванні - обертання фрези, визначаємо швидкість різання за формулою

$$v = \frac{\pi D n}{1000} \quad (7.1)$$

де D - зовнішній діаметр фрези, в мм;

n - число обертів фрези (або шпинделя верстата) за хвилину.

Призначення глибини різання

Глибину різання при фрезеруванні призначають в залежності від припуску на обробку, якості обробленої поверхні, потужності верстата, конструкції інструменту та жорсткості системи ВПД. При чорновій обробці для підвищення продуктивності бажано весь припуск зрізати за один прохід. Практично в більшості випадків чорнове фрезерування з точністю за 12-14 квалітетами та якістю поверхні до $Ra = 6,3 \div 12,5 \text{ мкм}$, або до $Rz = 25 \div 50 \text{ мкм}$ проводиться з глибиною різання 3 – 5 мм, а для торцевих фрез глибина різання досягає 12 – 15 мм.

Для досягнення високої якості обробки після чорнової обробки проводиться чистова з точністю за 8-11 квалітетом та якістю поверхні до $Ra = 1,25 \div 3,2 \text{ мкм}$, або до $Rz = 5 \div 12,5 \text{ мкм}$ з глибиною різання 0,5 – 1,5 мм.

Для багатоінструментальної обробки глибина різання визначається для кожної фрези.

Призначення подач

Для чорнового фрезерування визначається подача на один зуб фрези, S_z , з додатку 7 В (таблиць В2 – В6), з таблиць 33, 34, 35, 36, 38 (стор. 283 - 286) [10], з карт 108-199 (стор. 209 -343) [5] або з карт Ф-2 (стор. 83 - 84) [8].

Для чистового фрезерування визначається подача за один оберт фрези, S з додатку 7 В (таблиць В7, В8), з таблиці 37 (стор. 285) [9], з карт 108-199 (стор. 209-343) [5].

Якщо на одній оправці закріплено кілька фрез, то спочатку подача S_z визначається для кожної фрези. Потім для кожної фрези визначається подача на один оберт шпинделя.

$$S = S_z \cdot Z \text{ (мм/об)} \quad (7.2)$$

де z – число зубців фрези.

За розрахункову подачу на один оберт приймається менше із одержаних значень і визначається розрахункова подача на один зуб фрези для кожного інструменту.

$$S_z = \frac{S}{Z} \text{ (мм/зуб)} \quad (7.3)$$

7.3 Структура звіту

- 1 Мета роботи;
- 2 Короткі теоретичні відомості;
- 3 Креслення схеми різання;
- 4 Призначення різального інструменту;
- 5 Визначення глибини різання і подачі;
- 6 Висновок;

7.4 Контрольні запитання

1. Що таке фрезерування?
2. Які поверхні можна обробляти фрезеруванням?
3. Який рух в процесі фрезерування є рухом подачі?
4. Як поділяються фрези за видом оброблюваних поверхонь?
5. Чи можна нарізати різь фрезою на фрезерному верстаті?
6. Які фрези використовують для обробки різних видів пазів?
7. Які фрези використовують для обробки площин?
8. Які фрези використовують для нарізування зубів зубчастих коліс?

Практична робота №8

Оброблення деталей на шліфувальних верстатах

Мета роботи: *Набуття практичних навичок із оброблення матеріалів на шліфувальних верстатах, ознайомлення із методикою призначення інструменту та режимів оброблення.*

8.1. Теоретичні відомості

Види шліфувальних верстатів

Шліфувальні верстати широко застосовуються у машинобудуванні для: 1) дуже точної обробки різних деталей; 2) надання високої якості оброблюваній поверхні; 3) грубого обдирання заготовок; 4) відрізних робіт; 5) загострення різальних інструментів.

До групи шліфувальних верстатів входять усі верстати, на яких ріжуть метали та інші матеріали шліфувальними кругами, брусками та абразивними порошками.

Сучасні шліфувальні верстати можна поділити на:

- 1) круглошліфувальні центрові для зовнішнього шліфування (прості й універсальні);
- 2) внутрішшліфувальні (прості й планетарні);
- 3) круглошліфувальні безцентрові для зовнішнього і внутрішнього шліфування;
- 4) плоскошліфувальні з круглими і прямокутними столами (з вертикальним або горизонтальним шпинделем);
- 5) зубошліфувальні;
- 6) різешліфувальні;
- 7) шліфувальні для загострювання різних різальних інструментів;
- 8) шліфувальні, призначені для досягнення високої чистоти оброблюваної поверхні - шліфувально-притиральні (які здійснюють хонінг-процес) і шліфувально-обробні (що здійснюють процес суперфінішу);
- 9) шліфувальні спеціального призначення (наприклад, шліцевшліфувальні, копіювально-шліфувальні, для шліфування кульок тощо).

Методи шліфування

У сучасному машинобудуванні шліфування набуло значного застосування як при обробці металів, так і інших матеріалів. Ним широко користуються для виконання особливо точних операцій - доводки точних вимірювальних інструментів, загострювання різального інструмента, а також для грубих обдирних робіт.

Різальними інструментами при шліфуванні є шліфувальні круги, яким залежно від конфігурації оброблюваного виробу надають різних форм.

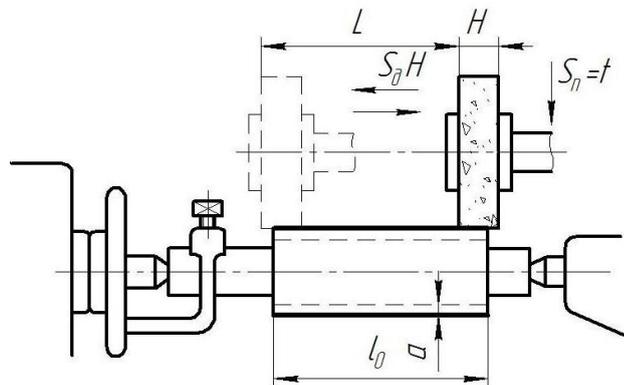


Рисунок 8.1 – Схема круглого шліфування повздовжньою подачею

Шліфування є основним і найбільш розповсюдженим методом обробки зовнішніх циліндричних поверхонь. Тонке шліфування здійснюється м'якими дрібнозернистими абразивними інструментами на круглошліфувальних (рис. 8.1), безцентрово-шліфувальних (рис. 8.2), плоскошліфувальних (рис. 8.4) та внутрішшліфувальних верстатах (рис. 8.5).

На круглошліфувальних верстатах заготовка встановлюється у центрах верстата. Швидкість обертання заготовки змінюється від 10 до 15 м/хв., швидкість круга 30 м/с.

Процес шліфування здійснюється з подовжньою подачею (рис. 8.1) і методом врізання (рис. 8.3). У першому випадку заготовка здійснює зворотно-поступальне повздовжнє переміщення, а наприкінці кожного ходу здійснюється поперечна подача.

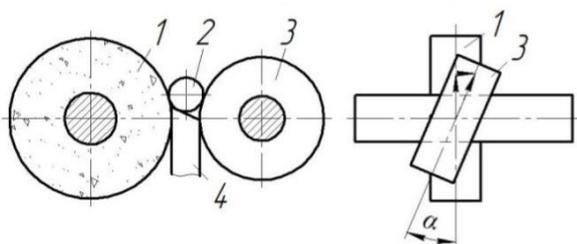


Рисунок 8.2 – Схема безцентрового шліфування

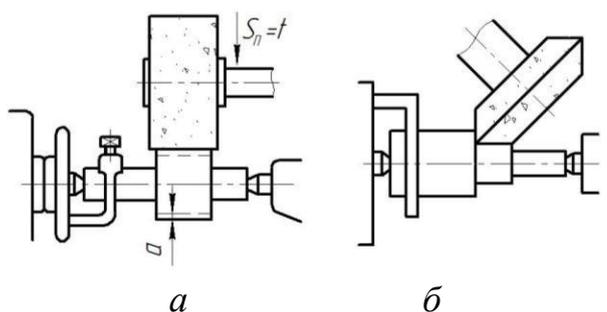


Рисунок 8.3 – Схема круглого шліфування з поперечною подачею (а); схема шліфування шийки й уступу вала (б)

Другий спосіб полягає в тому, що шліфувальному кругу надається тільки поперечна подача. При шліфуванні на безцентрово-шліфувальних верстатах (рис. 8.2) заготовка 2 встановлюється між двома кругами 1 і 3 на спеціальний підтримуючий ніж 4, виготовлений із стійкого проти спрацьовування матеріалу. Завдяки скосу, спрямованому вбік ведучого круга, деталь притискається до нього, що сприяє передачі обертового моменту деталі.

Внутрішнє кругле шліфування (рис. 8.4) використовують для шліфування втулок та інших деталей з отворами. Розрізняють два способи внутрішнього шліфування:

- 1) шліфування отвору в обертовому виробі (звичайне шліфування);
- 2) шліфування отвору в нерухомому виробі (планетарне шліфування).

