

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«Технологія конструкційних матеріалів» (частина 2)
для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка,
132 Матеріалознавство, 133 Галузеве машинобудування,
134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 275 Транспортні
технології, 022 Дизайн, 035 Філологія
денної форми навчання

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів» (частина 2) для студентів спеціальностей: 131 Прикладна механіка; 132 Матеріалознавство; 133 Галузеве машинобудування; 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка; 275 Транспортні технології; 022 Дизайн; 035 Філологія денної форми навчання/ Укл. В.М. Плєскач, І.П. Волчок, І.В. Акімов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 64 с.

Укладачі:	В.М. Плєскач, доц., к.т.н. <u>І.П. Волчок</u> , проф., д.т.н. І.В. Акімов, доц., к.т.н.
Рецензент:	О.А. Мітяєв, проф., д.т.н.
Експерт:	В.О. Савченко, к.т.н., доц.
Відповідальний за випуск:	О.А. Мітяєв, проф., д.т.н.

Рекомендовано до видання
НМК ФБАД, протокол № 1
від 30 08 2024 р.

Затверджено на засіданні
кафедри КМХТ, протокол
№ 1 від 06.08.2024 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	66
4 Зварювання металів	67
4.1 Ручне дугове зварювання.....	67
4.2 Газове зварювання.....	72
4.3 Контактне зварювання металів	79
5 Оброблення заготовок різанням	87
5.1 Оброблення заготовок на токарних верстатах.....	87
5.2 Оброблення заготовок на фрезерних верстатах	93
5.3 Оброблення заготовок на свердлильних верстатах	100
6 Виготовлення виробів з неметалевих і порошкових матеріалів	110
6.1 Виготовлення виробів з пластмас.....	110
6.2 Виготовлення виробів з гуми	115
6.3 Виготовлення виробів методом порошкової металургії ..	120
Література.....	126

ВСТУП

Лабораторні роботи з дисципліни «Технологія конструкційних матеріалів» (частина 2) призначені для закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях. Вони сприяють засвоєнню студентами певних елементів технологічних процесів. З метою повнішого опанування матеріалу та набуття практичних навичок у більшості лабораторних робіт закладені елементи найпростіших наукових досліджень.

Зміст лабораторних робіт поділений на дві частини. У першій частині наводяться короткі теоретичні відомості, необхідні для підготовки до самостійного виконання роботи, у другій - методичні вказівки щодо виконання робіт та складання письмових звітів. Для перевірки готовності до виконання роботи у кожній лабораторній роботі наведені контрольні запитання.

Лабораторні роботи розраховані на двогодинне заняття. Перед початком кожної лабораторної роботи проводиться інструктаж з техніки безпеки. Контроль знань рекомендується проводити шляхом тестування або співбесіди.

4 ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ

Лабораторна робота 4.1

4.1 Ручне дугове зварювання

4.1.1 Мета роботи

Ознайомитися з основами ручного дугового зварювання, властивостями зварювальної дуги, з конструкцією та роботою зварювального обладнання; навчитися визначати та регулювати характеристики режимів ручного дугового зварювання.

4.1.2 Загальні відомості

Зварювання – технологічний процес отримання нерознімного з'єднання встановленням міжатомних (міжмолекулярних) зв'язків між частинами, що з'єднуються, при їх нагріванні до розплавленого стану або пластичному деформуванні, або при спільній дії обох факторів.

Найпоширенішими є дугові способи зварювання. Джерелом тепла для них є **зварювальна дуга**, у стовпі якої утворюється температура 6000...8000°C. Дуга становить потужний стабільний електричний розряд в іонізованій атмосфері газів і парів металів. Іонізування дугового проміжку починається у момент запалювання дуги та підтримується у процесі її горіння. Електричні властивості дуги визначаються її статичною вольт-амперною характеристикою (рис. 4.1, 2), яка становить залежність між напругою на дузі та силою зварювального струму.

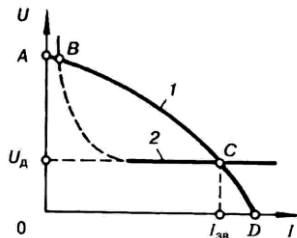


Рисунок 4.1 – Спадна зовнішня характеристика джерела струму (1) і статична вольт-амперна характеристика дуги (2)

Щоб забезпечити стабільний режим зварювання, *джерела живлення* зварювальної дуги повинні мати певну зовнішню характеристику. Зовнішньою характеристикою називають графічну залежність між напругою на затискачах джерела струму і струмом навантаження. Для ручного дугового зварювання кращі результати дає спадна зовнішня характеристика (рис. 4.1, 1). Напруга між електродом і деталями перед початком зварювання називається *напругою холостого ходу* $U_{\text{хх}}$ (рис. 4.1, т. А) і дорівнюється звичайно 60...80В. Для запалювання дуги електрод торкається деталей, що зварюються. У зварювальному електричному колі виникає *струм короткого замикання* $I_{\text{к.з}}$ (рис. 4.1, т. D).

Моменту *запалювання* (виникнення) дуги відповідає т.В (рис. 4.1). Проте такий стан дуги нестабільний, і він швидко переходить у *стабільний* (рис. 4.1, т. С), який відповідає власне процесу зварювання і характеризується напругою на дузі $U_{\text{д}}$ (звичайно це 18...30В) та силою зварювального струму $I_{\text{зв}}$.

Дугові способи зварювання у порівнянні з іншими способами зварювання мають низку переваг: високі концентрація теплоти і продуктивність процесу; відносна універсальність, можливість зварювання у будь-яких просторових положеннях; просте й недороге обладнання; стабільні і порівняно високі властивості зварного шва.

Розрізняють дугове зварювання на змінному і постійному струмі; плавким і неплавким електродами; ручне, автоматичне і механізоване; відкритою дугою, під шаром флюсу і у захисних газах.

Ручне дугове зварювання найчастіше здійснюється відкритою дугою, яка горить між деталлю і штучним електродом на постійному або змінному струмах.

При зварюванні на *постійному струмі* як джерело живлення використовуються зварювальні агрегати, зварювальні перетворювачі і зварювальні випрямлячі.

Зварювальні агрегати і перетворювачі містять приводний двигун і електрогенератор постійного струму та пристрій регулювання зварювального струму. Електрогенератори постійного струму у їх складі у свою чергу поділяються на колекторні (наприклад, марки ГД-304 і ГД-502) та вентильні (наприклад, марки ГД-312, ГД-314, ГД-316). Найпоширенішими зварювальними випрямлячами є випрямлячі типів ВД-102, ВД-306Д, ВДМ-560, ВДМ-1202С, ВДМ-1600 та інші.

Сила постійного зварювального струму регулюється за допомогою реостатів.

При зварюванні на *змінному струмі* джерелом живлення є зварювальні трансформатори. У трансформаторах різних типів регулювання сили зварювального струму здійснюється за рахунок рухомих котушок (трансформатори типу ТД, ТДП, ТСП), рухомих магнітних шунтів (типу СТШ, ТДМ) або зміною числа витків первинної і вторинної обмоток (типу ТСМ).

Зварювання може вестися неплавкими електродами (з вольфраму або графіту) та плавкими, які становлять металеві стрижні діаметром 1,6...12,0 мм з нанесеним на них покриттям. Матеріал плавкого електрода обирається близьким за хімічним складом до матеріалу деталей, що зварюються. Покриття слугує для стабілізації горіння дуги, захисту розплавленого металу від окиснення, легування металу зварного шва.

Режим ручного дугового зварювання визначається головним чином діаметром електрода, силою зварювального струму, напругою на дузі та швидкістю зварювання. Діаметр електрода d_e , мм, обирають за товщиною деталей, що зварюються. Для малих товщин (до 4 мм) діаметр електрода дорівнюється їх товщині; при більших товщинах він потесупово зростає до 6...8 мм. Сила зварювального струму $I_{зв}$, А, визначається за діаметром електрода. Орієнтовно $I_{зв} = (40...60)d_e$. Напруга на дузі U_d , В, практично не впливає на кількість електродного металу, що переходить у зварний шов. Тому вона змінюється для всіх режимів зварювання у порівняно вузьких межах – 18...30 В. Швидкість зварювання $V_{зв}$, м/год, залежить від сили зварювального струму, конструкції зварного шва, умов зварювання та інше:

$$V_{зв} = 10^{-2} \alpha_n I_{зв} / (\rho F_n), \quad (4.1)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, г/(А·год) (при ручному дуговому зварюванні покритими електродами $\alpha_n = 8...12$ г/(А·год)); ρ – густина металу, г/см³; F_n – площа поперечного перетину зварного шва, см².

При ручному зварюванні найчастіше використовуються електроди діаметром 3...6 мм, сила зварювального струму становить 120...350 А, а швидкість зварювання – 6,0...12,5 м/год.

Потужність корисної енергії, що виділяється на дузі, N_d , Вт, визначається як

$$N_d = I_{зв} \cdot U_d. \quad (4.2)$$

Знаючи коефіцієнт корисної дії (ККД) джерела живлення η (для більшості зварювальних трансформаторів він становить 0,84...0,87), можна визначити потужність $N_{сп}$, що споживається джерелом живлення з електричної мережі:

$$N_{сп} = N_d / \eta. \quad (4.3)$$

4.1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується особливостей ручного дугового зварювання.
2. Підготувати прилади для вимірювання параметрів режиму зварювання.
3. Підготувати зразки для зварювання.

4.1.4 Контрольні запитання

1. Дайте визначення процесу зварювання.
2. Що таке зварювальна дуга?
3. Які джерела живлення використовуються при зварюванні на постійному (змінному) струмі?
4. Які електроди використовують при ручному дуговому зварюванні?
5. Якими параметрами характеризується режим ручного дугового зварювання?
6. Як визначити необхідну силу зварювального струму?

4.1.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Джерело живлення для зварювання на змінному (постійному) струмі
2. Амперметр для вимірювання сили зварювального струму
3. Вольтметри для вимірювання напруги на дузі та на вході джерела живлення
4. Електроди зварювальні типу Э40 діаметром 3...6 мм

5. Зразки для зварювання - пластини з маловуглецевої сталі товщиною 4...10 мм

6. Штангенциркуль

4.1.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком зварювання упевнитися в якісній ізоляції струмопровідних частин зварювальної апаратури і ввімкнути витяжну вентиляцію.

2. Зварювання вести лише, стоячи на гумовому килимку, у спеціальному одязі, який захищає від металевих бризок і теплового випромінювання.

3. Спостерігати за процесом зварювання допускається лише через спеціальні світлофільтри, використовуючи зварювальні щитки, маски або шоломи.

4.1.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитися зі складом і роботою зварювального поста, зі зварювальним і вимірвальним обладнанням, яке при цьому використовується.

2. Залежно від товщини зразків S , мм, виданих кожній підгрупі, визначити діаметр електрода d_e , силу зварювального струму $I_{зв}$ та швидкість зварювання $V_{зв}$. Провести зварювання зразків.

3. Під час зварювання кожного зразка визначити напругу холостого ходу U_{xx} та на вході джерела живлення U_1 , силу струму короткого замкнення $I_{кз}$, а також фактичні $I_{зв}$ і U_d , і внести у табл. 4.1.

4. За наведеними вище формулами розрахувати корисну потужність N_d та потужність $N_{сп}$, яка споживається з електромережі, а також швидкість зварювання $V_{зв}$.

5. З метою визначення розмірів приєднувального кабелю розрахувати силу струму I_1 , що споживається з електромережі:

$$I_1 = N_{сп} / U_1. \quad (4.4)$$

4.1.8 Зміст звіту

1. Дати характеристику ручного дугового зварювання, його особливостей та галузей застосування.

Таблиця 4.1 - Результати досліджування процесу ручного дугового зварювання

Номер експерименту	Напруга холостого ходу	Сила струму короткого замикання	Напруга на дузі	Сила зварювального струму	Корисна потужність	ККД джерела живлення	Споживана потужність	Напруга на вході джерела живлення	Сила струму, споживаного з мережі	Швидкість зварювання
	U_{xx}, B	I_{k3}, A	U_d, B	$I_{зв}, A$	$N_d, Вт$	η	$N_{сп}, Вт$	U_1, B	I_1, A	$V_{зв}, м/год$

2. Охарактеризувати зварювальну дугу, її теплові властивості.

3. Навести схему і технічні характеристики джерела живлення, яке використовувалося при зварюванні.

4. За даними вимірювань (U_{xx} , U_d , I_{k3} , $I_{зв}$) різних підгруп побудувати зовнішню характеристику використаного джерела живлення (аналогічно рис. 4.1).

5. Навести табл. 4.1 – Результати дослідження процесу ручного дугового зварювання.

6. За даними, отриманими різними підгрупами, побудувати залежність споживаної потужності $N_{сп}$ і швидкості зварювання $V_{зв}$ від товщини деталей, що зварюються.

Лабораторна робота № 4.2

4.2 Газове зварювання

4.2.1 Мета роботи

Вивчити будову та принципи роботи обладнання для газового зварювання; засвоїти методику регулювання виду зварювального полум'я та вибору параметрів режиму газового зварювання.

