МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра «Матеріалознавство і технологія матеріалів»

ТЕХНОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКИ І ОБРОБКИ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Лабораторний практикум

Спеціальності:

271 Морський та внутрішній водний транспорт:

Спеціалізація:

271.02	Управління судновими технічними системами і комплексами
271.03	Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики
135	Суднобудування
133	Галузеве машинобудування
275	Транспортні технології (на морському та річковому транспорті)

Одеса - 2025

Лабораторний практикум перероблено колективом кафедри «Матеріалознавство і технологія матеріалів» Одеського національного морського університету

Перевидання лабораторного практикуму схвалено кафедрою «Матеріалознавство і технологія матеріалів» ОНМУ 24.03.25 (протокол № 9)

З М І С Т

Л а б о р а т о р н а р о б о т а № 1 . Технологія виготовлення виливки 5
1. Загальні відомості 5
2. Основні етапи процесу виготовлення виливка 5
3. Загальні принципи проектування 6
4. Контрольні питання 13
5. Зміст звіту 13
Додаток 14
Л а б о р а т о р н а р о б о т а № 2 . Геометрія різального інструменту та її вивчення за допомогою кутомірів та інструментального мікроскопа 16
1. Елементи конструкції токарних різців 16
2. Геометрія токарного різця 17
3. Класифікація токарних різців 20
4. Вимірювання кутів різця 21
5. Пристрій та робота на мікроскопі УІМ-21 22
6. Контрольні питання 23
7. Зміст звіту 24
Л а б о р а т о р н а р о б о т а № 3 . Визначення основних характеристик та точності токарно-гвинторізного верстата 25
1. Основні поняття та визначення 25
2. Основні методи перевірки токарно-гвинторізного верстата на точність 26
3. Контрольні питання 30
4. Зміст звіту 31
Л а б о р а т о р н а р о б о т а № 4 . Розрахунок режимів різання при точенні 31
1. Загальні відомості 32
2. Вибір інструменту та визначення його характеристик 33
3. Визначення глибини різання та числа проходів інструменту 33
4. Визначення подачі інструменту 34
5. Визначення швидкості різання та числа оборотів шпинделя 35
6. Визначення потужності різання 36
7. Визначення основного часу 37
8. Контрольні питання 38
9. Зміст звіту 38
Л а б о р а т о р н а р о б о т а № 5 . Джерела живлення зварювальної дуги 40

1. Загальні відомості 40
2. Класифікація джерел живлення зварювальної дуги 41
3. Технічні характеристики 42
4. Види джерел 45
5. Джерела живлення змінного струму 46
6. Джерела живлення постійного струму 48
7. Інверторне джерело живлення 57
8. Контрольні питання 58
9. Зміст звіту 59
Лабораторна робота №6. Контактне зварювання металів 59
1. Загальні відомості 59
2. Стикове зварювання 60
3. Точкове зварювання 64
4. Шовне (роликове) зварювання 70
5. Контрольні питання 74
6. Зміст звіту 74
Лабораторна робота №7. Напівавтоматичне і автоматичне зварювання 75
1. Напівавтоматичне зварювання під шаром флюса і в вуглецевому газі 75
1.1. Загальні відомості 75
1.2. Будова напівавтоматів. Будова напівавтомата ПШ-54 76
1.3. Напівавтомат А-574 для зварювання у вуглекислому газі 78
1.4. Техніка напівавтоматичного зварювання 80
2. Автоматичне зварювання під флюсом 83
2.1. Загальні відомості 83
2.2. Опис пристрою зварювального трактора АДС-1000 85
2.3. Переваги й недоліки автоматичного зварювання під флюсом 86
2.4. Техніка автоматичного зварювання 87
2.5. Зварювання стикових з'єднань 88
3. Контрольні питання 90
4. Зміст звіту 90
Лабораторна робота №8. Розрахунок режимів електродугового зварювання 91
1. Методика розрахунку режимів дугового зварювання 92
Додаток 96
Список літературних джерел 99

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Технологія виготовлення виливка

Мета роботи.

Ознайомлення з методикою конструювання вихідної заготовки – виливки.