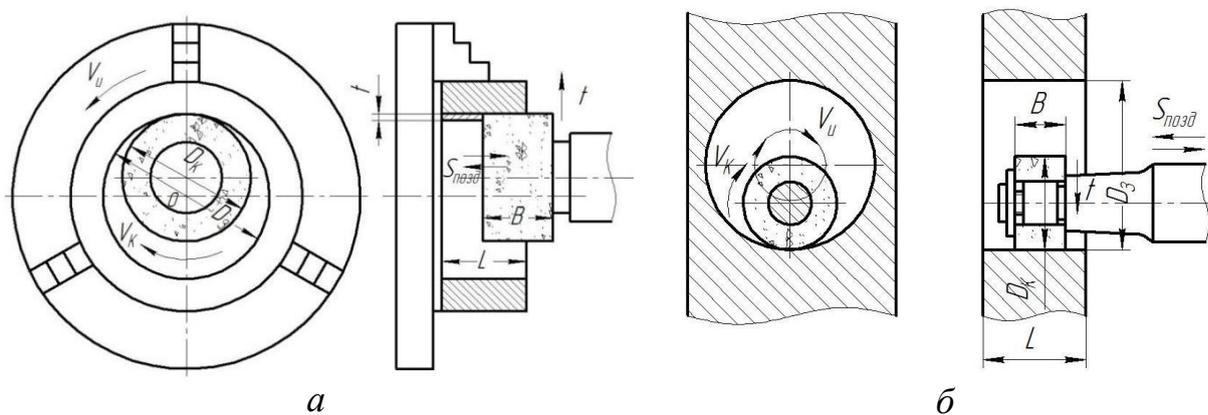


Рисунок 8.4 – Внутрішнє шліфування

Якщо працюють за першим способом (рис. 8.4а) виріб і шліфувальний круг обертаються в різні сторони. Крім обертального руху, шліфувальний круг виконує зворотно-поступальний рух вздовж осі оброблюваного отвору (поздовжня подача $s_{позд}$) і рух врзування на глибину різання (поперечна подача t), який провадиться в кінці кожного подвійного поздовжнього ходу. Поздовжні подачі беруть у межах від 0,25 до 0,8 ширини круга B на один оберт виробу. Виріб затискають у патроні (так само як на токарному верстаті). Цей спосіб застосовується для оброблення невеликих виробів (загартовані кільця, отвори в інструментах тощо).

Для обробки отворів у дуже великих і важких виробих, які незручно і неможливо закріпити в патроні, застосовують другий спосіб (рис. 8.4, б).

При планетарному шліфуванні виріб на столі верстата лишається нерухомим. Шліфувальний круг здійснює обертальний рух навколо своєї осі v_k коловий рух навколо осі оброблюваного виробу v_u , зворотно-поступальний рух вздовж своєї осі (поздовжня подача $s_{позд}$), а також поперечну подачу t .

Діаметр шліфувального круга при внутрішньому шліфуванні беруть у межах 0,7 - 0,9 діаметра оброблюваного отвору. Звичайно застосовують круги малого діаметра, що обмежує швидкість різання, а також створює малу жорсткість шліфувального шпинделя. У зв'язку з цим поперечні подачі при внутрішньому шліфуванні беруть дуже малими: 0,005-0,02 мм/подв. хід при чорновій обробці і 0,002-0,01 мм/подв. хід при чистовій обробці.

Плоске шліфування (рис. 8.5) застосовують для обробки плоских поверхонь. Широкого застосування плоске шліфування набуло як чистова операція після фрезерування або стругання площин різних виробів з метою досягнення високої точності і чистоти оброблюваної поверхні. Плоске тонке шліфування часто замінює чистове стругання, чистове обпилювання і шабрування.

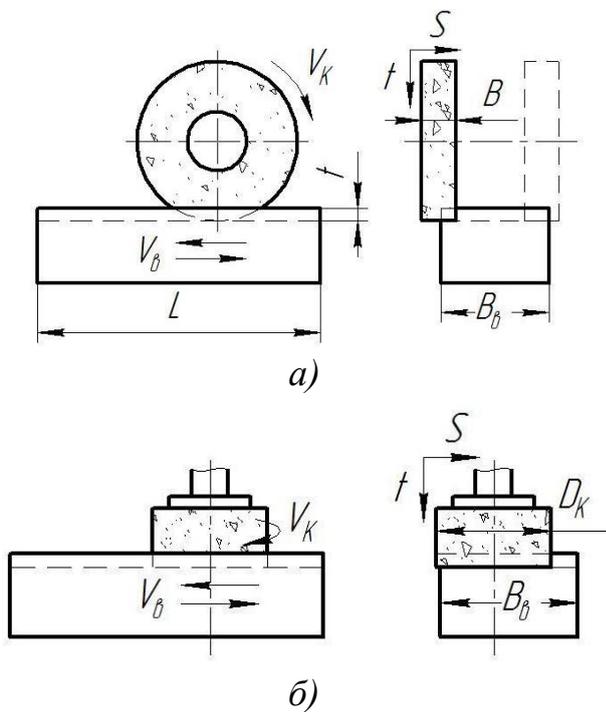


Рисунок 8.5 – Плоске шліфування за принципом поздовжньо-стругальних верстатів: а – периферією круга; б – торцем круга

5).

Характеристика шліфувальних кругів

Шліфувальний круг являє собою різальний інструмент, виготовлений з суміші дрібних зерен твердого шліфуючого матеріалу і цементуючої речовини (зв'язки). При обертанні круга гострі грані зерен зрізують з заготовки тонку стружку.

Плоске шліфування виконують: 1) периферією круга (рис. 8.5а) або 2) торцевою площиною круга (рис. 8.5б).

Ці способи обробки можна здійснювати на плоскошліфувальних верстатах, які працюють за принципом поздовжньо-стругальних або карусельних верстатів. В обох випадках виріб закріплюють на столі верстата і разом з столом він дістає або прямолінійний зворотно-поступальний або обертальний рух, а круг, що має ширину більшу за ширину виробу, тільки обертається. Якщо ширина круга менша за ширину виробу, то шліфувальний круг ще переміщується у напрямі ширини виробу (поперечна подача

Характеристику шліфувального круга визначають такі основні елементи: 1) якість шліфуючого (абразивного) матеріалу; 2) величина зерен, тобто зернистість круга; 3) якість цементуючої речовини; 4) твердість круга; 5) структура круга.

Абразивні матеріали поділяються на природні і штучні. До природних абразивних матеріалів належать мінерали: кварц, наждак, корунд і алмаз.

До штучних шліфуючих матеріалів (абразивів) належать штучний корунд, карборунд і карбід бору.

З е р н и с т і с т ь к р у г і в визначається величиною зерен шліфуючого матеріалу. Розмір зерен становить від 3,5 до 5000 *мк* і позначається номерами, що відповідають кількості отворів на 1 пог. дюйм сита, через яке просіюють зерна.

ГОСТ 3647 - 47 установлює такі номери зернистості: 10, 12,14, 16, 18, 20, 24, 30, 36, 40, 46, 54, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 220, 240, 280, 320, М28, М14, М10, М7, М5.

Ц е м е н т у ю ч і р е ч о в и н и . Шліфуючі зерна скріплюються між собою цементуючими речовинами (зв'язками). Найчастіше застосовуються керамічна, мінеральна і органічна зв'язки.

Т в е р д і с т ь ш л і ф у в а л ь н о г о к р у г а визначається здатністю зв'язки утримувати зерна абразивного матеріалу від викришування під впливом зусиль, що виникають у процесі різання. Отже, твердість круга не залежить від твердості зерен абразивного матеріалу, а визначається міцністю зв'язуючої речовини.

Вибір твердості круга залежно від характеру роботи і якості оброблюваного матеріалу робить вирішальний вплив на продуктивність.

Практика показує, що для досягнення високої точності шліфування і великої продуктивності слід вибирати більш м'які круги, враховуючи при цьому їх швидке спрацювання.

Обдирне шліфування слід провадити твердими кругами.

При фасонному шліфуванні, де потрібно якомога довше зберегти профіль круга, також краще вибирати тверді круги.

Шкала твердості кругів приводиться нижче:

Круг	У м о в н і п о з н а ч е н н я
М'який	М1; М2; М3
Середньом'який	СМ1; СМ2;
Середній	СІ; С2
Середньотвердий	СТ1; СТ2; СТ3
Твердий	Т1; Т2

Дуже твердий
Надзвичайно твердий

BT1; BT2
CT1; CT2

Структура круга. Під структурою круга розуміють співвідношення між об'ємами абразивного матеріалу, зв'язки і пор у крузі. Чим ближче розміщені зерна одне до одного, тим щільніший круг, тим менша його пористість.

Шліфувальний інструмент має за структурою тринадцять номерів (0 - 12).

За формою шліфувальні круги є плоский прямий, конічний з двосторонньою конічною виточкою, диск, плоский нарощуваний, чашковий циліндричний, чашковий конічний, тарілчастий, для загострювання голок, для загострювання ножів косарок, спеціальна.

Суцільні шліфувальні круги під час роботи часто ламаються (особливо під час плоского шліфування) і тоді потрібно замінювати весь круг, що неекономно. Тому для плоского торцевого шліфування застосовують круги, складені з окремих сегментів, які укріплюють у металевому корпусі. **Маркування круга.** На кожному шліфувальному крузі ставлять марку, в якій зазначено характеристику круга: шліфуючий матеріал, зв'язка, зернистість, твердість, структура, форма і максимальна колова швидкість.

Наприклад, марка ЭБ60СМК5ПП150×50×6530 – 35 м/сек.

означає: шліфувальний круг з електрокорунду білого, зернистістю 60, середньої м'якості, на керамічній зв'язці номер 5, форма плоска прямого профілю з зовнішнім діаметром 150 мм, шириною 50 мм, діаметром отвору 65 мм, максимальна колова швидкість обертання 30 – 35 м/сек.

8.2 Практична частина

Призначення параметрів різання

Перед визначенням режимів різання для шліфування потрібно накреслити схему різання, вибравши індивідуальне завдання в додатках 8 (номер варіанту видає викладач). Після цього слід призначити різальний інструмент, тобто вибрати характеристики шліфувального круга. До них відносяться: матеріал абразивних зерен, розмір абразивних зерен, зв'язуючий матеріал, твердість круга (міцність зв'язку між зернами), структура круга (кількісне співвідношення між абразивними зернами, зв'язуючим матеріалом та порами в одиниці об'єму круга). При цьому можна користуватися вказівками посібників: для переведення старих позначень абразивних матеріалів у нові можна використати рекомендації приведені в додатку 8.

При обробці сталей, чавунів та м'яких бронз використовують круги із електрокорунду нормального або білого. Білий електрокорунд більш якісний і використовується частіше для чистового шліфування. Для шліфування важкооброблюваних легованих сталей та сплавів рекомендуються круги із монокорунду. Високу продуктивність при обробці сталей забезпечують круги із хромистого або титанистого електрокорундів. Для обробки чавунів та алюмінієвих сплавів рекомендуються круги із карборунду чорного.