4.2.2 Загальні відомості

Газове зварювання - це зварювання плавленням, при якому для плавлення металу у зоні зварювання використовується теплота полум'я, яка виділяється при спалюванні горючих газів у суміші з киснем за допомогою спеціального пальника.

Основними **зварювальними матеріалами** при газовому зварюванні є ацетилен, кисень, присаджувальні матеріали і флюси.

Ацетилен C_2H_2 є основним горючим газом, має велику теплотворну здатність. Він забезпечує при зварюванні найбільшу температуру полум'я. Під час зварювання ацетилен одержують у спеціальних апаратах - ацетиленових генераторах або беруть з балонів, які заряджаються централізовано на спеціальних станціях.

Кисень O_2 служить окиснювачем горючих газів. Його одержують методом вибіркового випаровування з рідкого повітря на кисневих заводах. До місця зварювання його доставляють у балонах.

Присаджувальний матеріал для газового зварювання використовують у вигляді дроту, литих прутків і металевих гранул або порошків. За хімічним складом він повинен відповідати хімічному складу деталей, що зварюються.

Для захисту розплавленого металу від окиснення та видалення з нього оксидів, що утворилися, застосовують легкоплавкі зварювальні флюси. Як флюси при газовому зварюванні використовують буру, борну кислоту, оксиди та фтористі солі барію, калію, літію, натрію залежно від матеріалу, що зварюється.

Основним **обладнанням для газового зварювання** є ацетиленові генератори, запобіжні затвори, кисневі та ацетиленові балони, газові редуктори, зварювальні пальники.

Ацетиленові генератори служать для виробництва ацетилену із заданою продуктивністю шляхом взаємодії карбїду кальцію з водою. За конструкцією використовують головним чином три типи генераторів: витісненням води» (ВВ), або контактні, “вода на карбїд” (ВК) і “карбїд на воду” (КВ).

У генераторах типу ВВ спочатку весь карбїд кальцію знаходиться у контакті з водою. В міру того, як у генераторі накопичується ацетилен, вода витісняється з робочої камери, і з карбїдом кальцію взаємодіє все менша кількість води. Виробництво ацетилену уповільнюється. Як тільки ацетилен починає витрачатися, рівень води у робочій камері знову піднімається, і виробництво

ацетилену збільшується. Ці генератори дають найменший вихід ацетилену відносно витраченого карбїду кальцію, але мають найпростішу конструкцію. Тому вони виготовляються як переносні установки малої продуктивності (0,8...1,2 м³/год.).

У генераторах типу ВК вода періодично подається (капає) на грудки карбїду кальцію. Такі генератори порівняно прості за конструкцією, мають вихід ацетилену 80...90% і продуктивність 1,25...3,0 м³/год. Нині вони є найпоширенішими.

У генераторах типу КВ грудки карбїду кальцію окремими порціями падають у воду. Ці генератори мають найбільший вихід ацетилену (до 95%) високої якості і продуктивність 10...35 м³/год., але належать до найскладніших за конструкцією.

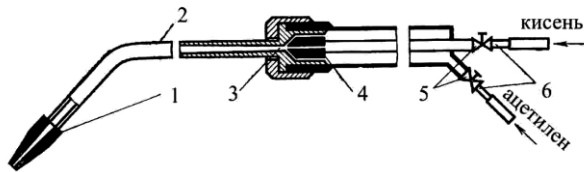
Запобіжні затвори призначені для запобігання вибуху генератора у випадку так званого “зворотного удару полум’я”. Зворотним ударом називається займання горючої суміші у каналах пальника. Коли швидкість витікання суміші стає менша швидкості її згоряння, фронт полум’я починає рухатися по ацетиленових каналах і шлангах у бік ацетиленового генератора, що може призвести до вибуху. Таке явище може виникнути від перегрівання (понад 500°С) та засмічення каналу мундштука пальника. Запобіжні затвори бувають рідинні та сухі. Рідинні затвори заливають водою, сухі заповнюють пористою керамічною масою. Запобіжні затвори встановлюють між пальником і ацетиленовим генератором або ацетиленопроводом. Ацетиленові балони безпечні щодо зворотного удару полум’я.

Кисневий і ацетиленовий балони - це циліндри зі сферичними дном і горловиною у верхній частині. Знизу у балона передбачений “башмак”, який дозволяє встановлювати його вертикально. Стандартна ємність балона 40 л. Кисень зберігається в балоні у *стисненому стані* під тиском 15 МПа, ацетилен - *розчиненим* в ацетоні під тиском не більше 1,6 МПа, оскільки при більшому тиску він розкладається з вибухом. Ацетиленові балони заповнюють пористою масою (деревне вугілля, пемза, інфузорна земля), що утворює мікропорожнини, які забезпечують вибухобезпечне зберігання ацетилену. Пористу масу в балоні просочують ацетоном, в якому добре розчиняється ацетилен.

Газові редуктори - це прилади для зниження тиску газу, при якому він перебуває у балоні (чи магістралі), до величини робочого тиску та для автоматичного підтримування цього рівня тиску сталим.

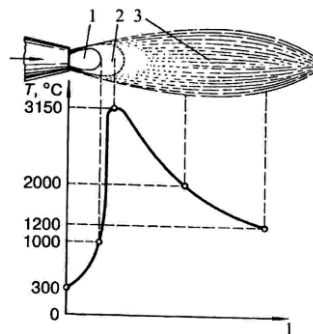
Різі приєднувальних накидних гайок ацетиленових і кисневих редукторів різні, що виключає помилкове встановлення кисневого редуктора на ацетиленовий балон і навпаки.

Зварювальний пальник є робочим інструментом зварювальника і служить для створення ацетилено-кисневої суміші, згоряння якої дає зварювальне полум'я. На сьогодні використовують виключно пальники інжекторного типу (рис. 4.2). До інжектора пальника 4 підводиться кисень під тиском 0,3...0,4 МПа. Витікаючи з великою швидкістю через інжектор до камери змішування 3, кисень утворює в ній значне розрідження. За рахунок цього до камери змішування підсмоктується ацетилен, який може подаватися до пальника під малим тиском (близько 0,001 МПа).



1 - мундштук; 2 - наконечник; 3 - камера змішування; 4 - інжектор;
5 - регулювальні вентиля; 6 - приєднувальні штуцери
Рисунок 4.2 - Схема інжекторного зварювального пальника

Зварювальне полум'я (рис. 4.3) має три зони: ядро 1, середню (зварювальну) 2 і факел 3.



1 - ядро; 2 - зварювальна (середня) зона; 3 - факел
Рисунок 4.3 - Схема зварювального полум'я

Саме у середній зоні, на відстані 2...4 мм від кінця ядра створюється найбільша температура полум'я - 3100...3250°C, тому нею й здійснюється зварювання.

Залежно від співвідношення кисню й ацетилену, що подаються у пальник, розрізняють полум'я: нормальне (об'єми кисню й ацетилену приблизно однакові), окиснювальне (з надлишком кисню) та науглецьовувальне (з надлишком ацетилену). Співвідношення кисню та ацетилену у суміші регулюється відповідними вентилями 5 (рис. 4.2). У більшості випадків використовують нормальне полум'я.

Технологічний режим газового зварювання зумовлюється вибором способу зварювання, маркою і діаметром присаджувального дроту та потужністю зварювального полум'я.

В практиці застосовують два способи зварювання – правий і лівий. При **правому способі** зварювання пальник ведуть зліва **направо**. При цьому полум'я спрямоване на щойно утворений шов, що забезпечує кращий захист зварювальної ванни, більшу глибину проплавлення, вищу на 20...25% продуктивність. Тому правий спосіб доцільно застосовувати при зварюванні металу понад 5 мм завтовшки і металів з великою теплопровідністю.

При **лівому способі зварювання** пальник ведуть справа **наліво**. Полум'я спрямоване на ще не зварені крайки металу, підігриваючи їх, а присаджувальний дріт переміщують попереду полум'я. При цьому знижується небезпека перепалу металу, краще видно місце зварювання. Тому лівий спосіб використовується для зварювання тонкого металу (до 4...5 мм).

Присаджувальний дріт за маркою (хімічним складом) має відповідати марці матеріалу деталей, що зварюються. Діаметр дроту d_e , мм, (до 6...8 мм) вибирають залежно від способу зварювання і товщини зварюваного металу S , мм. Для лівого способу зварювання $d_e = 1+S/2$, для правого - $d_e = S/2$.

Теплова потужність зварювального полум'я визначається витратою ацетилену, що проходить за одну годину крізь пальник. Вона регулюється зміною наконечників 2 (рис. 4.2), які мають різний діаметр вихідного отвору. Для зварювання вуглецевих сталей потрібну потужність полум'я (витрату ацетилену) V_a , л/год., визначають залежно від товщини деталей, що зварюють

$$V_a = kS, \quad (4.5)$$

де k – коефіцієнт пропорційності (для лівого способу $k=100\dots130$, для правого – $k = 120\dots130$).

За визначеною потужністю полум'я вибирають розмір отвору (номер) наконечника зварювального пальника.

Головна технологічна особливість газового зварювання полягає у тому, що воно забезпечує плавне і повільне нагрівання металу. Тому воно використовується при виготовленні та ремонті виробів з тонколистової сталі (до 8 мм завтовшки), при зварюванні чавуну, алюмінію, міді, латуні, при виправлянні дефектів литва та інше. Проте повільне нагрівання порівняно великого об'єму металу навколо зварного шва викликає деформування (жолоблення) виробів, що обмежує застосування газового зварювання.

Перевагою газового зварювання є простота способу, нескладність обладнання, незалежність від джерела електричної енергії.

4.2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується особливостей газового зварювання.
2. Підготувати до роботи ацетиленовий генератор, кисневий балон, пальник та інше необхідне обладнання.

4.2.4 Контрольні запитання

1. Що таке газове зварювання?
2. Які гази застосовуються для газового зварювання?
3. Які будова й характеристики зварювального полум'я?
4. Яке обладнання застосовують при газовому зварюванні?
5. Яке призначення запобіжних затворів?
6. Як регулюють потужність та вид зварювального полум'я?

4.2.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Ацетиленовий генератор
2. Водяний затвор
3. Кисневий балон з редуктором
4. Зварювальний пальник типу ГС з комплектом змінних наконечників
5. Карбід кальцію

6. Присаджувальний дріт
7. Зразки сталеві товщиною 1...5 мм

4.2.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком роботи упевнитися у правильній підготовці запобіжного затвора та у відсутності мастила на гайках кисневого балона.
2. Перед початком зварювання ввімкнути витяжну вентиляцію.
3. Кисневий балон відкривати без ударів спеціальним ключем.
4. Зварювання вести у спеціальному одязі на відстані не ближче 10 м від ацетиленового генератора.
5. Спостерігати за процесом зварювання допускається лише через спеціальні окуляри-світлофільтри.

4.2.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову, принцип роботи ацетиленового генератора, водяного затвора, кисневого редуктора, зварювального пальника.
2. Кожній підгрупі за заданою товщиною зразків визначити спосіб зварювання (правий або лівий), діаметр присаджувального дроту d_e , мм, і необхідні витрати ацетилену V_a , л/год.
3. Залежно від необхідних витрат, ацетилену V_a за табл. 4.2 обрати потрібний наконечник; скласти зварювальний пальник.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики пальників типу ГС

Номер наконечника	Товщина зразків S , мм	Витрати газів, л/год.		Тиск кисню, МПа
		Ацетилен V_a при $p=0,001$ МПа	Кисень V_k	
0	0,3...0,6	25...60	28...70	0,08...0,40
1	0,5...0,1,5	50...125	55...135	0,1...0,4
2	1,0...2,5	120...240	130...260	0,15...0,40
3	2,5...4,0	230...400	260...440	0,15...0,40
4	4...7	400...700	430...750	0,2...0,4
5	7...11	660...1100	740...1200	0,2...0,4
6	10...18	1050...1750	1150...1950	0,2...0,4
7	17...30	1700...2600	1900...3100	0,2...0,4

4. Запалити зварювальне полум'я, відрегулювати потрібний для зварювання зразків вид полум'я. Провести зварювання зразків.

5. Після охолодження зварених зразків оцінити якість зварювання та правильність вибору параметрів режиму газового зварювання.

4.2.8 Зміст звіту

1. Дати характеристику газового зварювання та матеріалів, які при цьому застосовуються.

2. Перелічити обладнання, яке використовується при газовому зварюванні; навести схему інжекторного зварювального пальника.

3. За отриманим завданням записати вихідні дані (матеріал і товщину зразка) та необхідні параметри режиму газового зварювання (спосіб зварювання, марку і діаметр присаджувального дроту d_e , витрати ацетилену V_a і кисню V_k , номер наконечника, робочий тиск кисню та ацетилену).

4. Оцінити результат проведеного зварювання.

5. За даними, одержаними різними підгрупами, побудувати залежність витрат газів від товщини зварених зразків.

6. Зробити висновок про правильність вибору параметрів режиму газового зварювання і щодо галузі його застосування.

Лабораторна робота № 4.3

4.3 Контактне зварювання металів

4.3.1 Мета роботи

Вивчити будову й принцип роботи машин для контактного зварювання; навчитися регулювати силу струму при зварюванні зразків.