Послідовність виконання роботи.

1. Ознайомитись з інструкцією до лабораторної роботи – переві-рити себе з контрольних питань.
2. Ознайомитись з вихідними даними заданої деталі.
3. Спроектувати виливки із виконанням ескізу заготівлі – виливки заданої деталі.
4. Оформити та захистити звіт.

1. Загальні відомості

Продукція ливарного виробництва – виливки – є заготівлями, що наближаються за формою та розмірами до готової деталі та відрізняються від деталі, головним чином, наявністю припусків на механічну обробку* та формувальних ухилів, а також відсутністю дрібних отворів, пазів та заглиблень, які будуть отримані далі при механічній обробці, тому що їх важко отримати при литті.

Технологічний виливок повинен відповідати найбільш раціональній технології її виготовлення та експлуатації. Раціональна кон-струкція забезпечує значний економічний ефект, знижує трудоміст-кість виготовлення та підвищує якість виливки.

2. Основні етапи процесу виготовлення виливки

Виливки одержують у ливарній формі, порожнина якої – відпо-відає конструкції виливка. Ливарні форми готують найчастіше з формувальної суміші. У технологічному бюро за кресленням деталі розробляють креслення виливки, у модельному цеху за кресленням виливки – дерев'яні або металеві моделі та стрижневі ящики.

---

* Припуск на механічну обробку (h) – додатковий шар металу (на бік), який видаляють у процесі механічної обробки виливки, щоб забезпечити точність та високу якість поверхні деталі.

Такі форми служать лише один раз і руйнуються при вилученні з них виливків. В даний час цим способом виготовляють 80 % всіх литих деталей.

Для полегшення виготовлення форми та стрижня модель та стрижневий ящик роблять роз'ємними.

У формувальному відділенні з формувальної суміші за моделлю виготовляють ливарну форму. При ручному формуванні на спеці-альну плиту встановлюють нижню половину моделі виливки, суміш засипають в опоку і ущільнюють суміш. Потім опоку перевертають на 180°, на заформовану нижню половину моделі виливки поміщають її верхню половину і модель ливникової системи. Встановлюють другу опоку, площину роз'єму посилають сухим (розділювальним) піском, засипають формувальну суміш і ущільнюють. Далі підніма-ють верхню опоку, витягують з обох напівформ половини моделі виливки і модель ливникової системи, встановлюють у форму стрижні і накривають нижню напівформу верхньою, міцно з'єднуючи їх.

При машинному формуванні верхню та нижню опоки формують окремо.

Формувальні суміші готують у землепідготовчому відділенні з піску, глини, сполучних матеріалів та добавок води.

Стрижні виготовляють у стрижневому відділенні у стрижневих ящиках. Стрижнева суміш відрізняється від формувальної підвище-ною міцністю. Отримані стрижні для підвищення міцності сушать.

Метал для виливків плавлять у плавильному відділенні у спеціальних плавильних печах.

Після затвердіння виливка у формі виливку витягають руйнуванням форми у вибивному відділенні. У очисному відділенні з виливки вибивають стрижні, відбивають або відрізають ливники, очищають виливок від пригорілої формувальної землі і зачищають залишки ливників.

3. Загальні принципи проектування виливки

Проектування виливки починають із вивчення ескізу (креслення) деталі для того, щоб правильно вирішити питання, як розмістити виливок у формі, тобто визначити площину роз'єму форми.

Одночасно встановлюють верх і низ виливки при заливанні металу форми.

Розглянемо особливості проектування виливки на конкретному прикладі. Потрібно розробити технологічний процес виготовлення чавунної виливки шківа клинопасової передачі (рис. 1).