Зернистість круга (розмір абразивного зерна) вибирають у відповідності до характеру обробки. Для попередньої обробки можна вибирати зернистість 50 або 63. Для попереднього та чистового шліфування ($Ra = 2,5 - 0,32$ мкм) рекомендується зернистість 50; 40 або 25. Для досягнення чистоти поверхні $Ra = 0,63 - 0,16$ мкм рекомендується зернистість 16 або 12. Потрібно також вказати індекс зернистості, який характеризує вміст основної фракції. Найчастіше приймаються індекси зернистості Н і П.

Твердість круга вибирають за наступним правилом: чим твердіший матеріал заготовки, тим м'якшим повинен бути шліфувальний круг та навпаки.

Для шліфування загартованих сталей краще брати м'які, середньом'які і середні круги (М1-СМ-С2).

Для обробки незагартованих сталей, чавунів та інших в'язких металів можна прийняти середньом'які, середні або середньотверді круги (М1-С-СТ2).

Структуру круга вибирають, враховуючи особливості обробки та властивості матеріалу заготовки. Найчастіше для круглого та плоского шліфування приймають круги з структурою №5 та 6, для внутрішнього шліфування - №7 та 8.

Зв'язуючий матеріал вибираємо у відповідності з призначенням круга. Для електрокорундових кругів найчастіше використовують керамічну зв'язку К1 та К8, а для карборундових – К3. Для швидкісного шліфування використовують круги з керамічною зв'язкою К5 або бакелітовою зв'язкою. Характеристики шліфувального круга для обробки з швидкістю до 35 м/с можна вибрати з таблиці у додатку Бб. Потрібно вказати також клас точності шліфувального круга, який буває: АА, А та Б. Найбільш точні круги класу АА.

Призначаючи інструмент, потрібно вказати форму та розміри круга. Для круглого та плоского шліфування периферією круга, як правило, приймають круги ПП, для внутрішнього шліфування призначають круги ПП, або шліфувальні головки. Розміри кругів та головок можна вибрати з таблиць 170-175 (стор. 253-258) [9]. Для круглошліфувальних і плоскошліфувальних верстатів допустимі розміри круга вибираються з паспорту верстата. Для внутрішнього шліфування діаметр круга можна визначити із співвідношення $DK = (0,8+0,9) \cdot D3$. Вказується також допустима швидкість круга, при якій

гарантується безпечна робота. Для звичайних кругів на керамічній зв'язці це 30-35 м/с. Вибрані параметри записуються в марку круга.

Наприклад: ПП 600×63×127 24А 25Н СТ1 6 К8 А 35 м/с.

Форма круга – ПП, зовнішній діаметр круга – 600 мм, ширина круга – 63мм, діаметр отвору круга – 127мм, абразивний матеріал – 24А (електрокорунд білий), зернистість – 25Н (середній розмір абразивного зерна 250 мкм, або 0,25 мм), твердість – СТ 1 (безцентрового №1), структура №6, зв'язка – К8 (керамічна №8), клас точності інструменту – А, допустима швидкість обертання круга – 35м/с.

Після призначення різального інструменту визначаються режими різання.

Повздовжня подача виражається в частках ширини круга і приймається $S_{\text{поз}} = (0,2 \text{ } 0,3)N_{\text{к}}$ мм/об при чистовому шліфуванні, а при чорновому - $S_{\text{поз}} = (0,6 - 0,8) N_{\text{к}}$ мм/об.

Поперечна подача $S_{\text{поп}}$ круга при чистовому шліфуванні дорівнює 0,003 - 0,015 мм/дв. хід столу, а при чорновому - 0,05 - 0,075 мм/дв. хід столу.

Повздовжня подача дорівнює $S_{\text{поз}} = (0,5-0,8)H$ від висоти круга за один оборот заготовки. При виходжуючих остаточних проходах повздовжня подача зменшується до $S_{\text{поз}} = (0,2 \text{ } 0,3)H$ і глибина різання до 0,005 - 0,02 мм за кожен хід.

8.3. Структура звіту

- 1 Мета роботи
- 2 Короткі теоретичні відомості
- 3 Креслення схеми різання
- 4 Призначення різального інструменту
- 5 Висновок

8.4. Контрольні запитання

1. Для чого служать шліфувальні верстати?
2. Який інструмент застосовують в процесі шліфування?
3. Назвіть основні методи шліфування.
4. Яким способом шліфують плоскі поверхні?
5. Яким способом шліфують зовнішні циліндричні поверхні?
6. Яким способом шліфують фасонні поверхні?
7. Яким способом шліфують внутрішні циліндричні поверхні?
8. Що являє собою шліфувальний круг?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. - М.: Машиностроение, 1975. – 440 с.
2. Грановский Г.И. Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. - М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
3. Кирилович В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК / В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. - Житомир: ЖІТГ, 2001.
4. Нефёдов Н.А. Сборник задач по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефёдов, К.А. Осипов. - М.: Машиностроение, 1990. – 444 с.
5. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1 / М.: Машиностроение, 1974.
6. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 2 / М.: Машиностроение, 1974.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 3 / М.: Машиностроение, 1974.
8. Режимы резания металлов. Справочник / под ред. Б.В. Барановского. - М.: Машиностроение, 1972. – 515 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1986. - Т.2. – 656 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А.Н. Малова. - М.: Машиностроение, 1972. - Т.2. – 408 с.
11. Справочник металлиста. Т.5 / под ред. Б.А. Богуславского. М. Машиностроение, 1978.
12. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник металлиста / под ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1990. - Т.5. – 150с.
13. Сердюк В.С. Основи оброблення матеріалів різанням та інструмент. Навчальний посібник для студентів спеціальності «Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування» / В.С. Сердюк. – К.: Освіта України, 2006. – 186 с.

ДОДАТОК 1

Таблиця 1.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ варіанту	Діаметр деталі, мм	Сила струму <i>A</i> при діаметрі електродного дроту, мм	
		1,2...1,6	2 - 2,5
1	50	120	140
2	55	130	150
3	60	140	160
4	65	150	180
5	70	160	200
6	75	170	220
7	80	180	180
8	85	185	190
9	90	190	200
10	95	195	210
11	100	200	220
12	150	230	230
13	155	232	235
14	160	234	240
15	165	236	245
16	170	240	250
17	180	242	255
18	185	244	260
19	190	246	265
20	195	248	270
21	200	250	280
22	250	270	350
23	255	273	353
24	260	276	355
25	270	280	360
26	275	283	362
27	280	285	364
28	285	288	368
29	290	290	371
30	300	300	380

ДОДАТОК 2

Таблиця 2.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

<i>№ варіанту</i>	<i>Вибірковий параметр</i>	<i>Напруга (U, В)</i>	<i>Діаметр дроту ($d_{др}$, мм)</i>
1	60	12	1,6
2	60	12	1,6
3	60	13	1,6
4	60	13	1,6
5	60	14	1,6
6	60	14	1,6
7	60	15	1,7
8	60	15	1,7
9	65	16	1,7
10	65	16	1,7
11	65	17	1,7
12	65	17	1,7
13	65	18	1,7
14	65	18	1,8
15	65	19	1,8
16	65	19	1,8
17	70	20	1,8
18	70	20	1,8
19	70	21	1,8
20	70	21	1,9
21	70	22	1,9
22	70	22	1,9
23	70	22	1,9
24	70	23	1,9
25	75	23	1,9
26	75	23	2,0
27	75	24	2,0
28	75	24	2,0
29	75	24	2,0
30	75	24	2,0

ДОДАТОК 3

Таблиця 3.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

<i>№ варіанту</i>	<i>Діаметр дроту, мм</i>	<i>Діаметр деталі, мм</i>	<i>I, А</i>	<i>U, В</i>
1	0,8	10	70	18
2	0,85	12	75	18
3	0,90	15	80	19
4	0,95	18	85	19
5	1,0	20	90	19
6	0,8	21	95	18
7	0,85	23	100	18
8	0,90	25	110	19
9	0,95	27	115	19
10	1,0	30	120	19
11	0,8	31	110	19
12	0,85	33	115	18
13	0,90	35	120	19
14	0,95	38	130	18
15	1,0	40	140	18
16	1,05	42	130	18
17	1,10	45	140	18
18	1,15	48	150	19
19	1,20	50	160	20
20	1,25	55	140	19
21	1,30	60	150	19
22	1,35	65	160	20
23	1,40	70	170	20
24	1,45	75	175	20
25	1,50	80	180	20
26	1,55	85	185	21
27	1,60	90	190	21
28	1,70	100	200	20
29	1,80	110	210	21
30	2,0	120	220	22

ДОДАТОК 4

Таблиця 4.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ варіанту	<i>h</i> - товщина нарощування, мм	F_k - площа поверхні, що покривається, dm^2
1	0,075	1
2	0,080	0,85
3	0,100	0,70
4	0,110	0,60
5	0,125	0,5
6	0,135	0,40
7	0,155	0,30
8	0,180	0,20
9	0,200	0,15
10	0,250	0,1
11	0,240	0,12
12	0,225	0,35
13	0,210	0,45
14	0,195	0,55
15	0,175	0,65
16	0,160	0,75
17	0,120	0,80
18	0,095	0,85
19	0,085	0,90
20	0,075	0,95

ДОДАТОК 5

Призначити інструмент і вибрати подачу для обробки отвору діаметром D , або з діаметра d до діаметра D , якщо глибина отвору l . Матеріал заготовки і умови обробки вибрати з таблиці А1. Обробка отвору проводиться на свердлильному верстаті.