4.3.2 Загальні відомості

Контактне зварювання – зварювання із застосуванням тиску, при якому нагрівання здійснюється теплотою, яка виділяється при проходженні електричного струму через з'єднані частини, що перебувають у контакті.

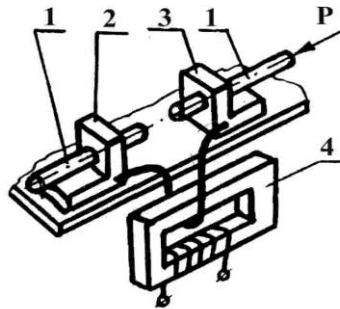
Кількість теплоти Q , Дж, що виділяється у місці з'єднання, визначається законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I_{зв}^2 R t, \quad (4.6)$$

де $I_{зв}$ – сила зварювального струму, А; R – повний опір між електродами зварювальної машини, Ом; t – час проходження струму, с.

За способом виконання з'єднань розрізняють стикове, шовне і точкове зварювання.

Стикове контактне зварювання – вид контактного зварювання, при якому частини зварюються по поверхні торців, що стикуються (рис. 4.4).



1 – деталі, що зварюються; 2 – нерухомий затискач; 3 – рухомий затискач; 4 – зварювальний трансформатор

Рисунок 4.4 – Схема стикового контактної зварювання

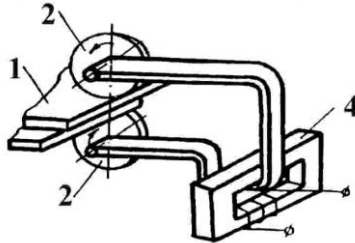
Розрізняють стикове зварювання опором і оплавленням.

При зварюванні **опором** торці деталей стискаються попередньо, через них пропускають струм і нагрівають місце з'єднання до пластичного стану, а потім, вимкнувши струм, роблять осаджування (стискають). Таким чином зварюють порівняно невеликі деталі.

При зварюванні **оплавленням** торці деталей поступово зближуються при ввімкненому струмі і дуже малому зусиллі. За рахунок контакту в окремих точках торці деталей повністю оплаваються, і їх поступово осаджують.

Стиковим зварюванням з'єднують дрід, стрижні, труби, прутки, рейки, ланки ланцюгів та інші деталі з поперечним перерізом до 10000 мм² (тобто, наприклад, і дрід діаметром 0,4 мм, і круглий прокат діаметром до 110 мм).

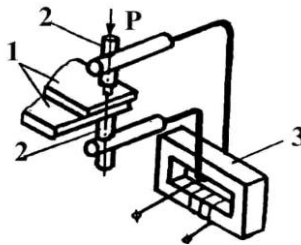
Шовне контактне зварювання – вид контактного зварювання, при якому дві листові заготовки зварюються внапусток електродами, що обертаються навколо своєї осі. Електроди одночасно підводять зварювальний струм, передають стискальне зусилля і переміщують заготовки (рис. 4.5).



1 – деталі, що зварюються; 2 – ролики (електроди);
3 – зварювальний трансформатор
Рисунок 4.5 – Схема шовного контактного зварювання

Шовним зварюванням з'єднують деталі зі сталі та кольорових металів товщиною від 0,3 мм кожна у випадках, коли потрібні герметичні шви – бензобаки, труби, бочки, сільфони і т.п. При цьому швидкість зварювання становить 0,5...8,0 м/хв.

Точкове контактне зварювання - вид контактного зварювання, при якому з'єднання елементів відбувається на ділянках, обмежених площею торців електродів, через які підводять струм та передають зусилля стискання (рис. 4.6).



1 – деталі, що зварюються; 2 – електроди; 3 – зварювальний трансформатор
Рисунок 4.6 – Схема точкового контактного зварювання

Точковим зварюванням звичайно з'єднують листові конструкції з однорідних або різнорідних чорних і кольорових металів однакової та різної товщини; стрижні, що перетинаються; листові заготовки зі

стрижнями або профілями. Товщина кожної заготовки може бути від сотих часток міліметра до 5 мм. Тривалість циклу зварювання - від 0,01...0,50 с до 2,5...3,0 с.

Точкове зварювання може проводитися на м'яких та жорстких режимах.

М'які режими характеризуються більшою тривалістю зварювання, плавним нагріванням і охолодженням, зменшеною потужністю. Параметри м'яких режимів можуть змінюватися у діапазонах: щільність струму $j = 80...160$ А/мм², тиск на електродах $p = 15...40$ МПа, тривалість проходження струму $\tau = 0,5...3,0$ с. Вони застосовуються для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей та сталей, схильних до гартування.

На **жорстких режимах** час зварювання значно менший, а інтенсивність нагрівання суттєво збільшується. Діапазон значень параметрів жорстких режимів $j = 120...360$ А/мм², $p = 40...100$ МПа, $\tau = 0,001...0,100$ с. Жорсткі режими застосовуються для зварювання нержавіючих сталей, сплавів з високою теплопровідністю (наприклад, алюмінієвих) та ультратонких деталей (до 0,1мм завтовшки).

Машини для контактного зварювання складаються з двох частин: електричної і механічної.

Електрична частина складається з трансформатора, перемикача потужності, переривника струму, струмопроводів і електродів. Зварювальні трансформатори мають потужність 1...600 кВ·А. Первинна обмотка трансформатора вмикається у мережу з напругою 220...380 В. Її виготовляють секційно для забезпечення секційної зміни числа робочих витків. Перемикач потужності має 4...16 ступенів регулювання. Вторинна обмотка складається звичайно з одного витка. Змінюючи кількість секцій робочих витків у первинній обмотці трансформатора, регулюють напругу і силу струму у вторинній обмотці. Напруга вторинної обмотки знаходиться у межах 1...12 В, а сила зварювального струму - 1...12 кА.

Струмопроводи вторинної обмотки виготовляються у вигляді потужних мідних шин. Щоб забезпечити високу продуктивність зварювальної машини, вони, як і електроди, повинні мати мінімальний електричний опір. Для зниження нагрівання і зношування електродів їх виготовляють з бронз кадмієвої БрКд1 або хромової БрХ і охолоджують проточною водою. Електричне коло вторинної обмотки

трансформатора контактних машин разом з електродами утворює **зварювальний контур**. При правильному проектуванні та виготовленні зварювальних машин загальний електричний опір зварювального контура повинен бути не більше 60...100 мкОм.

Переривник струму забезпечує вмикання та вимикання струму у первинному колі машини відповідно до заданого циклу зварювання. Переривники бувають механічні, електромагнітні та ігнітронні.

Механічна частина машин для контактного зварювання складається з механізмів та вузлів, що виконують переміщення електродів або деталей, під час якого відбувається їх стискання і зварювання. Зварювальні машини малої потужності мають важільно-кулачковий або кулачковий привід електродів, а потужні - пневматичні або гідравлічні системи приводу і розвивають зусилля стискання до 200 кН.

Параметрами **режиму точкового зварювання** є: сила зварювального струму $I_{зв}$, А, зусилля стискання Р, Н, та час проходження струму τ , с. Вони залежать від товщини і матеріалу деталей, що зварюються, та обраного режиму зварювання.

4.3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується контактного зварювання.
2. До первинної обмотки трансформатора зварювальної машини підключити трансформатор струму, в коло якого ввімкнений амперметр для вимірювання імпульсу струму у колі первинної обмотки трансформатора.
3. Підготувати зразки для зварювання.

4.3.4 Контрольні запитання

1. У чому полягають особливості контактного зварювання?
2. Назвіть різновиди контактного зварювання.
3. На якому струмі проводиться контактне зварювання?
4. Як регулюється сила зварювального струму при контактному зварюванні?
5. З чого виготовляють електроди для контактного зварювання?
6. Як охолоджують електроди під час контактного зварювання?

4.3.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Машина для точкового зварювання
2. Вольтметр
3. Трансформатор струму
4. Амперметр для вимірювання імпульсу струму у первинній обмотці зварювального трансформатора
5. Зразки з листової сталі товщиною 1...3 мм
6. Секундомір
7. Штангенциркуль

4.3.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком зварювання перевірити наявність заземлення зварювальної машини; включити охолодження електродів водою.
2. Зварювання проводити у захисному одязі, стоячи на гумовому килимку.
3. Для захисту від розпавлених бризок місце зварювання повинно бути закрито прозорим щитком.

4.3.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитися з елементами машини для контактного точкового зварювання, з їх конструкцією і призначенням.
2. Кожній підгрупі отримати завдання для зварювання зразки з листового матеріалу; визначити вид матеріалу і товщини зразків S , мм.
3. Залежно від матеріалу і товщини зразків обрати режим зварювання (м'який чи жорсткий). Залежно від нього згідно з рекомендаціями п. 4.3.2 обрати необхідні у даному випадку щільність струму j , тиск на електроди p та час проходження струму τ .
4. За товщиною зразків визначити необхідний діаметр електродів d_e , мм:

$$d_e = 2S + 2,5 \quad (4.7)$$

і відповідно - площу контакту електродів F_e , мм².

5. Визначити необхідну силу зварювального струму:

$$I_{зв} = jF_e \quad (4.8)$$

6. Визначити необхідну для зварювання напругу на вторинній обмотці трансформатора

$$U_2 = I_{зв} \cdot R, \quad (4.9)$$

де R – повний опір кола між електродами зварювальної машини, Ом.

Останній складається з опору деталей (зразків) R_d , опору між електродом і деталлю $R_{e.d}$ та опору зварювального контакту між деталями R_k :

$$R = 2R_d + R_{e.d} + R_k. \quad (4.10)$$

Опір зварювального контакту R_k є найбільшим складником, бо поверхні стику навіть після ретельного оброблення торкаються одна одної лише в окремих точках. Для сталевих деталей залежно від товщини і якості підготовки поверхонь зварювання повний опір $R = 0,85 \dots 1,35$ мОм.

7. Знаючи необхідну напругу U_2 , В, з наявної низки напруг зварювальної машини обрати найближче значення $U_{2ф}$ і встановити на нього перемикач потужності контактної машини.

8. Провести зварювання зразків. Під час зварювання виміряти час зварювання $\tau_{ф}$ і фактичну силу зварювального струму I_2 , А, для чого:

– за допомогою імпульсного амперметра визначити силу струму у колі первинної обмотки зварювального трансформатора, I_1 ;

– знаючи напругу на вході трансформатора і у вторинній обмотці $U_{2ф}$, визначити фактичну силу струму у зварювальному контурі:

$$I_2 = I_1 U_1 / U_{2ф}. \quad (4.11)$$

9. За площею зварної точки отриманого з'єднання $F_{зт}$, мм², обчислити фактичну щільність струму при зварюванні:

$$j_{ф} = I_2 / F_{зт}. \quad (4.12)$$

10. За щільністю струму j_{ϕ} та часом зварювання τ_{ϕ} визначити фактичний режим зварювання.

11. Результати вимірювань та обчислень, виконаних різними підгрупами, звести у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Визначення режиму точкового контактного зварювання

Номер експерименту	Матеріал зразка	Товщина зразка	Сила зварювального струму	Площа зварної точки	Щільність струму при зварюванні	Час проходження струму	Режим зварювання
		S , мм	I_2 , А	$F_{зт}$, мм ²	j_{ϕ} , А/мм ²	τ_{ϕ} , с	

4.3.8 Зміст звіту

1. Дати характеристику контактного зварювання, його різновидів та галузей застосування.

2. Коротко описати складові елементи зварювальної машини, на якій здійснювалося зварювання; навести її електричну схему.

3. Навести розрахунки необхідних параметрів режиму зварювання зразків заданої товщини ($I_{зв}$, U_2 та $U_{2\phi}$).

4. Навести результати вимірювань часу зварювання τ_{ϕ} і сили струму I_1 , розрахунків сили зварювального струму I_2 та щільності струму при зварюванні j_{ϕ} у вигляді табл. 4.3.

5. Проаналізувати залежність сили та щільності зварювального струму від товщини зразків.

5 ОБРОБЛЕННЯ ЗАГОТОВОК РІЗАННЯМ

Лабораторна робота № 5.1

5.1 Оброблення заготовок на токарних верстатах

5.1.1 Мета роботи

Вивчити основи токарного оброблення, будову і принцип роботи токарно-гвинторізного верстата; ознайомитися з основними технологічними операціями токарного оброблення, інструментами, які при цьому використовуються, та способами визначення параметрів режиму різання; вивчити вплив режиму різання на якість готових виробів.

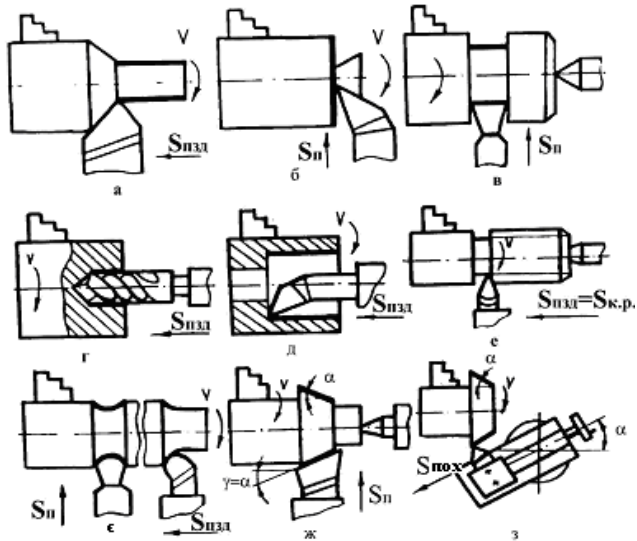
5.1.2 Загальні відомості

Токарне оброблення (точіння) – один з найпоширеніших методів оброблення різанням. Серед металорізального обладнання частка токарних верстатів становить 30...40%.