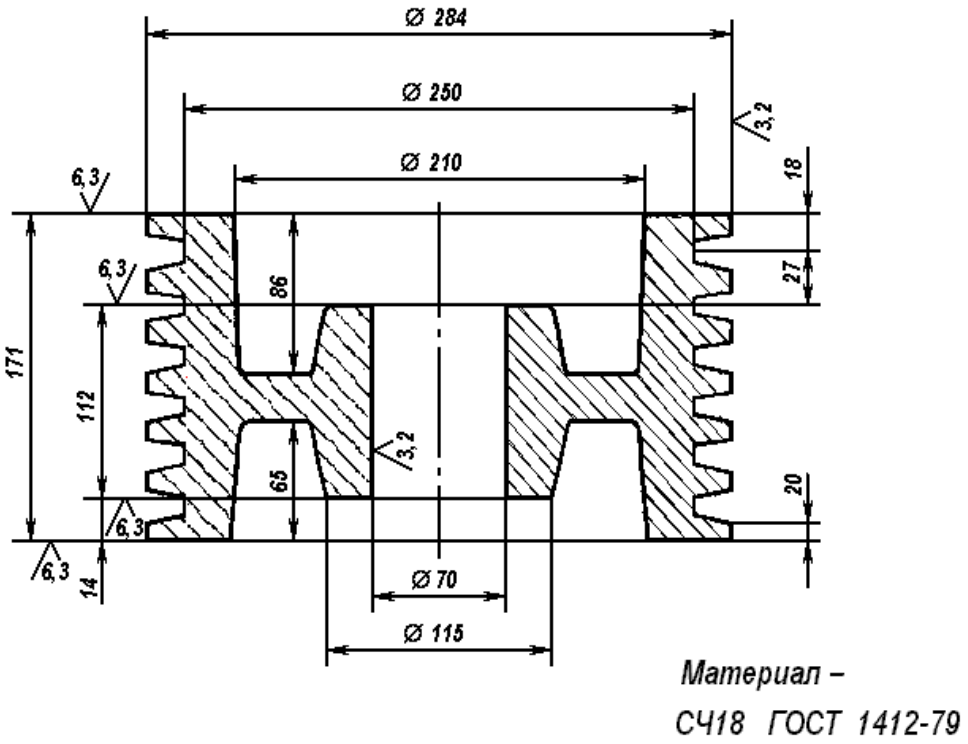


Рис. 1. Креслення шківа

Виробництво серійне, матеріал СЧ18 (ДСТУ).

Матеріал деталі – сірий чавун має гарні ливарні властивості. Враховуючи тип виробництва*, доцільно та економічно ефективно застосувати вид лиття, при якому форма та розміри заготовки максимально наближатимуться до форми та розмірів деталі. У нашому випадку застосовуємо лиття у разових піщано-зем-ляних формах. Цей спосіб широко поширений і відповідає виробни-чим можливостям ливарних цехів суднoремонтних підприємств . Заданий виливок можна розташувати у формі і горизонтально і вертикально. Зазвичай подібні виливки розташовують у формі вертикально.

---

* На суднoремонтних підприємствах виливки з сірого чавуну виконуються за III класом точності, що відповідає індивідуальному або дрібносерійному виробництву (ручне формування за дерев'яними моделями).

Сталеві виливки виготовляються також за III класом точності:

а) машинним формуванням за дерев'яними моделями;
б) ручним формуванням за дерев'яними та за металевими моделями.
Класи I та II, відповідні серійному та масовому виробництву, не застосовуються.

Причини такого розташування такі:

– при проектуванні виливка слід прагнути до мінімальної кількості стрижнів;

– виливку необхідно розташовувати у формі так, щоб її висота була мінімальною при вертикальному розташуванні 183 мм, а при горизонтальному − 294 мм;

– найбільш відповідальні за службовим призначенням поверхні виливків мають бути у формі внизу;

– виливки циліндричної форми бажано заливати у – вертикальному положенні.

За площину роз'єму моделі та форми доцільно приймати – пло-щину симетрії. В цьому випадку легко здійснюється установка стрижня, за допомогою якого утворюється отвір заготівлі. В даному випадку при вертикальному розташуванні роз'єм форми раціональніше виконувати по середній частині диска, що з'єднує обід з втулкою. Вирішивши ці питання, на копії креслення деталі необхідно нести лінію роз'єму з написом МФ (рис. 2), що означає роз'єм моделі і форми, і перпендикулярні до цієї лінії стрілки з написами В (верх) і Н (низ). Стрілки показують напрямок роз'єму моделі та форми. На кресленні виливки шківа (рис. 2) позначають також величини при-пусків на механічну обробку та технологічні припуски згідно з ДСТУ. Правила виконання креслень елементів ливарної форми та виливки [5].