Таблиця 5.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

<i>№ n/n</i>	<i>Матеріал заготовки</i>	<i>d, мм</i>	<i>D, мм</i>	<i>l, мм</i>	<i>Характер отвору</i>	<i>Жорсткість кріплення</i>
1.	Сталь 45, НВ 179	-	13Н12	90	Наскрізний	Достатня
2.	СЧ 18, НВ 235	-	20Н13	40	Глухий	Мала
3.	Сталь 40, НВ 165	15	28Н12	30	Наскрізний	Середня
4.	Дюралюміній	19	20Н9	40	Наскрізний	-
6.	Сілумін	32	60Н11	120	Глухий	Достатня
7.	СЧ30, НВ 255	26	28,9Н10	100	Глухий	-
8.	Сталь Ст.3, НВ 140	-	10Н11	60	Наскрізний	Середня
9.	Сталь 40Х, НВ 220	21,4	20Н9	100	Глухий	-
10.	Сталь 40Х, НВ 220	10,5	12Н11	80	Наскрізний	-
1.	СЧ30, НВ 255	20	36Н11	40	Наскрізний	Мала
12.	Сталь 45Х, НВ 229	-	6,7Н11	32	Глухий	Достатня
13.	Сталь Ст.3, НВ 140	31,5	32Н7	60	Наскрізний	-
14.	Бронза	28	50Н12	150	Глухий	Середня
15.	СЧ 40, НВ 285	-	24Н12	20	Наскрізний	Мала
16.	Сталь 18ХГТ, НВ 229	56	60Н12	110	Наскрізний	-
17.	Латунь	9,5	10Н9	50	Глухий	-
18.	КЧ 50-4, НВ 241	-	22Н13	100	Глухий	Середня
19.	КЧ 33-8, НВ 136	30	50Н12	30	Наскрізний	Середня
20.	Сталь 40, НВ 165	40	41,8Н9	30	Глухий	-
21.	Сталь 40, НВ 165	7,5	8Н10	42	Наскрізний	-
22.	Бронза, НВ 120	-	10Н11	8	Наскрізний	Мала
23.	Сталь Ст.3, НВ 140	16	40Н11	45	Глухий	Мала
24.	Сілумін	30	32Н10	80	Наскрізний	-
25.	СЧ30, НВ 250	79,8	80Н7	150	Наскрізний	-
26.	СЧ 40, НВ 280	23,5	24Н11	50	Глухий	-
27.	Сталь 20, НВ 134	61,7	62Н6	60	Наскрізний	-
28.	СЧ 18, НВ 200	20	52Н13	80	Наскрізний	Середня
29.	Сталь 60Г, НВ 265	75	80Н12	30	Наскрізний	-
30.	Сталь 20, НВ125	15	27Н12	65	Наскрізний	достатня

Рекомендації щодо вибору подач для свердління

Таблиця 5 Б1 – Подачі, мм/об, для свердління і розсвердлювання отворів

Діаметр свердла <i>D</i> , мм	Сталь				Чавуни, мідні та алюмінієві сплави	
	<i>HV</i> С160	160 - 240	240 - 300	<i>HV</i> >300	<i>HV</i> <170	<i>HV</i> >170
1	2	3	4	5	6	7
2-4	0,09-0,13	0,08-0,10	0,06-0,07	0,04-0,06	0,12-0,18	0,09-0,12
4-6	0,13-0,19	0,10-0,15	0,07-0,11	0,06-0,09	0,18-0,27	0,12-0,18
6-8	0,19-0,26	0,15-0,20	0,11-0,14	0,09-0,12	0,27-0,36	0,18-0,24
8-10	0,26-0,32	0,20-0,25	0,14-0,17	0,12-0,15	0,36-0,45	0,24-0,31
10-12	0,32-0,36	0,25-0,28	0,17-0,20	0,15-0,17	0,45-0,55	0,31-0,35
12-16	0,36-0,43	0,28-0,33	0,20-0,23	0,17-0,20	0,55-0,66	0,35-0,41
25-30	0,58-0,62	0,43-0,48	0,32-0,35	0,26-0,29	0,89-0,96	0,54-0,60
30-40	0,62-0,78	0,48-0,58	0,35-0,42	0,29-0,35	0,96-1,19	0,60-0,71
40-50	0,78-0,89	0,58-0,66	0,42-0,48	0,35-0,40	1,19-1,36	0,71-0,81

Примітка:

1. При відношенні глибини отвору до діаметра $L/D = 3 - 5$ вводити коефіцієнт $K_{ls} = 0,9$; при $L/D = 5-7$ $K_{ls} = 0,8$; при $L/D = 7 - 10$ $K_{ls} = 0,75$. 2. Для обробки отворів з якітетом точності Н11, під наступне розвертування чи під нарізування різьби вводити коефіцієнт $K_{os} = 0,5$. 3. При середній жорсткості системи ВПД вводити коефіцієнт $K_{жс} = 0,75$; при малій жорсткості $K_{жс} = 0,5$. 4. Для свердл оснащених твердим сплавом вводити коефіцієнт $K_{ls} = 0,6$. 5. Для розсвердлювання наскрізних отворів подачі можна збільшувати в 2 рази порівняно зі свердлінням.

Таблиця 5 Б2 – Подачі, мм/об, для зенкерування отворів

Матеріал заготовки	Діаметр зенкера <i>D</i> , мм							
	<15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-60	60-80
Сталь	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,9	0,8-1,0	0,9-1,2	1,0-1,3	1,1-1,3	1,2-1,5
Чавун, <i>HV</i> <200 і мідні та алюмінієві сплави	0,7-0,9	0,9-1,1	1,0-1,2	1,1-1,3	1,2-1,7	1,6-2,0	1,8-2,2	2,0-2,4
Чавун, <i>HV</i> >200	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,2	1,2-1,4	1,3-1,5	1,4-1,5

Примітка: 1. Для зенкерування глухих отворів подачу більше 0,3-0,6 мм/об не призначати. 2. Для обробки отворів з точністю за 9 - 11 якітетами або під нарізування різьби вводити коефіцієнт $K_{os} = 0,7$.

Таблиця 5 Б3 – Подачі, мм/об, для розвертування отворів

Чорнове розвертування отворів розвертками із швидкорізальної сталі

Матеріал заготовки	Діаметр розвертки <i>D</i> , мм									
	<10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-50	50-60	60-80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чавун, <i>HV</i> <200 і мідні сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чавун, <i>HV</i> >200	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

Примітка: 1. Для чистового розвертування з точністю по 9 - 11 якітетах і шорсткістю поверхні $Ra = 3,2 - 6,3$ мкм вводити коефіцієнт $K_{os} = 0,8$; для чистового розвертування з точністю за 7 якітетом і шорсткістю поверхні $Ra = 0,4 - 0,8$ мкм вводити коефіцієнт $K_{os} = 0,7$. 2. Для твердосплавних розверток вводити коефіцієнт $K_{ls} = 0,7$. 3. Для розвертування глухих отворів подачу більше 0,2 - 0,5 мм/об не призначати.

ДОДАТОК 6

Завдання 1

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу і основний технологічний час для оброблення зовнішньої циліндричної поверхні з діаметра D до діаметра d , довжиною l . Матеріал та вид заготовки, якість обробленої поверхні вибрати з таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	Якість поверхні	D , мм	d , мм	l , мм	n , об./хв
Обробка на прохід							
1.	Сталь Ст. 5	Прокат	Rz 160	92	86	30	350
2.	Сталь Ст. 3	Поковка	Rz80	120	115	100	250
3.	Сталь Ст. 6	Без кірки	Rz40	20	18	60	800
4.	Сталь А 12	Без кірки	Ra 1,25	50,4	50	80	900
5.	Сталь 40	Прокат	Rz80	63	60	200	730
6.	Сталь 45ХН	Без кірки	Ra2,5	80,2	80	120	800
7.	СЧ15	Литво	Rz160	38	30	40	400
8.	СЧ40	Без кірки	Rz20	60,5	60	150	630
9.	СЧ 18	Литво забруднене	Rz160	310	300	400	200
10.	Сілумін	Литво	Rz160	262	250	120	500
11.	КЧ 60-3	Без кірки	Rz20	28	27,4	50	630
12.	КЧ50-4	Литво	Rz80	92	86	120	400
13.	КЧ 33-8	Без кірки	Rz40	152	150	200	250
14.	Сталь 20	Прокат	Rz80	44	40	250	630
Обробка до упору							
15.	Сталь 12ХН3А	Без кірки	Ra 1,25	100,2	100	120	630
16.	Сталь 18ХГТ	Поковка	Rz40	81,8	80	100	500
17.	Сталь 45Х	Прокат	Rz160	16	12	80	800
18.	СЧ20	Литво	Rz 160	63	58	20	500
19.	Бр. А10Мц2	Без кірки	Rz80	90	82	60	500
20.	Бр.А7	Без кірки	Rz20	51	50	80	630
21.	СЧ35	Без кірки	Rz80	220	212	500	125
22.	Сталь 40ХГ	Прокат	Rz320	360	348	132	63
23.	Сталь У9А	Без кірки	Ra0,63	25,1	25	100	900
24.	Сілумін	Литво	Rz80	420	406	210	80
25.	Дюралюміній	Без кірки	Ra2,5	60,6	60	340	800
26.	Сталь Ст. 3	Без кірки	Rz40	20	18	60	800
27.	Сталь А 20	Без кірки	Ra 1,25	50,4	50	80	900
28.	Сталь 40Х	Прокат	Rz80	63	60	200	730
29.	Сталь 45ХН	Без кірки	Ra2,5	80,2	80	120	800
30.	СЧ30	Литво забруднене	Rz160	38	30	40	400