Технологічний метод формоутворення при токарному обробленні характеризується обертовим рухом заготовки (головний рух) і поступальним рухом інструмента (рух подачі). Точінням обробляють зовнішні та внутрішні поверхні, які мають форму тіл обертання, плоскі поверхні (підрізання торців), нарізають зовнішні та внутрішні різі тощо (рис. 5.1).

Точіння здійснюється на токарних верстатах, які поділяються на токарно-гвинторізні, токарно-револьверні, карусельні, багаторізцеві, лобові, токарні автомати і напіваавтомати та верстати спеціального призначення.

Найпоширенішим з них є універсальний токарно-гвинторізний верстат. На ньому можна виконувати всі види токарних операцій. На відміну від інших токарних верстатів токарно-гвинторізний верстат має додатковий конструктивний елемент – **ходовий гвинт**, який дозволяє нарізати різі різевими різцями. На інших токарних верстатах різі можна нарізати лише мітчиками або плашками – інструментами, які мають задалегідь визначений профіль і крок різі.



а – точіння зовнішньої поверхні; б – підрізання торця;
 в – прорізання канавки і відрізання деталі; г – свердління;
 д – розточування отвору; е – нарізання різі різцем;
 с – оброблення фасонної поверхні; ж, з – оброблення кінцевих поверхонь
 Рисунок 5.1 – Схеми основних операцій токарного оброблення

Режим різання при токарному обробленні визначається параметрами: швидкість різання, швидкість подачі та глибина різання.

Швидкість різання V , м/хв., визначається як лінійна швидкість обертання певної найвіддаленішої від осі точки заготовки, розташованої на оброблюваній поверхні. Для всіх токарних операцій

$$V = \pi Dn/1000, \quad (5.1)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні заготовки, мм; n – частота обертання заготовки, об/хв.

Швидкість подачі S – це шлях, який проходить різальна кромка інструмента відносно заготовки у напрямку руху подачі за одиницю часу (мм/хв.) або за одиницю головного руху (мм/об). Розрізняють подачу поздовжню $S_{пзд}$ (уздовж осі заготовки) та поперечну $S_{п}$ (перпендикулярно до осі заготовки). Швидкість подачі при точінні та

свердлінні знаходять за емпіричними формулами або за довідковими даними. Лише при нарізанні різі різцем швидкість подачі обов'язково дорівнює її кроку.

Глибина різання t , мм, становить відстань між оброблюваною і обробленою поверхнями заготовки, виміряна по перпендикуляру до останньої. При основних видах токарних операцій глибина різання

$$t = 0,5(D-d), \quad (5.2)$$

де d – діаметр обробленої поверхні, мм.

При підрізанні торця або прорізанні канавок (рис. 5.1, б, в) глибина різання дорівнює товщині стружки, що сходиться на передню поверхню різця і фактично співпадає з величиною подачі на один оберт заготовки (S_n). При свердлінні у суцільному матеріалі (рис. 5.1, г) глибина різання

$$t = 0,5D, \quad (5.3)$$

де D – діаметр свердла, мм.

Параметри режиму різання суттєво впливають на характер виконання технологічних операцій та якість готової продукції (точність розмірів, шорсткість поверхні). Так, швидкість різання визначає кількість теплоти, що виділяється у зоні різання, інтенсивність зношування та стійкість інструмента, ступінь зміцнення поверхневого шару готової деталі, характер стружкоутворення та інші явища, що супроводжують процес різання. Від швидкості подачі та глибини різання залежать потрібні потужність та сили різання, теплові явища тощо.

Якість поверхонь деталей після токарного оброблення залежить від низки чинників, головними з яких є геометрія різального інструмента та параметри режиму різання, особливо співвідношення швидкостей різання і подачі. Площа дійсного перерізу шару, що зрізується за один оберт заготовки, $f_d = f_{ВСДЕ}$ (рис. 5.2) завжди менше номінальної (розрахункової) площі $f_n = S_{пзд} \cdot t$ на величину площі осевого перерізу гребінців $f_o = f_{АВЕ}$, які залишаються на поверхні деталі.

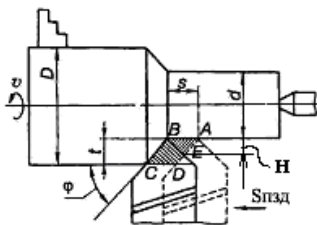


Рисунок 5.2 – Геометрія поверхневого шару, що зрізується

Висота гребінців H значною мірою визначає параметри шорсткості обробленої поверхні. Зменшенню H , а отже й покращенню чистоти обробленої поверхні, сприяють такі заходи: зменшення головного кута в плані різця ϕ (рис. 5.2), збільшення радіуса заокруглення вершини різця, зменшення величини поздовжньої подачі, а також застосування різців з додатковою різальною кромкою, паралельною напрямку поздовжньої подачі, яка має довжину $l = (1,1 \dots 1,3) S_{пзд}$. Це призводить до повного усунення залишкових гребінців f_{ABE} , а отже й до значного покращення якості поверхневого шару деталі.

Крім згаданих вище чинників якість поверхневого шару обробленої деталі залежить також від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, ступеня зносу інструмента, виду та кількості застосовуваної мастильно-охолоджувальної рідини, жорсткості технологічної системи “верстат-інструмент-деталь” та іншого.

5.1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується конструкції та роботи токарних верстатів.
2. Підготувати необхідні для виконання лабораторного завдання вихідні матеріали та інструменти.

5.1.4 Контрольні запитання

1. Назвіть головні й допоміжні рухи при токарному обробленні.
2. Які параметри визначають режим різання при токарному обробленні?
3. Назвіть основні типи токарних верстатів.

4. Яка головна особливість конструкції токарно-гвинторізного верстата?

5. Який різальний інструмент використовується при токарному обробленні?

6. Які чинники найбільше впливають на шорсткість поверхневого шару деталі?

5.1.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Токарно-гвинторізний верстат

2. Набір різців

3. Свердло

4. Пруток сталевий

5. Набір еталонів шорсткості поверхонь оброблених деталей

6. Штангенциркуль

5.1.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком оброблення впевнитися, що елементи верстата, які обертаються під час оброблення, закриті захисною огорожею, а ключ затискання вийнятий з патрона шпинделя.

2. Перемикати важелі при налагоджуванні режиму різання допускається лише після зупинення шпинделя.

3. Робити вимірювання допускається лише після зупинення шпинделя.

4. Усувати стружку спеціальним гаком дозволяється лише після зупинення верстата.

5.1.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову і особливості роботи токарно-гвинторізного верстата, ознайомитися з інструментами та пристроями, які при цьому використовуються.

2. Вивчити креслення деталі (рис. 5.3) та визначити послідовність технологічних операцій щодо її виготовлення на токарно-гвинторізному верстаті. Вибрати необхідний для цього різальний інструмент.

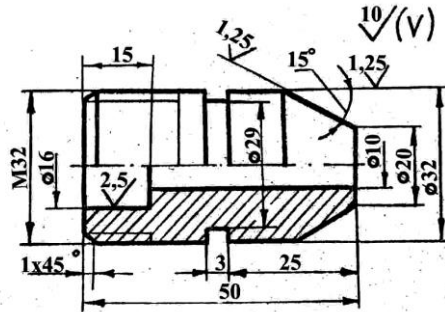


Рисунок 5.3 – Готова деталь

3. Згідно з вказівками викладача і таблицями налагоджування верстата для кожної технологічної операції провести налагоджування верстата і у запланованій послідовності здійснити оброблення заготовки. Параметри режимів оброблення заготовки різанням на різних операціях занести до табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Параметри токарного оброблення заготовки різанням

№, № п.п.	Назва операції	Інструмент-	Діаметр оброблюваної поверхні	Діаметр обробленої поверхні	Частота обертання заготовки	Швидкість різання	Швидкість подачі	Глибина різання
			D, мм	d, мм	n, об/хв	V, м/хв	S, мм/об	t, мм

4. Визначити вплив швидкості різання на шорсткість обробленої поверхні. Для цього при постійній швидкості подачі провести послідовне точіння зовнішньої поверхні зі швидкостями різання: оптимальною, меншою і більшою оптимальної на 30...50%. За допомогою еталонів шорсткості визначити одержані параметри шорсткості.

5. Визначити вплив швидкості подачі на шорсткість обробленої поверхні. Для цього при постійній швидкості різання проточити зовнішню поверхню зі швидкостями подачі: оптимальною, меншою і

більшою оптимальної на 30...50%. За допомогою еталонів шорсткості визначити одержані параметри шорсткості.

5.1.8 Зміст звіту

1. Навести характеристику токарного оброблення і описати особливості будови та роботи токарно-гвинторізного верстата. Навести схему оброблення на токарних верстатах.

2. У табл. 5.1 навести послідовність технологічних операцій, необхідних для виготовлення деталі–завдання, а також параметри режиму різання на них.

3. Проаналізувати і зробити висновок щодо впливу швидкості різання та подачі на шорсткість обробленої поверхні.

Лабораторна робота № 5.2

5.2 Оброблення заготовок на фрезерних верстатах

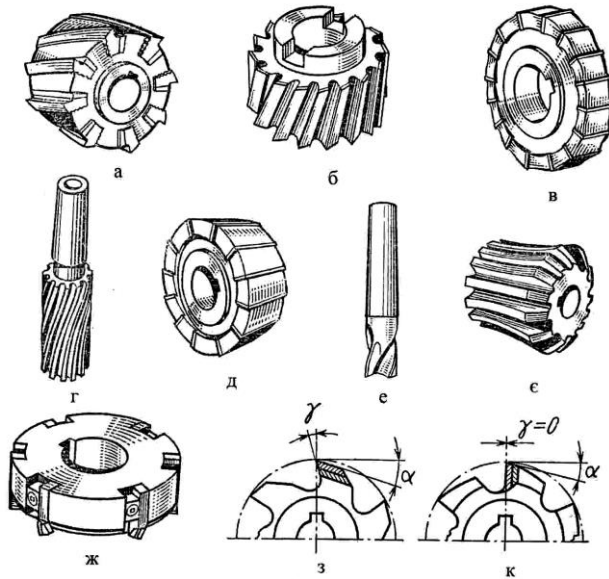
5.2.1 Мета роботи

Вивчити основні вузли горизонтально-фрезерного (вертикально-фрезерного) верстата; ознайомитися з основними типами фрез і технологічними операціями оброблення заготовок на фрезерних верстатах; навчитися визначати основний (технологічний) час оброблення заготовок.

5.2.2 Загальні відомості

Фрезерування - вид оброблення заготовок різанням за допомогою багатолезового інструмента – фрези. Головним рухом при фрезеруванні є обертання фрези, рух подачі здійснюється поступовим рухом заготовки (у поздовжньому, поперечному або вертикальному напрямках). Фрезерування – високопродуктивний спосіб оброблення, за допомогою якого оброблюють плоскі поверхні (горизонтальні, вертикальні, або похилі), пази, уступи, канавки, а також фасонні поверхні.

За призначенням та видом робіт, що виконуються, **фрези** поділяються (рис. 5.4) на циліндричні (а), торцеві (б, ж), дискові (в), кінцеві (г), кутові (д), шпонкові (е) і фасонні (є). За формою зуба та способом його загострювання розрізняють фрези з гострокінцевими (з) і затилованими (к) зубами.



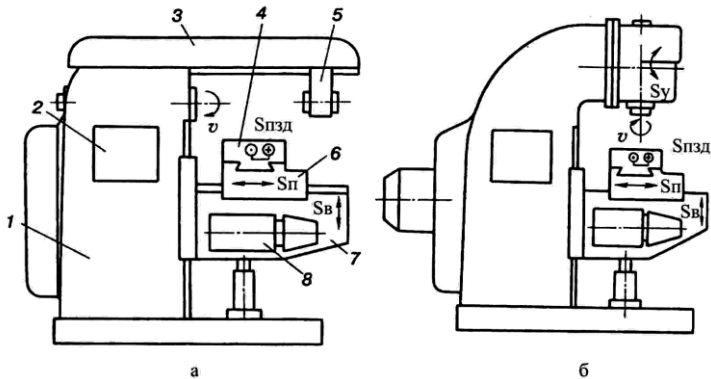
а - циліндрична; б - торцева; в - дискова; г - кінцева;
 е - шпонкова; є - фасонна; ж – торцева зі вставними ножами;
 з – фреза з гострокінцевим зубом; к – фреза із затилованим зубом

Рисунок 5.4 – Типи фрез

Гострокінцевий зуб перезагострюється по задній поверхні, зберігаючи задній кут α (рис. 5.4, з). Діаметр фрези при цьому поступово зменшується. *Затилований* зуб перезагострюється по передній поверхні (рис. 5.4, к). Передній кут γ витримується при цьому рівним 0° , і це дозволяє зберігати сталими діаметр фрези і профіль різальної кромки у радіальному перерізі.