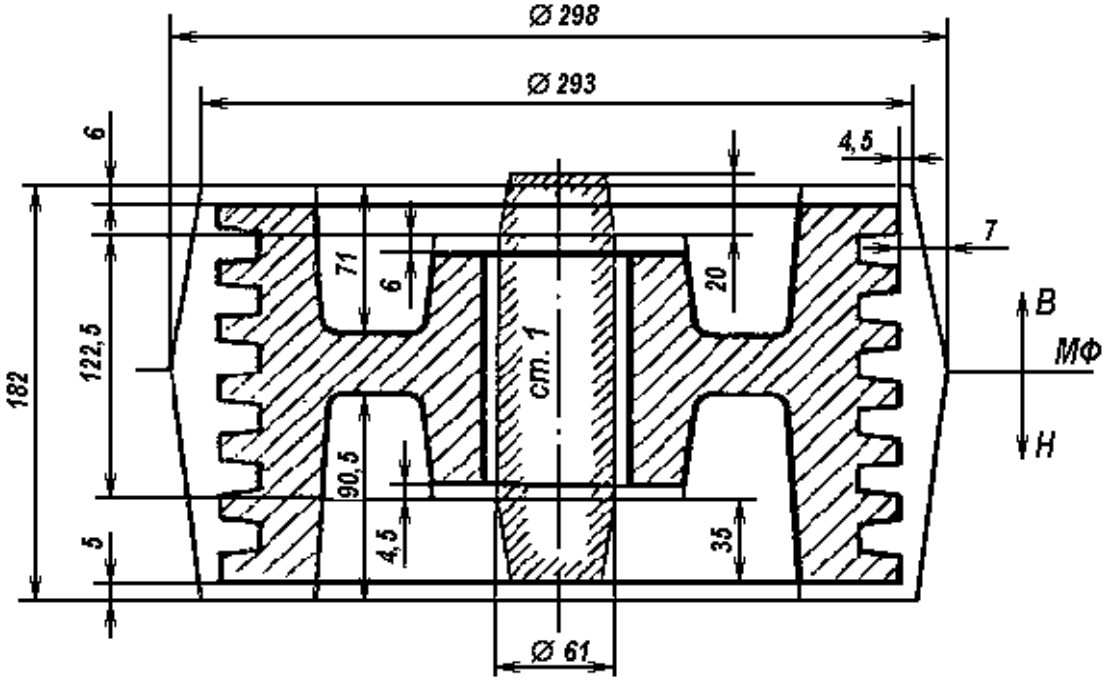


Рис. 2. Креслення виливки шківа

Припуски на механічну обробку є суцільною тонкою лінією. Поверхні, що підлягають механічній обробці, позначають на кресленні деталі так, як показано на рис. 1 ($\sqrt{3,2}$, $\sqrt{6,3}$ та ін). Припуск на механічну обробку призначають з урахуванням короблення виливка, а також неточності виготовлення. У разі збільшення габаритних розмірів припуск на механічну обробку призначають більше.

Для верхньої оброблюваної поверхні виливки (за становищем її при заливанні) рекомендується приймати велику величину припуску, так як на ній збираються газові та неметалеві включення.

Величини припусків кожного конкретного виробу призначають такі:

– для сталевих виливків – за ДСТУ. Виливки сталеві фасонні. Допустимі відхилення за розмірами та вагою та припуски на механічну обробку;

– для чавунних виливків – за ДСТУ. Виливка з сірого чавуну. Допустимі відхилення за розмірами та вагою та припуски на механічну обробку;

– для кольорових металів та сплавів – за галузевими нормативами.

За відсутності стандартів ці величини можна призначати за довідниками та таблицями 1-3 залежно від номінальних розмірів деталі*.