Завдання 2

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для оброблення торця деталі діаметром D , якщо припуск на обробку h . Матеріал і вид заготовки, якість оброблення вибрати з таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	Якість оброблення	d , мм до завд. 3	D , мм	h , мм	n , об./хв.
1.	Сталь 80	Поковка	Rz160	10	45	2,0	630
2.	Сталь 18ХГТ	Без кірки	Rz40	96	230	1,5	250
3.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	220	360	4,0	100
4.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	16	60	0,4	630
5.	Сталь 40Х	Без кірки	Rz80	20	80	1,8	500
6.	Сілумін	Литво	Rz80	12	50	2,5	630
7.	Дюралюміній	Без кірки	Ra2,5	35	105	0,2	800
8.	СЧ18	Литво	Rz160	24	90	3,6	400
9.	СЧ30	Литво загряжене	Rz80	50	120	4,2	315
10.	Бронза	Без кірки	Rz40	12	36	1,2	800
11.	Сілумін	Без кірки	Rz160	42	200	2,8	80
12.	Сталь 20Л	Литво	Rz320	82	152	5,2	125
13.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	120	260	4,0	200
14.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	26	70	0,4	630
15.	СЧ18	Литво	Rz160	44	90	3,6	400
16.	СЧ15	Без кірки	Rz40	60	92	1,8	500
17.	СЧ30	Без кірки	Rz20	24	160	0,8	630
18.	КЧ 60-3	Литво	Rz80	92	210	3,2	315
19.	Дюралюміній	Без кірки	Rz20	98	380	0,15	400
20.	Бронза	Литво	Rz160	79	180	5,0	315

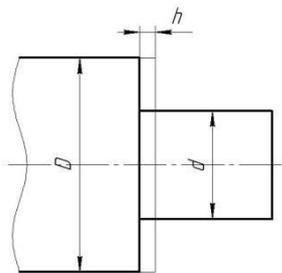


Рисунок – А1

Завдання 3

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, для оброблення торця деталі з обмеженим ходом різця (рис. А1). Матеріал і вид заготовки, якість оброблення, діаметри заготовки D і d , припуск на обробку h вибрати з таблиці А3

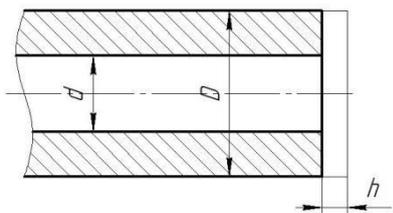


Рисунок – А2

Завдання 4

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для оброблення торця втулки (рис. А2). Матеріал і вид заготовки, якість оброблення, діаметри заготовки D і d , припуск на обробку h вибрати з таблиці А3.

Таблиця 6.3 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	Якість оброблення	D мм	d , мм	h , мм	n , об./хв.
1.	Сталь 45	Без кірки	Ra2,5	60	15	0,4	800
2.	Сталь 60Г	Поковка	Rz160	120	60	3,0	400
3.	СЧ20	Литво	Rz80	280	200	5,0	250
4.	СЧ60	Без кірки	Rz20	90	30	0,5	630
5.	Силумін	Литво	Rz160	180	100	4,5	400
6.	Дюралюміній	Без кірки	Ra 1,25	40	15	0,1	1000
7.	Бронза	Без кірки	Rz80	100	20	2,5	500
8.	Латунь	Без кірки	Rz40	60	40	1,2	630
9.	Сталь Ст.3	Прокат	Rz80	36	20	4,0	630
10.	Сталь 38ХС	Без кірки	Ra2,5	82	60	0,3	800
11.	Сталь У9А	Без кірки	Ra 0,63	180	40	0,05	800
12.	КЧ 32-12	Литво	Rz320	360	70	5,2	63
13.	Сталь Ст.2	Штампова	Rz80	260	120	4,0	200
14.	Сталь 30	Без кірки	Rz20	70	26	0,4	630
15.	СЧ18	Литво	Rz160	90	44	3,6	400

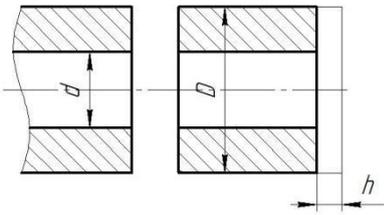


Рисунок – А3

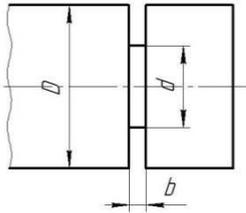


Рисунок – А4

Завдання 5

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, подачу для розрізування втулки (рис. А3). Матеріал і вид заготовки, діаметри втулки D і d , ширина різця b вибрати з таблиці А4. Обробка чорнова.

Завдання 6

Накреслити схему різання, призначити параметри різця, визначити глибину різання, для проточування канавки (рис. А4). Матеріал і вид заготовки, діаметри D і d , ширину різця b вибрати з таблиці А1.4. Обробка чорнова.

Таблиця 6.4 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Вид заготовки	D , мм	d , мм	b , мм		n , об./хв.
					8	9	
1.	СЧ30	Литво	300	240	7	10	80
2.	СЧ18	Без кірки	120	60	5,5	12	100
3.	КЧ 33-8	Без кірки	60	42	4,5	8	315
4.	КЧ 50-4	Литво	80	40	3	6,5	250
5.	Сталь Ст.3	Прокат	20	8	2	4,2	400
6.	Сталь 45	Без кірки	36	16	4	3,5	400
7.	Сталь 13ХНЗА	Без кірки	50	44	2,5	11	315
8.	Сталь 40ХН	Без кірки	100	70	6	12,5	250
9.	Сталь 60	Поковка	42	38	4	9	315
10.	Сталь 20	Без кірки	68	54	3,5	8,5	400
11.	Дюралюміній	Прокат	110	95	4,5	12	100
12.	Бронза	Без кірки	96	80	4	9,6	315
13.	КЧ36-4	Литво	80	44	3	6,3	250
14.	Сталь Ст.2	Прокат	20	8	2	4,0	400
15.	Сталь 18ХГТ	Без кірки	36	14	4	3,6	400

Додаток 6 Б

Рекомендації щодо вибору інструментів

Таблиця 6 Б1 – Рекомендації з вибору марок твердого сплаву для оснащення токарних різців

Вид обробки	Марки твердих сплавів для обробки		
	сталей	чавунів	кольорових сплавів
Чорнове точіння	T15K6, T14K8, T5K10	BK4, BK6, BK10-OM	BK6, BK8
Напівчисте точіння	T15K6, T14K8	BK3, BK6M, BK6, TT8K6	BK6M, BK8
Чистове точіння	BK6, BK8, T15K6, T14K8, T30K4	BK4, BK6, BK8, BK3M, BK6-OM	BK3, BK3M, BK6M, BK8, TT8K6

Додаток 6 В

Рекомендації щодо вибору подач для точіння

Таблиця 6 В1 – Подачі, мм/об для чорнового точіння різцями з пластинами із твердого сплаву та швидкорізальної сталі

Діаметр деталі, мм	Сталь конструкційна				
	Подача S_0 , мм/об, при глибині різання t , мм				
	до 3	понад 3 до 5	від 5 до 8	від 8 до 12	понад 12
до 20	0,3...0,4	-	-	-	-
від 20 до 40	0,4...0,5	0,3...0,4	-	-	-
від 40 до 60	0,5...0,9	0,4...0,8	0,3...0,7	-	-
від 60 до 100	0,6...1,2	0,5...1,1	0,5...0,9	0,4...0,8	-
від 100 до 400	0,8...1,3	0,7...1,2	0,6...1,0	0,5...0,9	-
від 400 до 500	1,1...1,4	1,0...1,3	0,7...1,2	0,6...1,2	0,4...1,1
Чавун та кольорові сплави					
до 20	-	-	-	-	-
від 20 до 40	0,4...0,5	-	-	-	-
від 40 до 60	0,6...0,9	0,5...0,8	0,4...0,7	-	-
від 60 до 100	0,8...1,4	0,7...1,2	0,6...1,0	0,5...0,9	-
від 100 до 400	1,0...1,5	0,8...1,9	0,8...1,1	0,6...0,9	-
від 400 до 500	1,3...1,6	1,2...1,5	1,0...1,2	0,7...0,9	-

Таблиця 6 В2 – Подачі, мм/об для чорнового розточування різцями з пластинами із твердого сплаву та швидкорізальної сталі

Різець або оправка		Подача S_0 , мм/об, при глибині різання t , мм			
Діаметр круглого перерізу різця або розміри прямокутного перерізу оправки, мм	Виліт різця або оправки, мм	2	3	5	8
		Сталь конструкційна			
10	50	0,08	-	-	-
12	60	0,10	0,08	-	-
16	80	0,1...0,2	0,15	0,1	-
20	100	0,5...0,3	0,15...0,25	0,12	-
25	125	0,25...0,5	0,15...0,4	0,12...0,2	-
30	150	0,4...0,7	0,2...0,5	0,12...0,3	-
40	200	-	0,25...0,6	0,15...0,4	-
40x40	150	-	0,6...1,0	0,5...0,7	-
40x40	300	-	0,4...0,7	0,3...0,6	-
Чавун та кольорові сплави					
10	50	0,12...0,16	-	-	-
12	60	0,12...0,20	0,12...0,18	-	-
16	80	0,2...0,3	0,15...0,25	0,1...0,18	-
20	100	0,3...0,4	0,25...0,35	0,12...0,25	-
25	125	0,4...0,6	0,3...0,5	0,25...0,35	-
30	150	0,5...0,8	0,4...0,6	0,25...0,45	-
40	200	-	0,6...0,8	0,3...0,8	-
40x40	150	-	0,7...1,2	0,5...0,9	0,4...0,5
40x40	300	-	0,6...0,9	0,4...0,7	0,3...0,4

Примітки: 1. Подачі для зовнішньої оброблення приведені для різців з перерізом державки від 16 x 25 мм до 25 x 25 мм. Для інших різців подачу необхідно корегувати у відповідності до розмірів перерізу різця. 2. Для оброблення жаростійких сталей і сплавів подачі більше 1 мм/об не призначати. 3. Для випадків оброблення з ударами значення подачі необхідно зменшувати, помноживши табличне значення на коефіцієнт 0,75 - 0,85. 4. Для оброблення гартованих сталей вводити

поправочні коефіцієнти: 0,8 - для сталі з HRC 44-56 і 0,5 - для сталі з HRC 57 - 62. 5. При чорновій обробці алюмінієвих сплавів приймати: для точіння зовнішньої поверхні $s = 0,7 - 1,0$ мм/об, для розточування отворів $s = 0,6 - 0,8$ мм/об. 6. При чистовій обробці алюмінієвих сплавів приймати: для точіння зовнішньої поверхні $s = 0,15 - 0,25$ мм/об, для розточування отворів $s = 0,1 - 0,15$ мм/об.