За конструкцією фрези поділяються на суцільні (наприклад, рис. 5.4, б) та збірні (рис. 5.4, ж). Суцільні фрези звичайно виготовляються з швидкорізальної сталі. Корпус збірної фрези виготовляється зі звичайної конструкційної сталі, а вставні ножі (зуби) – з твердих сплавів, швидкорізальної сталі або мінералокераміки. Вставні ножі закріплюють у пазах корпусу за допомогою клинів, гвинтових затискачів або паяють.

На рис 5.5 показані схеми горизонтально-фрезерного (а) та вертикально-фрезерного (б) верстатів.



1 – станина; 2 – коробка швидкостей; 3 - хобот; 4 - стіл;
5 – підвіска (серга); 6 - полозки; 7 - консоль; 8 – коробка подач
Рисунок 5.5 – Горизонтально-фрезерний (а) та вертикально-фрезерний (б) верстати

Основні вузли верстатів: станина 1 з фундаментною плитою, електродвигун з клинопасовою передачею, коробка швидкостей 2, горизонтальний (або вертикальний) шпиндель, хобот 3; підвіска (серга) 5 для закріплення оправки з фрезою; стіл 4 для встановлення машинних лещат або безпосередньо оброблюваної деталі; полозки 6, по яким рухається стіл; консоль 7 з розташованою у ній коробкою подач 8.

Режим різання при фрезеруванні визначається швидкостями різання і подачі та глибиною різання.

Швидкість різання V , м/хв., визначається за формулою:

$$V = \pi Dn/1000, \quad (5.4)$$

де D – діаметр фрези, мм; n – частота обертання фрези, об/хв.

Глибина різання t , мм, визначається за довідниками і встановлюється безпосередньо перед початком фрезерування.

При фрезеруванні розрізняють три види *швидкостей подачі*: хвилинну $S_{хв}$, мм/хв., - переміщення оброблюваної заготовки за одну хвилину; подачу на оберт S_o , мм/об., - переміщення заготовки за один оберт фрези; подачу на зуб фрези S_z , мм/зуб, - переміщення заготовки за час повертання на кут, що відповідає одному зубу фрези. Ці подачі взаємопов'язані:

$$S_{хв} = S_o \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (5.5)$$

де n - частота обертання фрези, об/хв; z - число зубів фрези.

Хвилинна подача $S_{хв}$ визначає продуктивність фрезерування. Подача на оберт впливає на шорсткість обробленої поверхні. Подача на зуб характеризує інтенсивність навантаження на зуб, а отже й стійкість фрези.

Продуктивність оброблення при фрезеруванні Q визначається кількістю деталей, які виготовляються за певний період часу T , хв., (за місяць, зміну, годину і т.п.):

$$Q = T/T_k, \quad (5.6)$$

де T_k - час виготовлення однієї деталі, хв.

Головною складовою часу виготовлення деталі T_k є основний (технологічний) час T_o , хв., - час, який витрачається безпосередньо на зміну форми, розмірів та стану заготовки на верстаті. Він визначається за формулою:

$$T_o = Li/S_{хв}, \quad (5.7)$$

де L - розрахункова довжина заготовки, мм; i - число проходів фрези.

Розрахункова довжина (рис. 5.6)

$$L = l_1 + l_2, \quad (5.8)$$

де l_1 - довжина шляху врізання фрези, мм; l - фактична довжина обробленої поверхні, мм; l_2 - перебіг фрези після виходу за межі заготовки, мм (звичайно l_2 беруть 2...5 мм).

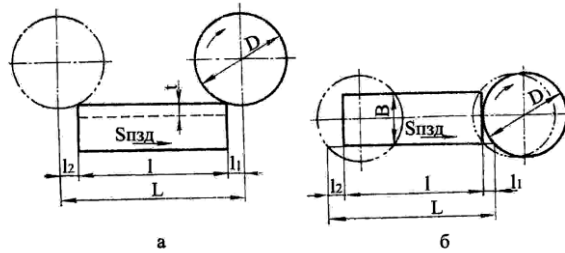


Рисунок 5.6 – Схема визначення розрахункової довжини заготовки при фрезеруванні циліндричною (а) і торцевою (б) фрезами

Довжина шляху врізання при фрезеруванні *циліндричною* фрезою:

$$l_1 = \sqrt{t(D - t)}; \quad (5.9)$$

а при симетричному фрезеруванні *торцевою* фрезою:

$$l_1 = 0,5(D - \sqrt{D^2 - B^2}), \quad (5.10)$$

де D - діаметр фрези, мм; t - глибина різання, мм; B - ширина оброблюваної поверхні, мм.

5.2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується конструкції та роботи фрезерних верстатів.
2. Підготувати фрезерний верстат до виконання індивідуальних завдань лабораторної роботи.

5.2.4 Контрольні запитання

1. Назвіть основні характеристики процесу фрезерування.
2. Назвіть основні вузли вертикально-фрезерного (горизонтально-фрезерного) верстата.
3. Які робочі рухи визначають оброблення заготовок на фрезерних верстатах?
4. Чим визначається режим різання при фрезеруванні?

5. Що таке основний (технологічний) час при обробленні різанням?

6. Які види фрези застосовують на фрезерних верстатах?

5.2.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Верстат вертикально-фрезерний (горизонтально-фрезерний)

2. Лещата машинні

3. Фрези різних типів

4. Фреза торцева (циліндрична)

5. Пластинки (зразки) сталеві

6. Штангенциркуль

5.2.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком оброблення впевнитися, що елементи верстата, які обертаються під час оброблення, закриті захисною огорожею, а заготовка міцно закріплена у машинних лещатах.

2. Перемикачі важелі при налаштуванні режиму різання допускається лише після зупинення обертання шпинделя.

3. Робити вимірювання допускається лише після зупинення верстата.

4. Усувати стружку дозволяється лише після зупинення верстата металевими щітками.

5.2.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити конструкцію, основні вузли та роботу вертикально-фрезерного (горизонтально-фрезерного) верстата.

2. Ознайомитися з основними типами фрез, способами закріплення їх на даному верстаті, а також з основними технологічними операціями оброблення заготовок на фрезерних верстатах

3. Кожній підгрупі провести налаштування верстата для оброблення заготовки за своїм індивідуальним завданням (табл. 5.2).

Для цього за заданою швидкістю різання V і діаметром фрези D визначати розрахункову частоту обертання шпинделя верстата, об/хв.:

$$n = 1000V/\pi D \quad (5.11)$$

та з наявного ряду коробки швидкостей встановити фактичну частоту обертання n_f , яка повинна дорівнюватися розрахунковій або бути меншою, але найближчою до неї.

Таблиця 5.2 - Індивідуальні завдання

Номер варіанта	Швидкість різання V , м/хв.	Хвилинна швидкість подачі $S_{хв}$, мм/хв.	Глибина різання t , мм
1	16	25	1
2	16	50	1
3	16	100	1
4	32	25	1
5	32	50	1
6	32	100	2
7	62	25	2
8	62	50	2
9	62	100	2
10	16	25	2
11	16	50	3
12	16	100	3
13	32	25	3
14	32	50	3
15	32	100	3

4. Визначити фактичні параметри режиму різання (V , $S_{хв}$, t). Обробити заготовку на встановленому режимі.

5. Виміряти розміри фрези та обробленої поверхні зразка і розрахувати основний час оброблення T_0 .

6. Вважаючи умовно, що час оброблення однієї заготовки T_k дорівнює основному часу T_0 , визначити годинну продуктивність оброблення Q на заданому режимі різання.

7. За даними різних підгруп оцінити продуктивність оброблення у залежності від параметрів режиму різання.

5.2.8 Зміст звіту

1. Дати коротку характеристику фрезерування як методу оброблення металів різанням.

2. Навести схему вертикально-фрезерного (або горизонтально-фрезерного) верстата, указати його вузли та назвати їх призначення; описати види робіт, які виконуються на фрезерних верстатах.

3. Навести схему фрезерування відповідно до рис. 5.6, вказавши необхідні розміри.

4. Записати параметри режиму різання, на якому проводилося оброблення за індивідуальним завданням.

5. Навести розрахунки основного часу та продуктивності оброблення заготовки на заданому режимі.

6. На підставі результатів, отриманих різними підгрупами, зробити висновки про вплив параметрів режиму різання (V , $S_{хв}$, t) на продуктивність оброблення.

Лабораторна робота № 5.3

5.3 Оброблення заготовок на свердлильних верстатах

5.3.1 Мета роботи

Вивчити технологічні методи оброблення отворів на свердлильних верстатах; навчитися обирати послідовність технологічних операцій свердління залежно від необхідної точності розмірів отвору, що виготовляється; навчитися визначати параметри режиму різання при свердлінні, зенкеруванні, розвертанні, нарізанні різей.

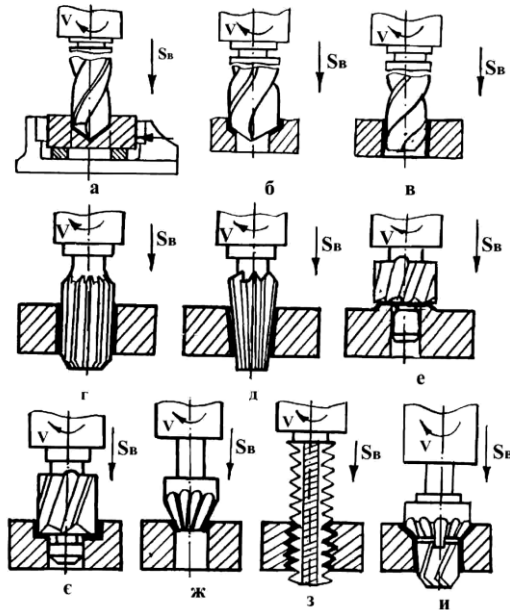
5.3.2 Загальні відомості

Оброблення заготовок на свердлильних верстатах – поширений метод виготовлення отворів з різними точністю розмірів та шорсткістю поверхні. Процес зняття стружки з оброблюваної поверхні при цьому здійснюється за рахунок обертового руху інструмента (головний рух) та одночасного переміщення інструмента вздовж осі (рух подачі).

Для оброблення отворів застосовують свердла, зенкери, зенковки, розвертки та мітчики. Їх виготовляють зі сталей: вуглецевих (У10, У10А, У12), легованих (Х, 9ХС, Х12М) і швидкорізальних (Р18, Р9, Р6М5). Інструмент для оброблення отворів великого діаметра

виготовляють збірним з різальними лезами з твердих сплавів (ВК6, ВК8, Т15К6). Вибір матеріалу інструмента залежить від його розмірів, матеріалу оброблюваної заготовки. У свою чергу матеріал інструмента визначає режим різання і стійкість інструмента.

На свердлильних верстатах виконують такі види робіт (рис. 5.7):



а - свердління; б - розсвердлювання; в – зенкерування;

г, д - розвірчування; е, є - цекування; ж - зенкування;

з – нарізання різі; и – оброблення східчастих отворів

Рисунок 5.7 - Види робіт, які виконуються на свердлильних верстатах

свердління (а) глухих і наскрізних отворів у суцільному матеріалі;

розсвердлювання (б) наскрізних отворів, раніше просвердлених або одержаних литтям, куванням, штампуванням і т.п.;

зенкерування (в) циліндричних отворів з метою надання їм більшої геометричної та розмірної точності;

розвірчування циліндричних (г) і конічних (д) отворів з метою одержання найвищої точності їх;

цекування торцевої поверхні бобишок (е) і отворів (є) для досягнення перпендикулярності торцевої поверхні до осі отвору;

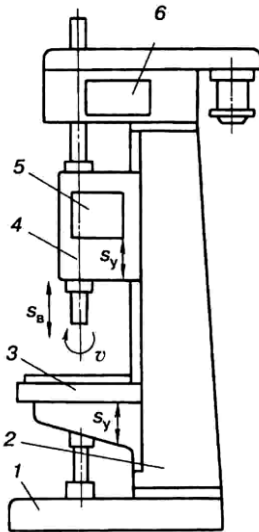
зенкування (ж) конічних або фасонних заглиблень;

нарізання різей (з);

оброблення **східчастих отворів** (и).

За видом робіт, що на них виконуються, верстати свердильної групи поділяються на вертикально-свердильні, радіально-свердильні, багато- та одношпindelні напівавтомати, горизонтально-свердильні та інші. Найпоширенішими є два перші типи верстатів.

Вертикально-свердильний верстат (рис. 5.8) складається з



- 1 – фундаментна плита; 2 – станина; 3 – стіл; 4 – кронштейн; 5 – коробка подач; 6 – коробка швидкостей.

Рисунок 5.8 – Схема вертикально-свердильного верстата

фундаментної плити 1, станини 2, коробки швидкостей 6 зі шпинделем, коробки подач 5, розташованої у кронштейні 4, і стола 3, на якому встановлюється оброблювана деталь.

Щоб просвердлити у заготовці декілька отворів, треба пересувати по столу заготовку. Тому вертикально-свердлильні верстати застосовують в одиничному або серійному виробництвах для оброблення отворів у невеликих заготовках.

Радіально-свердлильні верстати забезпечують підведення різального інструмента до будь-якої точки заготовки без зміни її положення за рахунок переміщення шпиндельної головки. На них оброблюють отвори, розташовані на значних відстанях одне від одного у крупногабаритних і масивних заготовках.

Технологічний процес оброблення отворів складається з певної послідовності окремих технологічних операцій. Вибір необхідної послідовності операцій залежить від мети – остаточних точності розмірів отвору і шорсткості поверхні. Свердлення дозволяє виготовити отвір у суцільному матеріалі, але не дає високої точності розмірів – не вище 12...14 квалітету за ДСТУ ISO 286-1-2002. Зенкерування проводиться по готовому отвору і підвищує точність до 10...12 квалітетів. Найвищу точність розмірів забезпечує розвірчування (7...9 квалітети), яке проводиться лише після зенкерування.

Режим різання при обробленні на свердлильних верстатах визначається швидкістю різання, швидкістю подачі та глибиною різання. Параметри режиму різання призначаються так, щоб забезпечити, з одного боку, максимальну продуктивність оброблення, а з іншого – високу стійкість інструмента та мінімальні витрати часу на його переагострювання.

Стійкість інструмента – це сумарний час його роботи (у хвилинах) на певному режимі різання між двома сусідніми переагострюваннями.

Швидкість різання, V , м/хв., залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, матеріалу інструмента, його стійкості, швидкості подачі, довжини оброблюваної поверхні, геометрії інструмента та інших чинників.

Допустима швидкість різання **при свердлінні** отворів невеликої глибини визначається за формулою:

$$V_{cb} = CD^x / T^m S^y, \quad (5.12)$$

де C – коефіцієнт, який залежить від матеріалу заготовки і свердла, його геометрії та розмірів; D – діаметр свердла, мм; T – стійкість свердла, хв.; S – швидкість подачі, мм/об.; m , x , y – показники степеня, які визначають вплив на швидкість різання стійкості свердла, його діаметра та швидкості подачі.

Значення параметрів C , m , x та y при свердлінні свердлами зі швидкорізальної сталі наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Значення коефіцієнта C і показників степені m , x та y при свердлінні свердлами зі швидкорізальної сталі

Оброблюваний матеріал	Вид оброблення	Швидкість подачі S , мм/об.	C	m	x	y
Конструкційні сталі, алюмінієві сплави	свердління	$\leq 0,2$	5	0,2	0,4	0,7
		$>0,2$	7...12	0,2	0,4	0,5
	розсвердлювання	–	18...20	0,25	0,2	0,5
Сірий чавун, бронза	свердління	$\leq 0,3$	10,5...17,6	0,125	0,25	0,55
		$>0,3$	12,2...20,5	0,125	0,25	0,4
	розсвердлювання	–	20...28	0,25	0,25	0,4

При наступному обробленні отворів швидкість різання можна визначити за швидкістю різання для свердління відповідного отвору $V_{св}$: **при зенкеруванні** $V_z = 0,7V_{св}$; **при розвірчуванні** $V_p = 0,3V_{св}$; **при нарізанні різь** $V_{нр} = 0,2V_{св}$.

Швидкість подачі призначається так, щоб забезпечити максимальну продуктивність при відомій міцності й жорсткості інструмента та механізмів верстата. Величину швидкості подачі або визначають за емпіричними формулами, або знаходять за довідниками. Швидкість подачі **при свердлінні** конструкційних матеріалів $S_{св}$, мм/об., свердлом зі швидкорізальної сталі для деяких діаметрів наведені у табл. 5.4.

При зенкеруванні подача береться $S_z = (2,0...2,5)S_{св}$, а **при розвірчуванні** – $S_p = (2,5...3,0)S_{св}$. **При нарізанні різь** швидкість подачі $S_{пр}$ визначається кроком різі.

Глибина різання t , мм, **при свердлінні** отвору у суцільному матеріалі дорівнює половині діаметра свердла: $t = 0,5D$. При

Таблиця 5.4 – Швидкість подачі $S_{св}$, мм/об., при свердлінні свердлами зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла, D, мм	Сталь з $\sigma_B \leq 780$ МПа; алюмінієві сплави	Сталь з $\sigma_B > 780$ МПа	Чавун та мідні сплави
10	0,22...0,28	0,17...0,21	0,47...0,57
13	0,25...0,31	0,19...0,23	0,52...0,64
16	0,31...0,37	0,22...0,28	0,51...0,75
17	0,35...0,43	0,26...0,32	0,70...0,86
25	0,39...0,47	0,32...0,40	0,90...1,00

зенкеруванні, розвірчуванні, а також при розсвердлюванні глибина різання визначається припуском на оброблення за один прохід:

$$t=0,5(D-d), \quad (5.13)$$

де D – діаметр інструмента, мм; d – діаметр отвору, обробленого на попередньому переході, мм.

При нарізанні різь малого кроку (до 1,5 мм), які нарізають за один прохід, глибина різання визначається, так, як при зенкеруванні. Якщо різь нарізають за декілька проходів, глибина різання на певному проході визначається як відповідна частка загальної глибини різання.

5.3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується конструкції та роботи свердлильних верстатів.

2. Підготувати вертикально-свердлильний верстат та свердлильні інструменти до виконання індивідуальних завдань лабораторної роботи.

5.3.4 Контрольні запитання

1. Як здійснюється оброблення на свердлильних верстатах?
2. Які види свердлильних верстатів Ви знаєте?
3. Які інструменти застосовуються на свердлильних верстатах?
4. Які параметри визначають режим різання при свердлінні?
5. Які чинники впливають на визначення допустимої швидкості різання при свердлінні?
6. З яких міркувань виходять при виборі швидкості подачі?

5.3.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Верстат вертикально-свердлильний
2. Лещата машинні
3. Набір свердел, зенкерів, розверток, мітчиків для оброблення отворів
4. Заготовки для свердління
5. Штангенциркуль

5.3.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед початком оброблення впевнитися, що привод шпинделя верстата закритий захисною огорожею, а заготовка міцно закріплена у машинних лещатах.
2. Перемикати важелі при налаштуванні режиму різання допускається лише після зупинення шпинделя.
3. Робити вимірювання допускається лише після зупинення верстата.
4. Усувати стружку дозволяється лише металевими щітками або гаками після зупинення верстата.

5.3.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову вертикально-свердлильного верстата, його основні вузли та роботу.
2. Ознайомитися з основними інструментами, які можна використовувати на вертикально-свердлильному верстаті, способом закріплення їх у шпинделі верстата, а також з основними технологічними операціями оброблення заготовок на свердлильних верстатах.
3. Кожній підгрупі отримати індивідуальне завдання згідно з табл. 5.5.

4. Залежно від заданої точності отвору обрати необхідну послідовність оброблення з чотирьох можливих варіантів:

- свердління;
- свердління + зенкерування;
- свердління + зенкерування + розвірчування;
- свердління + нарізання різі.

Таблиця 5.5 - Індивідуальні завдання

Завдання	Матеріал і варіанти завдання		
	Сталь У10, твердість 240...260НВ, границя міцності $\sigma_B=750...820\text{МПа}$	Сталь Ст3, твердість 100...120НВ, границя міцності $\sigma_B=380...450\text{МПа}$	Чавун СЧ20, твердість 170...200НВ, границя міцності $\sigma_B=200...230\text{МПа}$
Отримати отвір діаметром D мм, з граничними відхиленнями:			
-за якітетом ІТ14	1	2	3
-за якітетом ІТ11	4	5	6
-за якітетом ІТ8	7	8	9
Нарізати різь $M D$	10	11	12

5. Згідно з обраною технологією визначити необхідні інструменти та їхній діаметр з урахуванням припусків на наступні переходи (табл. 5.6).

6. Для першого переходу - свердління - визначити допустиму швидкість різання $V_{св}$, м/хв., швидкість подачі $S_{св}$, мм/об, і глибину різання t , мм. Теоретичну швидкість різання $V_{св}$, м/хв необхідно розрахувати за відповідною формулою. Значення коефіцієнта C та показників степені m , x , y знайти за табл. 5.3, а стійкість свердла T , хв., зі швидкорізальної сталі - за табл. 5.7. Залежно від діаметра

свердла D , мм, і властивостей матеріалу заготовки за табл. 5.4 визначити допустиму подачу S , мм/об.

Таблиця 5.6 - Рекомендовані діаметри інструментів залежно від їхнього призначення, мм

Номинальний діаметр, D , мм	Назва останнього переходу							
	свердління	зенкерування		розвірчування			нарізання різі	
	свердло	свердло	зенкер	свердло	зенкер	розвертка	свердло	мітчик
10	10	9,5	10	9,2	9,7	10	8,5	10
11	11	10,5	11	10,2	10,7	11	-	-
12	12	11,5	12	11,2	11,7	12	10,2	12
14	14	13,5	14	13,2	13,7	14	12	14
16	16	14,2 5	16	13,75	15,5	16	14	16
18	18	16,2 5	18	15,75	17,5	18	15,2	18
20	20	17,5	20	17,0	19,5	20	17,4	20

Таблиця 5.7 - Середня стійкість свердел T , хв., зі швидкорізальної сталі

Діаметр свердла D , мм	Оброблюваний матеріал	
	сталь	чавун, кольорові сплави
10	12	21
15	14...20	25...30
20	18...22	32...40
25	20...25	40...50

7. При необхідності визначити параметри режиму різання для наступних переходів згідно з рекомендаціями п. 5.3.2, виходячи з параметрів режиму різання при свердлінні.

8. Знаючи швидкість різання і діаметр інструмента, для кожного переходу визначити розрахункову частоту обертання шпинделя верстата n , об/хв.:

$$n = 1000V/\pi D. \quad (5.14)$$

З наявного ряду коробки швидкостей встановити фактичну частоту обертання $n_{\phi} \leq n$ і розрахувати фактичну швидкість різання, м/хв.:

$$V_{\phi} = \pi D n_{\phi} / 1000. \quad (5.15)$$

9. Виконати індивідуальне завдання. Виміряти фактичні розміри виготовленого отвору.

10. Порівнюючи результати, одержані різними підгрупами, оцінити вплив інструмента та режиму різання на точність розмірів і шорсткість поверхні отвору.

5.3.8 Зміст звіту

1. Навести коротку характеристику свердління як метода оброблення металів різанням.

2. Навести схему вертикально-свердильного верстата, назвати його вузли та їх призначення; описати види робіт, які виконуються на свердильних верстатах.

3. Навести індивідуальне завдання та технологічну послідовність переходів, необхідних для його виконання.

4. Для кожного переходу навести необхідні інструменти, їх розміри та розрахувати допустимі параметри режиму різання і визначити фактичні значення їх.

5. На підставі результатів, отриманих різними підгрупами, зробити висновок про вплив інструмента і режиму різання на точність розмірів і шорсткість обробленої поверхні.

6 ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ З НЕМЕТАЛЕВИХ І ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Лабораторна робота № 6.1

6.1 Виготовлення виробів з пластмас

6.1.1 Мета роботи

Ознайомитися з технологією виготовлення виробів з пластмас гарячим пресуванням; вивчити будову і роботу обладнання та інструментів, які при цьому використовуються; набути практичних навичок пресування пластмасових виробів.

6.1.2 Загальні відомості

Пластична маса – це матеріал на основі природних або синтетичних сполук – **полімерів**, здатних під впливом нагрівання та тиску формуватися у виробі складної конфігурації, після чого стабільно зберігати надану форму.

Залежно від стану при нагріванні пластмаси поділяються на дві групи: термопластичні, або термооборотні (термопласти), і термореактивні, або термонеоборотні (реактопласти).

Термопласти – матеріали на основі лінійних або розгалужених полімерів і співполімерів. При нагріванні вони переходять у в'язкоплинний стан, а при охолодженні твердіють. Такий процес можна повторити неодноразово, і властивості матеріалу при цьому не змінюються. Більшість термопластів (наприклад, полістірол, поліетилен, полівінілхлорид) має обмежену робочу температуру (60...90°C).

Реактопласти – матеріали на основі полімерів з просторовими макромолекулами – термореактивних смол (фенолформальдегідних, епоксидних тощо). При нагріванні вони спочатку розм'якшуються, а потім внаслідок хімічних реакцій переходять у твердий неплавкий і нерозчинний стан. Затверділі термореактивні пластмаси не можна повторним нагріванням знову перевести у в'язкоплинний стан, і тому

повторно переробляти їх неможливо. Їх теплостійкість становить 150...200°C.

До *складу* більшості пластмас, крім полімерної зв'язки, входять наповнювачі, отверджувачі, пороутворювачі, змащувальні речовини та інше.

В основі процесу формоутворення виробів з пластмас лежить здатність полімерів набувати в'язкоплинний стан при нагріванні до порівняно невисоких температур (90...200°C). Формоутворення виконується у закритих робочих формах при певних параметрах процесу (температура, тиск, час витримки).

Основні *способи перероблення* пластмас: пресування (пряме та литве); лиття під тиском, екструзія; формування виробів з листових заготовок (вакуумне і пневмоформування, формування штампуванням); формування виробів з шаруватих пластмас (контактне, вакуумне, автоклавне, намотуванням); зварювання, механічне оброблення.