Таблиця 6 В3 – Подачі, мм/об, для відрізування і прорізування канавок

Діаметр оброблення	Ширина різця	Матеріал заготовки	
		Сталь	Чавун, мідні та алюмінієві сплави
До 20	3	0,06-0,08	0,11 -0,14
20-40	3-4	0,10-0,12	0,16-0,19
40-60	4-5	0,13-0,16	0,20 - 0,24
60-100	5-8	0,16-0,23	0,24 - 0,32
100-150	6-10	0,18-0,26	0,30 - 0,40
> 150	10-15	0,28-0,36	0,40 - 0,55

Примітка: 1. Для відрізування суцільного матеріалу діаметром більше 60 мм при наближенні різця до 0,5 радіуса подачу необхідно зменшувати на 40 - 50%. 2. Для гартованої конструкційної сталі подачу слід зменшувати на 30% при HRC < 50 і на 50% при HRC > 50. 3. При роботі різцями, встановленими в револьверній головці слід ввести коефіцієнт на подачу 0,8.

Таблиця 6 В4 – Подачі, мм/об, при чистому точінні

Параметр шорсткості поверхні, мкм		Радіус при вершині різця r , мм					
R_a	R_z	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	-	0,10	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,50	-	0,144	0,20	0,246	0,29	0,32	0,35
-	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,60
-	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
-	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

Примітки: Подачі дані для обробки сталей з $\sigma_s = 700 \dots 900$ МПа і чавунів; для сталей з $\sigma_s = 500 \dots 700$ МПа значення подач помножити на коефіцієнт $K_S=0,45$; для сталей з $\sigma_s = 900 \dots 1100$ МПа значення подач помножити на коефіцієнт $K_S=1,25$.

Таблиця 6 В5 – Режими різання при тонкому точінні та розточуванні

Оброблювальний матеріал	Інструментальний матеріал	Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Подача, мм/об	Швидкість різання, м/хв
Сталь: $\sigma_s < 650$ МПа $\sigma_s = 650 \dots 800$ МПа $\sigma_s > 800$ МПа	Т30К4	1,25...0,63	0,06...0,12	250...300
				150...200 120...170
Чавун: НВ 149...163 НВ 156...229 НВ 170...241	ВК3	2,5...1,25	0,04...0,1	150...200
				120...150 100...120
Алюмінієві сплави		1,25...0,32		300...600

Примітка. Глибина різання 0,1...0,15 мм.

ДОДАТОК 7

Призначити фрезу (тип, розміри фрези, матеріал і число зубів, конструкційні особливості), визначити ширину і глибину фрезерування, вибрати подачу для обробки поверхні заготовки (рис. 7.1, таблиця 7.1), якщо припуск на обробку h .

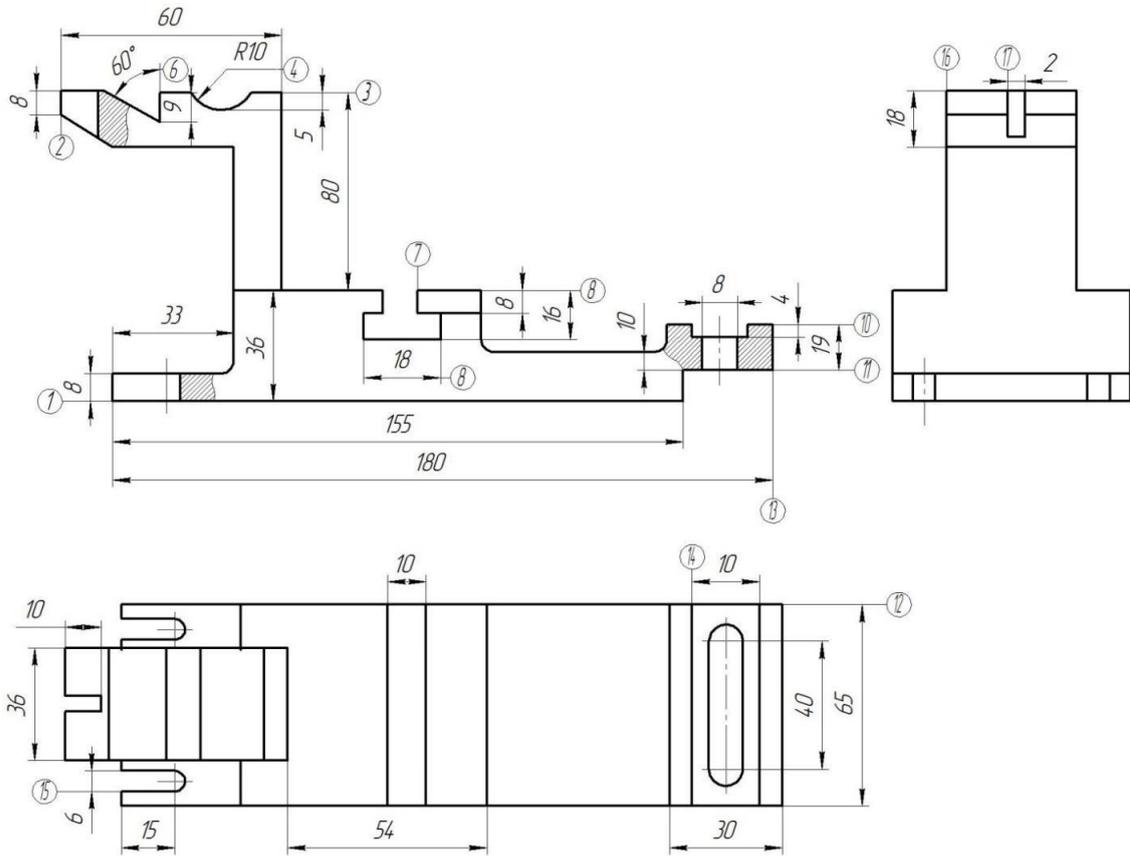


Рисунок 7.1 – Заготовка для фрезерування

Таблиця 7.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

№ п/п	Матеріал заготовки	Якість обробки	Номери поверхні	Припуск h , мм
Обробка на вертикально-фрезерному верстаті				
1	2	3	4	4
1.	Сталь Ст.3 HB 110	Rz 80	1	4,0
2.	Сталь Ст.3 HB 118	Rz 40	2	2,5
3.	СЧ 18 HB 210	Rz 40	3	3,0
4.	СЧ 18 HB 210	Rz 40	8	-
5.	СЧ 18 HB 210	Rz 40	7	-
6.	Сталь 45 HB 229	Ra 2,5	6	1,5

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	4	
7.	Сталь 45	HB 229	Rz 80	9	-
8.	Сталь 45	HB 229	Ra 2,5	10	1,0
9.	СЧ30	HB 255	Rz 80	11	4,0
10.	СЧ 30	HB 255	Rz 40	12	3,5
11.	СЧ30	HB 255	Rz 80	13	3,2
12.	Бронза	HB 120	Rz 40	14	-
13.	Сталь 40	HB 170	Rz 80	15	-
14.	Сталь 40	HB 170	Ra 2,5	16	1,2
15.	Сілумін	HB110	Rz 40	3	2,5
Обробка на горизонтально-фрезерному верстаті					
16.	СЧ 40	HB 280	Rz 40	3	-
17.	Сталь Ст.3	HB 118	Rz 80	4	R= 10 мм
18.	Сталь Ст.3	HB 118	Ra 2,5	2	0,8
19.	СЧ 18	HB 210	Ra 6,3	3	0,9
20.	СЧ 18	HB210	Rz 80	7	-
21.	СЧ 18	HB 210	Rz40	6	4,5
22.	Бронза	HB 150	Ra 6,3	10	1,0
23.	Сталь 40	HB 170	Rz 80	11	2,6
24.	Сталь 40	HB 170	Ra 2,5	12	0,8
25.	СЧ 30	HB 250	Rz 80	13	2.8
26.	СЧ30	HB 250	Rz 40	14	-
27.	Сталь Ст.3	HB 123	Rz 40	16	3.4
28.	Сталь 15X	HB 179	Rz 80	17	-
29.	Дюралюміній		Ra 6,3	2	1,8
30.	Сілумін		Ra 6,3	3	0,9

Додаток 7 Б

Рекомендації щодо вибору інструментів

Таблиця 7 Б1 – Призначення марок твердого сплаву при фрезеруванні

Оброблюваний матеріал	Характер фрезерування		
	чорнове	напівчистове	чистове
Сталь вуглецева; легована; чавун ковкий Чавун відбілений, кольорові метали і сплави	ТТ7К12Б, Т5К12Б, ТТ10К8Б, ВК15, ВК10, ВК8	Т14К8, Т15К6 ВК8, ВК6, ВК6М	Т15К6, Т30К4 ВК4, ВК3, ВК3М, ВК2

Таблиця 7 Б2 – Рекомендовані діаметри фрез

Фреза	Глибина різання t , мм	Ширина фрезерування B , мм	Діаметр фрези D , мм
Торцева	4	40	50-63
	4	60	80-100
	5	90	125
	5	120	160
	6	180	200-250
	8	250	320
	10	350	400-630
Прорізна	5	4	40-63
	10	4	63-80
	12	5	80
	25	5	100