До *основних властивостей* пластмас належать: фізичні, механічні, діелектричні, теплофізичні, фрикційні та інші.

Густина пластмас залежить від природи полімеру, виду наповнювача, умов перероблення пластмаси та інших чинників. У середньому густина пластмас у 2 рази менша, ніж алюмінію, і у 5...8 разів менша, ніж сталі, міді та інших металів.

Міцність пластмас коливається у широких межах і залежить від виду полімеру та наповнювача, а також від їх співвідношення у складі композиту. Питома міцність, тобто границя міцності матеріалу, віднесена до його густини, для низки пластмас вища, ніж у металів; проте модуль пружності у них помітно нижчий.

Основними недоліками пластмас є обмежена теплостійкість, мала теплопровідність, незначна твердість, а також схильність до старіння. Усі пластмаси є діелектриками. Теплопровідність пластмас у десятки разів менша, ніж металів. Коефіцієнт лінійного розширення пластмас значно вищий, ніж у металів, змінюється у широких межах і залежить від властивостей та структури полімера та його наповнювача.

Перебування пластмас у воді або в атмосфері з високою вологістю у багатьох випадках призводить до зниження їх фізико-механічних та діелектричних характеристик. Більшість пластмас стійкі до дії нафтопродуктів, а деякі з них – і до дії дуже агресивних речовин.

Фторопласти, поліаміди, текстоліти, деревношаруваті пластики (ДШП) мають малий коефіцієнт тертя і застосовуються для виготовлення підшипників ковзання.

Пластмаси на основі фенолформальдегідних смол з волокнистим наповнювачем мають високий коефіцієнт тертя і використовуються як фрикційні матеріали у гальмівних системах і фрикційних передачах.

6.1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується складу, властивостей і способів перероблення пластмас у виробі.

2. Підготувати гідравлічний прес і прес-форми до виконання лабораторної роботи.

6.1.4 Контрольні запитання

1. Що таке пластмаса?
2. Чим відрізняються термопласти від реактопластів?
3. Які компоненти входять до складу пластмас?
4. Назвіть декілька найпоширеніших термопластів і реактопластів.
5. Які переваги і недоліки мають пластмаси?

6.1.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Прес гідравлічний
2. Піч лабораторна з робочою температурою до 300°C
3. Прес-форма
4. Ковшик мірний
5. Пластмаса (термопластична або термореактивна) у порошку або гранулах
6. Секундомір
7. Штангенциркуль

6.1.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Торкатися гарячих частин прес-форми допускається лише у рукавицях.
2. Вкладати прес-форми у піч та виймати з неї дозволяється лише після вимкнення печі з електромережі.
3. Перед вмиканням гідравличного преса убрати руки з його робочого простору.
4. Розкривання прес-форми дозволяється після її остигання.

6.1.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову і роботу обладнання, а також прес-форми, що застосовуються при виготовленні пластмасових виробів.
2. Визначити основні матеріал і розміри виробу (D , S , мм; рис. 6.1). За таблицею 6.1 визначити оптимальні параметри режиму пересування: температуру формування $t^{\circ}\text{C}$, питомий тиск пересування p , МПа, і питомий час витримки виробу у формі τ , хв/мм.

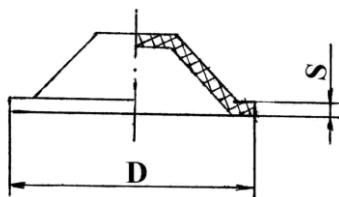


Рисунок 6.1 - Креслення виробу

Таблиця 6.1 – Параметри режиму пресування пластмасових виробів

Вид пластмаси	Питомий тиск пресування p , МПа	Температура формування $t, ^{\circ}\text{C}$	Питомий час витримки у формі τ , хв/мм
Поліетилен ВТ	40...55	190...220	1...2
Полістирол	80...95	160...220	1...2
Прес-порошок АГ-4В-10	30...45	150...160	2...3
Прес-порошок КФА2	25...35	135...150	1,0...1,5

3. Знаючи величину питомого тиску p , необхідну для формування виробу із заданими характеристиками, розрахувати необхідний манометричний тиск пресування p_m у гідравлічній системі преса, за яким контролюють створене зусилля пресування:

$$p_m = p S_B / S_{пл}, \quad (6.1)$$

де S_B – площа перерізу виробу, перпендикулярного до напрямку зусилля пресування, m^2 ; $S_{пл}$ – площа поперечного перерізу плунжера преса, m^2 .

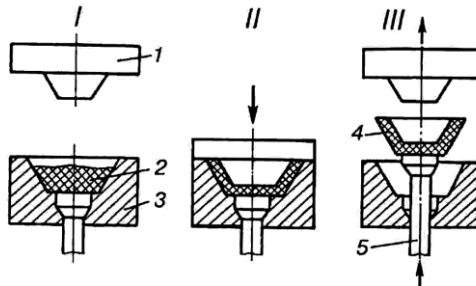
Одночасно визначити час витримки виробу у формі:

$$T = \tau S. \quad (6.2)$$

4. У лабораторній печі підігріти прес-форму до температури, на $20...25^\circ C$ вище від визначеної температури формування.

Мірним ковшиком засипати у прес-форму необхідну кількість прес-матеріалу, закрити прес-форму і поставити її у піч на $5...7$ хв. для вирівнювання температури по об'єму прес-матеріалу.

5. Першій підгрупі провести пресування виробу (рис. 6.2) за визначеним раніше оптимальними параметрами режиму формування, точно витримуючи необхідний манометричний тиск і повний час витримки.



I – завантаження прес-матеріалу; II - пресування; III – виймання виробу
1 - пуансон; 2 – прес-матеріал; 3 - матриця; 4 - виріб;
5 – виштовхувач

Рисунок 6.2 – Схема прямого гарячого пресування

6. Іншим підгрупам аналогічно провести пресування, змінюючи на $\pm 30\%$ тиск пресування і час витримки виробу у формі.

7. Видалити виріб з прес-форми і оцінити його якість: точність номінальних розмірів, суцільність структури, якість поверхні та наявність (або відсутність) облою.

8. За результатами, одержаними різними підгрупами, проаналізувати вплив параметрів режиму пресування (тиск і температура пресування, час витримки) на якість пластмасового виробу.

6.1.8 Зміст звіту

1. Дати коротку характеристику пластмас, їх складу, різновидів і властивостей.

2. Навести ескіз виробу, його розміри і матеріал.

3. Коротко описати процес виготовлення пластмасових виробів прямим гарячим пресуванням.

4. Обґрунтувати вибір параметрів режиму пресування; навести розрахунки манометричного тиску і часу витримки при пресуванні.

5. Дати оцінку якості виробу, виготовленого підгрупою. На підставі результатів, одержаних різними підгрупами, зробити висновок про вплив параметрів пресування (p , t , T) на якість виробу; відзначити можливі з тих чи інших причин дефекти виробів.

Лабораторна робота № 6.2

6.2 Виготовлення виробів з гуми

6.2.1 Мета роботи

Ознайомитися з технологією виготовлення гумових виробів методом пресування; вивчити необхідні при цьому обладнання, пристрої, інструмент; набути практичних навичок виготовлення гумових виробів.

6.2.2 Загальні відомості

Гума – це продукт вулканізації суміші, яка містить каучук, вулканізатор, наповнювачі, пластифікатори, активатори вулканізації, антиоксиданти та інші інгредієнти. Найважливішими властивостями гуми є її висока пружність та гідро- і газонепроникність. До інших,

спеціальних її властивостей, які залежать головним чином від типу каучуку, належать тепло-, бензо-, масло- та морозостійкість; здатність чинити опір зношуванню та поглинати вібрацію; стійкість до дії агресивних середовищ та радіацій, діелектричні властивості та інше.

Склад гуми.

Каучук є основою гуми. Розрізняють натуральний і синтетичний каучук. Натуральний каучук отримують з соку каучуконосних рослин (наприклад, гевеї). Синтетичний каучук – синтетична речовина, за властивостями близька до натурального каучука. Його отримують синтезом простих органічних речовин, так званих каучукогенів (бутадієн, стирол, хлорпрен, бутилен та інше), і полімерізацією їх у каучукоподібний продукт. Сировиною для виробництва каучукогенів є нафтопродукти, природний газ, деревина тощо.

Вулканізаційні речовини, що надають гумі твердості, міцності, пружності, - це сірка, напівхлориста сірка, натрій. Головний вулканізатор – сірка. Змінюючи її кількість у складі гумової суміші, отримують гуму, яка має різні властивості: додаючи 2...8% сірки, - м'яку гуму; при 12...20% - напівтверду, а при 25...50% - тверду гуму (ебоніт).

Наповнювачі – речовини, які зменшують витрати каучуку та надають гумі потрібні фізико-механичні властивості. Наповнювачами можуть бути сажа, оксиди кремнію, крейда, тальк, корд, металевий дріт та інші речовини.

Антиоксиданти – органічні сполуки, які запобігають швидкому старінню (окисненню) гуми.

Гума поділяється на дві групи: загального та спеціального призначення.

Гуми загального призначення застосовуються для виготовлення автомобільних шин, конвеєрних стрічок, привідних пасів, рукавів, виробів побутового призначення тощо. З гуми спеціального призначення виготовляють вироби, які повинні мати одну або кілька зі згаданих вище спеціальних властивостей (наприклад, масло-, бензо- або теплостійкість та інші).

Механічні властивості гуми залежать від типу та особливостей застосованого каучука, типу й дозування наповнювача, характеру вулканізаторів та інших чинників.

Для потреб сучасної техніки застосовують гуми: м'які (пружні), тверді (ебоніт), пористі та пастоподібні (для герметизації та ущільнення).

Процес виробництва виробів з гуми складається з операцій: пластифікація каучука, виготовлення гумової суміші (сирої гуми), перероблення її у напівфарбрикати й вироби, вулканізація. Складність виготовлення гумових сумішей полягає у тому, що треба дуже щільну речовину – каучук – змішати з порошкоподібними та рідкими компонентами. В результаті отримують однорідну пластичну і малопружну масу – сиру гуму. Основні види *перероблення гумової суміші*: каландрування (формування листової гуми на багатовалкових машинах – каландрах), шприцювання (безперервне витискання гумових профілів), пресування (формування виробів складної кофігурації у підігрітій прес-форми), прогумовування тканин на каландрах.

Вулканізація – завершальна операція при виготовленні гумових виробів. Під час вулканізації вулканізуючі речовини вступають у реакцію з лінійними молекулами каучука і утворюють просторову молекулу гуми. Вулканізація може бути гарячою і холодною.

Гарячу вулканізацію проводять в автоклавах, котлах, або прес-формах при температурі 130...150°C і тиску 1...2 МПа. При *холодній вулканізації* виріб на певний час занурюють у розчин хлористої сірки у сірковуглецю або чотиріххлористому вуглецю з метою насичення його сіркою (попередньо вона у склад гумової суміші не вводиться). Холодна вулканізація застосовується лише при виготовленні тонкостінних виробів. Внаслідок вулканізації виріб стає міцнішим, пружним, підвищується його стійкість до теплоти та хімічного впливу.

6.2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується складу, властивостей і способів перероблення гуми у вироби.

2. Підготувати гідравлічний прес, прес-форми і гумову суміш до виконання лабораторної роботи.

6.2.4 Контрольні запитання

1. Що таке гума?
2. Які інгредієнти входять до складу гуми?
3. Які каучуки використовують для виготовлення гумових виробів?
4. Яку роль відіграє вулканізатор при виготовленні гумових виробів?
5. Назвіть основні способи виготовлення гумових виробів.
6. Де застосовують м'які, тверді, пористі та пастоподібні гуми?

6.2.5 Обладнання, інструмент, матеріали

1. Прес гідравлічний
2. Піч лабораторна з робочою температурою до 300°C
3. Прес – форма
4. Вага технічна
5. Твердомір
6. Заготовки з гумових сумішей з вмістом сірки 5, 15, 20, 30 % (за масою)
7. Штангенциркуль
8. Секундомір

6.2.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Торкатися гарячих прес-форм допускається лише у рукавицях.
2. Вкладати прес-форми у піч та виймати з неї дозволяється лише після вимкнення печі.
3. Перед вмиканням гідравлічного преса убрати руки з його робочого простору.
4. Розкривання прес-форми дозволяється після її остигання.

6.2.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову і роботу обладнання, а також прес-форм, що застосовуються при виготовленні гумових виробів.

2. Визначити технологічні параметри вулканізації: тиск пресування p , МПа, температуру вулканізації t , °С, і час витримки у прес-формі τ , хв.

3. Знаючи величину тиску пресування p і габаритний розмір виробу D , мм, у площині розніму прес-форми, розрахувати необхідний манометричний тиск пресування p_m у гідравлічній системі преса, за яким контролюють створене зусилля пресування:

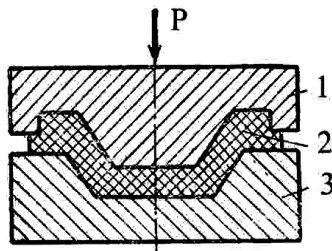
$$p_m = pS_v/S_{пл}, \quad (6.3)$$

де S_v – площа перерізу виробу у площині розніму прес-форми, м²; $S_{пл}$ – площа поперечного перерізу плунжера преса, м².