Додаток 7 В

Рекомендації щодо вибору подач для фрезерування

Таблиця 7 В1 – Подачі на зуб фрези S_z для чорнової обробки площин та уступів

Твердість заготовки HB	Сталь			Чавун і мідні сплави		Al сплави
	Глибина різання t в мм					
	до 3	до 5	>5	до 3	>3	
<i>Торцеві фрези із швидкорізальної сталі</i>						
<229	0,2-0,3	0,15-0,25	0,12-0,2	0,4-0,6	0,2-0,35	0,25-0,3
230-287	0,15-0,25	0,12-0,2	0,1-0,15	0,3-0,5	0,15-0,25	
>287	0,12-0,2	0,1-0,15	0,07-0,1	0,2-0,3	0,08-0,15	
<i>Торцеві фрези оснащені твердим сплавом</i>						
<229	0,15-0,2	0,1-0,18	0,1-0,15	0,2-0,35	0,1-0,25	0,2-0,3
230-287	0,1-0,15	0,08-0,1	0,06-0,1	0,15-0,25	0,1-0,2	
>287	0,08-0,1	0,06-0,08	0,05-0,07	0,1-0,15	0,06-0,1	
<i>Дискові фрези із швидкорізальної сталі</i>						
<229	0,15-0,2	0,12-0,2	0,1-0,15	0,3-0,5	0,15-0,3	0,1-0,15
230-287	0,12-0,2	0,1-0,15	0,08-0,12	0,2-0,3	0,1-0,25	
>287	0,1-0,15	0,08-0,1	0,06-0,1	0,15-0,25	0,08-0,15	
<i>Дискові фрези оснащені твердим сплавом</i>						
<229	0,1-0,12	0,08-0,1	0,07-0,1	0,15-0,25	0,1-0,2	0,15-0,2
230-287	0,08-0,1	0,06-0,08	0,05-0,07	0,12-0,2	0,08-0,15	
>281	0,06-0,08	0,05-0,07	0,04-0,06	0,08-0,15	0,05-0,1	

Більші значення приймати для жорстких систем ВПД

Таблиця 7 В2 – Подачі на зуб фрези s_z для обробки канавок дисковими фрезами

Твердість заготовки HB	Сталь			Чавун і мідні сплави		Al сплави
	Глибина різання t в мм					
	до 3	до 5	>5	до 3	>3	
<229	0,06-0,12			0,07-0,12		0,1-0,18
230-287	0,05-0,1			0,06-0,1		
>287	0,03-0,06			0,04-0,08		
B , мм	Прорізні фрези із швидкорізальної сталі _					
2	0,03-0,05	0,02-0,04	0,01-0,02	0,04-0,06	0,02-0,04	0,04-0,06
3	0,02-0,04	0,01-0,02		0,03-0,05	0,01-0,03	
6	0,01-0,02	<0,01		0,02-0,04	<0,01	

Менші значення приймати для $t > 2B$. де B – ширина канавки

Таблиця 7 В3 – Подачі на зуб фрези s_z для фасонних та кутових фрез

Сталь			Чавун, мідні та алюмінієві сплави		
Подача S_z при глибині різання t в мм					
до 3	до 5	>5	до 3	до 5	>5
0,04-0,06	0,03 - 0,05	0,02 - 0,04	0,06 - 0,08	0,04 - 0,06	0,03 - 0,05

Таблиця 7 В4 – Подачі на зуб фрези S_z для чорнової обробки сталей кінцевими фрезами

Діаметр фрези до	Швидкорізальні фрези			Твердосплавні фрези		
	Глибина різання t в мм до					
	3	5	8	3	5	8
16	0,05-0,08	0,03-0,06		0,02-0,06	0,02-0,04	
20	0,06-0,10	0,04-0,07		0,06-0,10	0,05-0,08	0,03-0,05
25	0,07-0,12	0,05-0,09	0,03-0,06	0,08-0,12	0,06-0,10	0,05-0,10
30	0,10-0,16	0,07-0,12	0,04-0,07	0,10-0,15	0,08-0,12	0,06-0,10
40	0,12-0,20	0,08-0,14	0,05-0,08	0,10-0,18	0,08-0,13	0,06-0,11
50	0,15-0,25	0,10-0,15	0,07-0,10	0,10-0,20	0,10-0,15	0,08-0,12

Примітка: 1. Більші значення приймати для жорстких систем верстат - пристосування - інструмент - деталь.

2. Для обробки чавунів подачі збільшувати в 1,3 рази; для обробки мідних та алюмінієвих сплавів подачі збільшувати в 1,4 рази

Таблиця 7 В5 – Подачі на зуб фрези S_z для обробки шпонкових канавок

Напрямок подачі	Діаметр фрези								
	6	8	10	12	16	20	24	32	40
Осьова	0,006	0,007	0,008	0,009	0,01	0,011	0,012	0,015	0,016
Поздовжня	0,02	0,022	0,024	0,026	0,028	0,032	0,036	0,037	0,038

Подачі приведені для конструкційних сталей з $\sigma_B < 750 \text{ МПа}$; при обробці сталі більш високої міцності вводити додатковий коефіцієнт 0,6 – 0,8

Таблиця 7 В6 – Подачі S в мм/об для чистової обробки площин та уступів торцевими і дисковими фрезами

Матеріал інструменту	Подачі s в мм/об при шорсткості поверхні R_a , мкм				
	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4
Р6М5	1,2-2,7	0,5-1,2	0,23 - 0,5	-	-
Твердий сплав	-	0,5-1,0	0,4 -0,6	0,2-0,3	0,15

Таблиця 7 В7 – Подачі S в мм/об для чистової обробки кінцевими фрезами

Діаметр фрези D в мм	10 - 16	20 - 22	25 - 35	40 - 50
Подача s в мм/об	0,02 - 0,06	0,06-0,12	0,12-0,24	0,3 - 0,6

Таблиця 7 В8 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними та дисковими фрезами із швидкорізальної сталі

Потужність верстата, кВт	Фрези			
	Торцеві та дискові		Циліндричні	
	Подача на один зуб S_z , мм, при обробці			
	Сталь конструкційна	Чавун та мідні сплави	Сталь конструкційна	Чавун та мідні сплави
Фрези з крупним зубом та фрези із вставними ножами				
до 5	0,06...0,07	0,15...0,30	0,08...0,12	0,10...0,18
від 5 до 10	0,08...0,15	0,20...0,40	0,12...0,20	0,20...0,30
від 10	0,15...0,25	0,30...0,50	0,30...0,40	0,40...0,60
Фрези з дрібним зубом				
до 5	0,04...0,06	0,12...0,20	0,05...0,08	0,06...0,12
від 5 до 10	0,06...0,10	0,15...0,30	0,06...0,10	0,10...0,15

Таблиця 7 В9 – Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними та дисковими фрезами з пластинами твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Сталь конструкційна		Чавун та мідні сплави	
	Подача на зуб фрези S_z , мм, при твердому сплаву			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
Фрези з крупним зубом та фрези з вставними ножами				
від 5 до 10	0,09...0,18	0,12...0,18	0,14...0,24	0,20...0,29
від 10	0,12...0,18	0,16...0,24	0,18...0,28	0,25...0,38

Примітки: 1. Наведені значення подач для циліндричних фрез дійсні при ширині фрезерування $B \leq 30$ мм; при $B > 30$ табличні значення подач слід зменшити на 30%.

2. Наведені значення подач для дискових фрез дійсні при фрезеруванні площин і уступів; при фрезеруванні пазів табличні значення подач слід зменшити в 2 рази.

3. При фрезеруванні з наведеними в таблиці подачами досягається параметр шорсткості поверхні $R_a = 0,8 \dots 1,6$ мкм.

Таблиця 7 В10 – Подачі при фрезеруванні сталевих заготовок шпонковими фрезами із швидкорізальної сталі

Діаметр фрези, мм	Фрезерування на шпонково-фрезерних верстатах з маятниковою подачею		Фрезерування на вертикально-фрезерних верстатах за один робочий хід	
			Осьове врізання на глибину шпонкового пазу	Поздовжнє переміщення
	Глибина фрезерування, мм		Подача на один зуб, мм	
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,039

Примітка. Дані подач для конструкційної сталі з $\sigma_s \leq 750$ МПа; при обробці сталей більш високої міцності подачі зменшуються для 20-40%.

Таблиця 7 В11 – Подачі, мм/об, при чистовому фрезеруванні торцевими, дисковими і циліндричними фрезами

Параметр шорсткості поверхні R_a , мкм	Торцеві та дискові фрези із сталевими ножами із твердосплавних матеріалів		Циліндричні фрези із сталі					
			Сталь конструкційна			Чавун, кольорові сплави		
			Діаметр фрези, мм					
	ШР сталі	ТС	40...75	90...130	150...200	40...75	90...130	150...200
6,3	-	1,2...2,7	-	-	-	-	-	-
3,2	0,5...1,5	0,5...1,2	1,0...2,7	1,7...3,8	2,3...5,0	1,0...2,3	1,4...3,0	1,9...3,7
1,6	0,4...0,6	0,23...0,5	0,6...1,5	1,0...2,1	1,3...2,8	0,6...1,3	0,8...1,7	1,1...2,1
0,8	0,2...0,3	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,15	-	-	-	-	-	-	-

ДОДАТОК 8

Варіанти завдань до практичної роботи

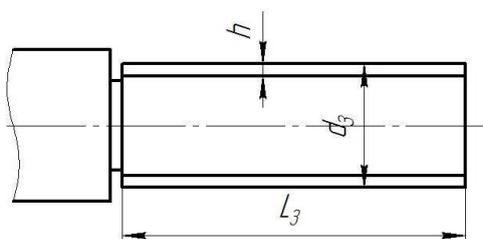


Рисунок 8.1

Задача 1. Призначити абразивний інструмент (вибрати характеристики круга і скласти марку) для шліфування ділянки деталі (рис. 8.1) довжиною L_3 , діаметром d_3 , якщо припуск на обробку h , шорсткість поверхні R_a , (таблиця 8.1).

Таблиця 8.1 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

Варіант	Матеріал заготовки	L_3 , мм	d_3 , мм	h , мм	Якість обробки R_a , мкм
1	Сталь 45 38 HRC	300	55h7	0,3	2,5
2	Сталь У8А 60 HRC	240	30h6	0,15	0,63
3	Сталь 40Н негартована	400	82e8	0,4	2,5
4	Сталь 5 негартована	120	45f7	0,25	1,25
5	Сталь 20Х 61 HRC	200	62m6	0,2	0,63
6	Сталь 40ХН2МА 58 HRC	500	80h7	0,35	1,25
7	Сталь УЮА 52HRC	62	30h7	0,2	2,5
8	Сталь 35 38 HRC	40	60h6	0,15	0,63
9	Сталь 38 ХМ негартована	55	45s7	0,3	1,25
10	Сталь 38Х2МЮА негартована	35	20h7	0,2	1,25
11	Сталь 40 44 HRC	46	52e8	0,35 n	2,5
12	Сталь 40Х 39 HRC	30	56p6	0,28	0,63
13	Сталь 20ХН3А 58 HRC	90	48h6	0,18	0,63
14	Сталь Р12 64HRC	150	52u8	0,3	1,25
15	Сталь Р9К5 66 HRC	58	120h7	0,4	1,25
16	Сталь Р6М5 63 HRC	88	90f7	0,25	0,63
17	Сталь 60Г негартована	450	64g6	0,18	0,93
18	Сталь 45 негартована	320	74h7	0,3	2,5
19	Сталь 30 негартована	50	36u8	0,32	2,5
20	Сталь ХН56ВТ негартована	32	28h6	0,22	1,25
21	СЧ 20 НВ 220	120	80h7	0,3	1,25
22	Сталь 40 44 HRC	30	72g6	0,2	0,63

Примітка: обробку з шорсткістю поверхні $R_a=2,5$ мкм вважати попередньою.

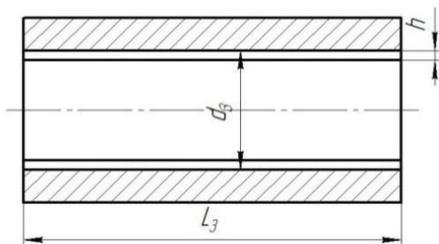


Рисунок 8.2

Задача 2. Призначити абразивний інструмент (вибрати характеристики круга і скласти марку) для шліфування отвору діаметром d_3 , довжиною L_3 в деталі приведеній на рис. А2, якщо припуск на обробку h , шорсткість поверхні R_a , (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

Варі- ант	Матеріал заготовки	L_3 , мм	d_3 , мм	h , мм	Якість обробки R_a , мкм
1	СЧ20НВ220	120	80Н7	0,3	1,25
2	Сталь 4044HRC	30	72G6	0,2	0,63
3	Сталь Ст. 5 негартована	100	120F8	0,25	1,25
4	КЧ 50-4НВ240	50	90НГ1	0,25	1,25
5	Сталь 20ХН3А58HRC	110	60Н7	0,15	0,63
6	ВЧ 60-2НВ250	52	І80Н81	0,28	2,5
7	Сталь 4538HRC	180	96Н7	0,22	1,25
8	Сталь 38Х2МЮА негартована	80	120Н7	0,12	0,63
9	Сталь 20Х60HRC	40	68Н8	0,25	2,5
10	СЧ40НВ260	32	70К7	0,2	1,25
11	Сталь 30 негартована	50	94К7	0,26	1,25
12	Сталь ХН40В негартована	100	80Н7	0,15	0,63
13	АЧС-3НВ180	180	125F8	0,32	2,5
14	Сталь 40Х39HRC	160	150Н7	0,18	0,63
15	Сталь 35Х40HRC	90	85Н7	0,24	1,25
16	Сталь 40ХН2СМА 58 HRC	62	100Н7	0,2	1,25
17	КЧ 30-6НВ160	50	122Н7	0,22	2,5
18	АЧК-1НВ210	35	116Н8	0,28	2,5
19	Сталь 20Х61HRC	125	84Н7	0,16	0,63
20	Сталь 20 негартована	70	90Н7	0,32	1,25
21	Сталь 4538HRC	38	55Н7	0,3	2,5
22	Сталь У8А60HRC	140	66Н6	0,15	0,63

Примітка: обробку з шорсткістю обробленої поверхні $R_a=2,5$ мкм вважати попередньою.

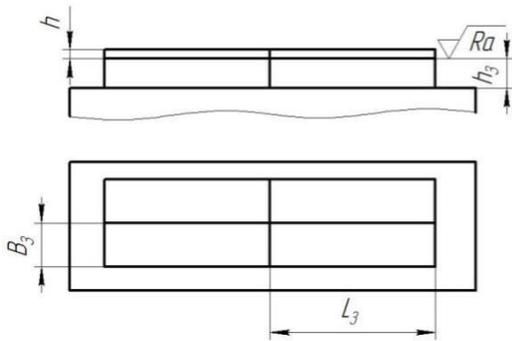


Рисунок 8.3

Задача 3. Призначити абразивний інструмент (вибрати характеристики круга і скласти марку) для шліфування плоскої поверхні пластини (рис. А3) або кількох пластин, закріплених на магнітному столі плоскошліфувального верстата. Ширина пластини B_3 , довжина L_3 , товщина пластини h_3 , припуск на обробку отвору h , шорсткість R_a , (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

Вари- ант	Матеріал заготовки	B_3 , мм	L_3 , мм	h , мм	h_3 , мм	R_a , мкм	Кількість заготовок
1	Сталь 5 негартована	45	280	0,25	12	0,63	Два ряди по 3 шт.
2	Сталь У10А 52HRC	69	600	0,32	15	1,25	5 рядів по 1 шт.
3	Сталь 20Х 61HRC	55	150	0,2	10	0,63	5 рядів по 6 шт.
4	СЧ18 HB210	160	400	0,45	50	2,5	1 шт.
5	ВЧ 60-2 HB250	120	250	0,5	30	1,25	1 шт.
6	Сталь У8А 60HRC	140	180	0,35	32	0,63	два ряди по 5 шт.
7	Сталь Р12 64HRC	200	380	0,4	40	1,25	1 шт.
8	Сталь ХН56ВТ негартована	90	140	0,25	20	0,63	два ряди по 6 шт.
9	АЧС-3 HB180	240	420	0,45	50	1,25	1 шт.
10	Сталь 20 негартована	210	680	0,5	20	2,5	1 шт.
11	Сталь 6 негартована	10	20	0,15	5	1,25	15 рядів по 20 шт.
12	Бр. А9ЖЗЛ6	25	50	0,2	8	0,63	10 рядів по 12 шт.
13	СЧ45 HB289	300	400	0,5	60	2,5	1 шт.
14	Сталь 50Х63	110	600	0,4	25	1,25	1 шт.
15	Сталь 30ХГС 62HRC	60	500	0,3	30	2,5	1 шт.

Примітка: обробку з шорсткістю $R_a=2,5$ мкм вважати попередньою.

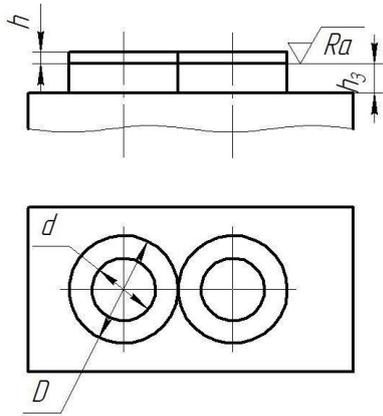


Рисунок 8.4

Задача 4. Призначити абразивний інструмент (вибрати характеристики круга і скласти марку) для шліфування плоскої поверхні кільця, закріплених на магнітному столі плоскошліфувального верстата рис. 8.4. Зовнішній діаметр кільця D , внутрішній діаметр d , товщина кільця h , припуск на обробку h_3 , шорсткість поверхні R_a , (таблиця 8.4).

Таблиця 8.4 – Розрахункові дані до виконання практичної роботи

Варіант	Матеріал заготовки	D , мм	d , мм	h , мм	h_3 , мкм	R_a , мкм	Кількість заготовок
1	Сталь 40 44HRC	40	30	0,24	14	0,63	6 рядів по 20 шт.
2	КЧ 50-4HB240	200	100	0,5	60	1,25	1 шт.
3	АКЧ-1HB210	70	65	0,18	3	0,63	3 ряди по 10 шт.
4	Сталь 20Х60HRC	180	120	0,32	10	1,25	1 ряд по 4 шт.
5	Сталь Ст. 5 негартована	260	60	0,45	50	2,5	1 ряд по 2 шт.
6	Сталь 30 негартована	120	100	0,25	30	1,25	1 ряд по 3 шт.
7	АКС-3HB180	92	85	0,15	5	0,63	2 ряди по 5 шт.
8	Сталь 20ХН3А 58 HRC	50	10	0,28	6	0,63	5 рядів по 10 шт.
9	СЧ20HB 220	250	200	0,6	80	2,5	1 шт.
10	Сталь 40ХН2МА негартована	230	120	0,4	40	2,5	1 шт.
11	Сталь УЮА52 HRC	220	60	0,45	50	2,5	1 ряд по 2 шт.
12	Сталь 20Х61HRC	150	100	0,25	30	1,25	1 ряд по 3шт.

Примітка: обробку з шорсткістю обробленої поверхні $R_a=2,5$ мкм вважати попередньою.

Рекомендації щодо вибору інструментів

Таблиця 8 Б1 – Відповідність старого та нового позначення абразивних матеріалів

<i>Абразивні матеріали</i>	<i>Електрокорунд</i>								
	<i>Нормальний</i>					<i>Білий</i>			
Старе позначення	–	Э5	Э4Э3	Э2	–	–	Э9А	Э9	Э8
Нове позначення	16А	15А	14А	13А	12А	25А	24А	23А	22А
Абразивні матеріали	<i>Електрокорунд</i>								
	<i>Хромистий</i>			<i>Титанистий</i>			<i>Монокорунд</i>		
	Старе позначення	ЭХА	ЭХБ	–	ЭТ		–	М8	М7
Нове позначення	34А	33А	32А	37А		45А	44А	43А	
Абразивні матеріали	<i>Карборунд</i>								
	<i>Чорний</i>					<i>Зелений</i>			
	Старе позначення	–	КЧ8	КЧ	–	–	К39		–
Нове позначення	55С	54С	53С	52С	64С	63С	62С		