4. У лабораторній печі підігріти прес-форми на 10...15°С вище температури вулканізації.

5. Провести дозування зважуванням гумової суміші (сирої гуми) п'яти – шести складів з вмістом вулканізатора від 5 до 30% (за масою).

6. Завантажити підготовлені заготовки гумової суміші у нагріті прес-форми та провести пресування (рис. 6.3) з витримкою 30...60 с.



1 - пуансон; 2 - виріб; 3 – матриця

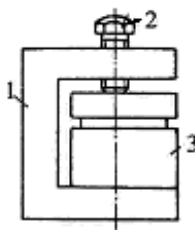
Рисунок 6.3 - Схема прямого пресування гумового виробу

7. Зняти прес-форми з преса, затиснути їх струбцинами (рис. 6.4) та установити у лабораторну піч, нагріту до температури вулканізації, на час вулканізації τ (40...60 хв.).

8. Вийняти прес-форми з печі, звільнити від струбцин, дістати вироби з прес-форми.

9. Вироби з гуми різного складу випробувати на твердість.

10. На підставі одержаних результатів проаналізувати вплив вмісту вулканізатора на твердість гумових виробів.



1 - трубка; 2 – притискний гвинт; 3 – прес-форма
Рисунок 6.4 - Схема стиснення прес-форми під час вулканізації

1. Дати коротку характеристику гуми, її складу, різновидів та властивостей.

2. Коротко описати процес виготовлення виробів з гуми; навести схему прямого пресування виробів.

3. Навести параметри режиму вулканізації (тиск p , температура вулканізації t , час витримки у прес-формі τ), а також розрахунки манометричного тиску p_m .

4. Дати оцінку якості виробів; на підставі результатів вимірювання твердості зробити висновки про вплив вмісту вулканізатора на твердість гумових виробів. Відзначити можливі з тих чи інших причин дефекти виробів.

Лабораторна робота № 6.3

6.3 Виготовлення виробів методом порошкової металургії

6.3.1 Мета роботи

Ознайомитися з технологією виготовлення деталей методом порошкової металургії; набути навичок розрахунку потрібних маси порошкової суміші, пористості виробу та тиску пресування.

6.3.2 Загальні відомості

Порошкова металургія – галузь науки і техніки, яка охоплює виробництво металевих порошків та виробів з них або з їх сумішей з

неметалевими порошками. Виготовлення виробів здійснюється без розплавлення основного компонента.

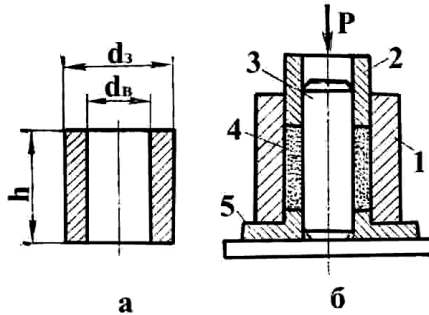
Технологія виготовлення виробів методами порошкової металургії складається з таких етапів: виробництво й сортування порошоків; приготування суміші порошоків (шихти) заданого складу; формування виробів; спікання одержаної формовки для надання необхідної міцності; остаточне оброблення спечених виробів (просочення, калібрування, механічне оброблення та інше).

Головною перевагою порошкової металургії є те, що вона дозволяє одержати матеріали та вироби, які неможливо виготовити іншими методами: пористі вироби (наприклад, фільтри), самозмащувані підшипники ковзання (пориста металева основа, просочена мінеральним мастилом, сіркою, сульфідами та іншими речовинами); композиційні матеріали з металів і неметалів типу “бронзографіт”; інструментальні та жароміцні матеріали на основі тугоплавких карбідів, нітридів, боридів; матеріали з заданими електричними, магнітними та іншими властивостями.

Порошкова металургія пропонує економні технологічні процеси з коефіцієнтом використання матеріала до 0,95...0,97. Тому в умовах масового виробництва стає економічно доцільним застосування методів порошкової металургії для виробництва не лише згаданих вище виробів, але й для таких нескладних деталей загального призначення, як шайби, важелі, кронштейни, шестерні, втулки. Економія у цьому випадку досягається за рахунок зниження витрат як у заготівельному виробництві, так і на наступне механічне оброблення заготовок.

Проте порошкова металургія – досить дорогий метод виготовлення деталей і заготовок. За якістю її можна порівняти з литтям під тиском. Але якщо обладнання, пристрої, устаткування для лиття під тиском окуповуються при розмірі замовленої партії 2000...3000 шт/рік, то виготовлення тієї ж самої деталі порошковою металургією окупиться при розмірі партії не менше як 10000 шт/рік.

Найпоширенішим методом формування порошкових виробів є холодне пресування (рис. 6.5), яке буває одно- та двобічним. Крім того, вироби формують методами мундштучного пресування, прокатування, ізостатичного пресування та іншими.



1 - матриця; 2 - пуансон; 3 - стрижень; 4 – виріб (втулка)
5 – підставка

Рисунок 6.5 – Креслення втулки (а) і схема її виготовлення холодним
однобічним пресуванням (б)

Властивості виробів з порошків значною мірою визначаються їх пористістю $\Pi, \%$, - часткою пор в його об'ємі:

$$\Pi = (1 - \rho_{\text{вир}} / \rho_{\text{к}}) \cdot 100, \quad (6.4)$$

де $\rho_{\text{вир}}$ – фактична густина виробу, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho_{\text{к}}$ – густина компактного (безпористого) виробу з тієї ж суміші порошків, $\text{кг}/\text{м}^3$.

При пресуванні сумішей порошків різномірних компонентів густина компактного виробу $\rho_{\text{к}}$ визначається за формулою:

$$\rho_{\text{к}} = 100 / \sum_i^n (a_i / \rho_i), \quad (6.5)$$

де a_i – вміст окремих компонентів у суміші, % (за масою); ρ_i – густина відповідних компонентів, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Пористість і густина порошкових матеріалів при пресуванні визначається тиском пресування. Тому залежно від бажаної пористості (або густини виробу) за графіком (рис. 6.6) можна визначити необхідний у цьому випадку тиск пресування p , МПа, на одиницю площі поперечного перерізу виробу, перпендикулярного напрямку пресування.

Манометричний тиск $p_{\text{м}}$ у гідравлічній системі преса, за яким контролюють зусилля пресування, знаходять за формулою:

$$p_{\text{м}} = p S_{\text{в}} / S_{\text{пл}},$$

де S_v – площа переріза виробу, перпендикулярного до напрямку зусилля пресування, m^2 ; $S_{пл}$ – площа поперечного перерізу плунжера преса, m^2 .

Маса готової порошкової суміші Q , кг, необхідна для виробництва одного виробу, розраховується за формулою:

$$Q = \rho_k V (1 - \Pi / 100) \cdot K, \quad (6.6)$$

де V – об'єм порошкового виробу (формовки), m^3 ; $K = 1,01 \dots 1,03$

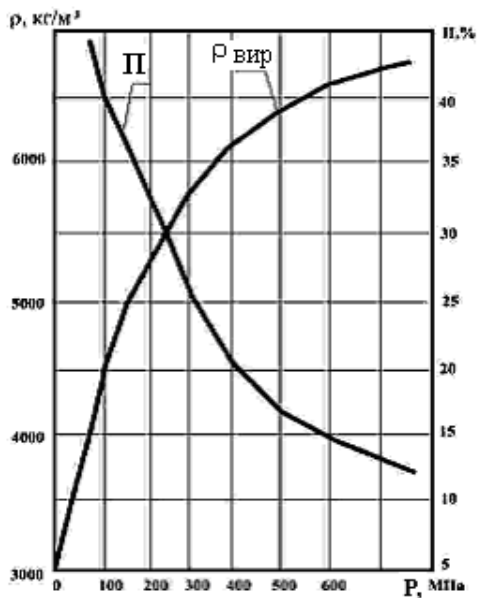


Рисунок 6.6 - Залежність пористості Π і густини виробів із залізного порошку $\rho_{вир}$ від тиску пресування p

– коефіцієнт, який враховує додаткові втрати маси виробу під час пресування та спікання.

6.3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. При підготовці до лабораторної роботи повторити матеріал, який стосується порошкової металургії.

2. Підготувати гідравлічний прес, прес-форми і металеві порошки до виконання лабораторної роботи.

6.3.4 Контрольні запитання

1. У чому полягає суть порошкової металургії?
2. Назвіть технологічні етапи виготовлення порошкового виробу.
3. Назвіть способи формування виробів з металевих порошоків.
4. Для чого проводять спікання виробів після формування?
5. Від чого залежить пористість порошкового виробу?

6.3.5 Обладнання, інструменти, матеріали

1. Прес гідравлічний
2. Прес-форми
3. Змішувач
4. Піч для спікання у середовищі аргону
5. Балон з аргоном
6. Вага технічна
7. Порошки металеві та неметалеві різних видів
8. Штангенциркуль

6.3.6 Вказівки з техніки безпеки

1. Перед вмиканням гідравлічного преса убрати руки з його робочого простору.

2. Вкладати формовки у піч для спікання і виймати з неї дозволяється лише після вимкнення печі.

6.3.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Вивчити будову і роботу обладнання, а також прес-форм, що застосовуються при виготовленні порошкових виробів.

2. Кожній підгрупі отримати індивідуальне завдання: креслення і розміри втулки (рис. 6.5, а), склад порошкової суміші (у %% за масою), бажану пористість виробу.

3. Зважити окремі компоненти суміші відповідно до індивідуального завдання. Виготовити порошкову суміш змішуванням компонентів у змішувачі.

4. Визначити густину компактного виробу ρ_k з виготовленої суміші.

5. За кресленням розрахувати об'єм виробу V , m^3 , і, враховуючи задану пористість P , %, розрахувати та відміряти масу порошкової суміші Q , кг, необхідної для виготовлення одного виробу.

6. Відповідно до заданої пористості P за графіком (рис. 6.6.) визначити тиск пресування p і розрахувати контрольний манометричний тиск p_m .

7. Відформувати виріб на гідравлічному пресі і провести його спікання.

8. Визначити розміри виготовленого виробу (d_3 , d_b , h , m , рис. 6.5 а) та його масу m , кг, і розрахувати фактичну густину виробу:

$$\rho_{\text{вир}} = 4m/\pi(d_3^2 - d_b^2)h. \quad (6.7)$$

9. Розрахувати фактичну пористість виготовленого виробу і порівняти із заданою в індивідуальному завданні.

10. За результатами, одержаними різними підгрупами, проаналізувати вплив параметрів пресування і спікання на співпадіння (або неспівпадіння) заданої пористості виробів і фактичної.

6.3.8 Зміст звіту

1. Коротко описати суть порошкової металургії, технологічну послідовність виготовлення порошкового виробу пресування.

2. Навести ескіз виробу, його розмір та схему його виготовлення.

3. Навести склад порошкової суміші, задану пористість виробу P і розрахунок маси порошкової суміші Q , необхідної для виготовлення одного виробу, і густини компактного виробу ρ_k .

4. Навести необхідний тиск пресування p і розрахунок контрольного манометричного тиску p_m .

5. Після виготовлення виробу навести розрахунок фактичних густини та пористості виробу.

6. Дати оцінку якості виробу, виготовленого підгрупою. На підставі результатів, одержаних різними підгрупами, зробити висновок про вплив параметрів пресування на співпадіння (неспівпадіння) заданої пористості виробів і фактичної.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Попович В.В., Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник. – Львів: Світ, 2006. – 624 с.
2. Металознавство: Підручник для вузів./ Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н.– К.: Політехніка, 2001.–375с.
3. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / За ред. М.А Сологуба. – К.: Вища шк., 2002. – 374 с.
4. Гарнець В.М. Матеріалознавство: Підручник. – К.; Кондор, 2009. – 388 с.

Додаткова

5. Александров О.Г. Антонюк Д.А. Проектування та експлуатація обладнання для дугового зварювання: навч. посібник. Львів: Новий світ, 2011. – 312 с.
6. Богуслаєв В.О., Качан О.Я., Калініна Н.Є., Мозговий В.Ф., Калінін В.Т. Авіаційно-космічні матеріали та технології. – Запоріжжя: вид. ВАТ «Мотор-Січ», 2009. – 383 с.
7. Биковський О.Г. Довідник зварника. – К.: Основа, 2010. 448 с.
8. Волчок І.П., Плескач В.М., Шестаков І.А. Сучасні виробничі технології у машинобудуванні та металургії: Навч. Посібник / за заг. ред. проф. І.П.Волчка – Запоріжжя: ЗНТУ; Дике Поле, 2006. – 360 с.
9. Солнцев Ю.П., Беліков С.Б., Волчок І.П., Шейко С.П. Спеціальні конструкційні матеріали: Підручник. – Запоріжжя: ВАЛПС-ПОЛІГРАФ, 2010. – 536 с.
10. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: Навч. посібник. К.: Центр учбової літератури, 2017. 336 с.
11. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ: 2005. – 270 с.
12. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є., Степаненко В.О. Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. К.: Либідь, 2002. 320 с.