Таблиця 1

Припуски на механічну обробку
для простих виливків із сірого чавуну, мм

Найбільший розмір деталі, мм	Положення поверхні при заливанні	Номінальний розмір, мм					
		До 50	51…120	121…260	261…500	501…800	801…1250
До 120	Верх	3,5	4,0	-	-	-	-
	Бік, низ	2,5	3,0	-	-	-	-
121…260	Верх	4,0	4,5	5,0	-	-	-
	Бік, низ	3,0	3,5	4,0	-	-	-
261…500	Верх	4,5	5,0	6,0	6,5	-	-
	Бік, низ	3,5	4,0	4,5	5,0	-	-
501…800	Верх	5,0	6,0	6,5	7,0	7,5	-
	Бік, низ	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5	-

801…1250	Верх Бік, низ	6,0 4,0	7,0 5,0	7,0 5,0	7,5 5,5	8,0 5,5	8,5 6,5

Таблиця 2

Припуски на механічну обробку для простих сталевих виливків, мм

Найбільший розмір деталі, мм	Положення поверхні при заливанні	Номінальний розмір, мм						
		До 120	121…260	261…500	501…800	801…1250	1251…2000	2001…3150
До 120	Верх Низ, бік	4 4	- -	- -	- -	- -	- -	- -
121…260	Верх Низ, бік	5 4	6 4	- -	- -	- -	- -	- -
261…500	Верх Низ, бік	6 5	7 5	7 6	- -	- -	- -	- -
501…800	Верх Низ, бік	7 5	8 6	9 6	10 7	- -	- -	- -
801…1250	Верх Низ, бік	8 6	9 7	10 7	10 8	11 8	- -	- -
1251…2000	Верх Низ, бік	9 7	10 7	10 8	11 8	12 9	13 9	- -
2001…3150	Верх Низ, бік	10 7	11 8	11 8	12 9	13 10	13 10	14 11

Таблиця 3

Припуски на механічну обробку виливків зі сплавів кольорових металів, мм

Найбільший розмір деталі, мм	Положення поверхні при заливанні	Серійне виробництво		Одиничне виробництво	
		просте	складне	просте	складне
До 50	Верх Низ, бік	1,5 1,0	1,5 1,0	1,5 1,0	2,0 1,0
51…120	Верх Низ, бік	1,5 1,0	2,0 1,5	2,0 1,5	2,5 2,0
121…260	Верх Низ, бік	2,5 2,0	3,0 2,0	3,0 2,0	3,5 3,0
261…500	Верх Низ, бік	3,0 2,0	5,0 3,5	5,0 4,0	6,0 4,0
501…800	Верх Низ, бік	4,0 3,0	5,0 3,5	5,5 4,0	7,0 5,0
801…1250	Верх Низ, бік	5,0 4,0	6,0 4,5	6,0 4,5	8,0 6,0

1251…2000	Верх Низ, бік	5,0 4,0	7,0 5,0	7,0 5,0	9,0 7,0

Відповідно до табл.1 припуски на механічну обробку для виливків шківа слід призначити такі:

верх виливки – 6,0 мм;

низ та бік – по 4.5 мм.

Технологічний припуск необхідний для спрощення процесу виготовлення виливки. До технологічних припусків відносять: формувальні (ливарні) ухили, напуски, припливи, ребра усадки, галтелі.

Формувальні ухили служать для зручності вилучення моделей з форми без руйнування її та вільного видалення стрижня зі стрижневого ящика. Ухили виконують у напрямку вилучення моделі з форми. Наявність ухилів на моделях – головна причина значних відхилень розмірів виливків від номінальних розмірів.* Відповідно до ДСТУ (Комплекти модельні. Ухили формувальні.) ухили на зовніш-ніх і внутрішніх стінках моделі можна виконувати або зі збільшенням товщини стінки (рис. 3, *а*) для оброблюваних поверхонь (а також при товщині стінки виливки менше 8 мм), або із зменшенням тов-щини стінки (рис. 3, *б*) для необроблюваних поверхонь і сполучених з іншими деталями, або одночасно зі збільшенням і зменшенням розмірів по середній лінії (рис. 3, *в*). Чим більше висота поверхні h_n тим менше абсолютне значення ухилу.

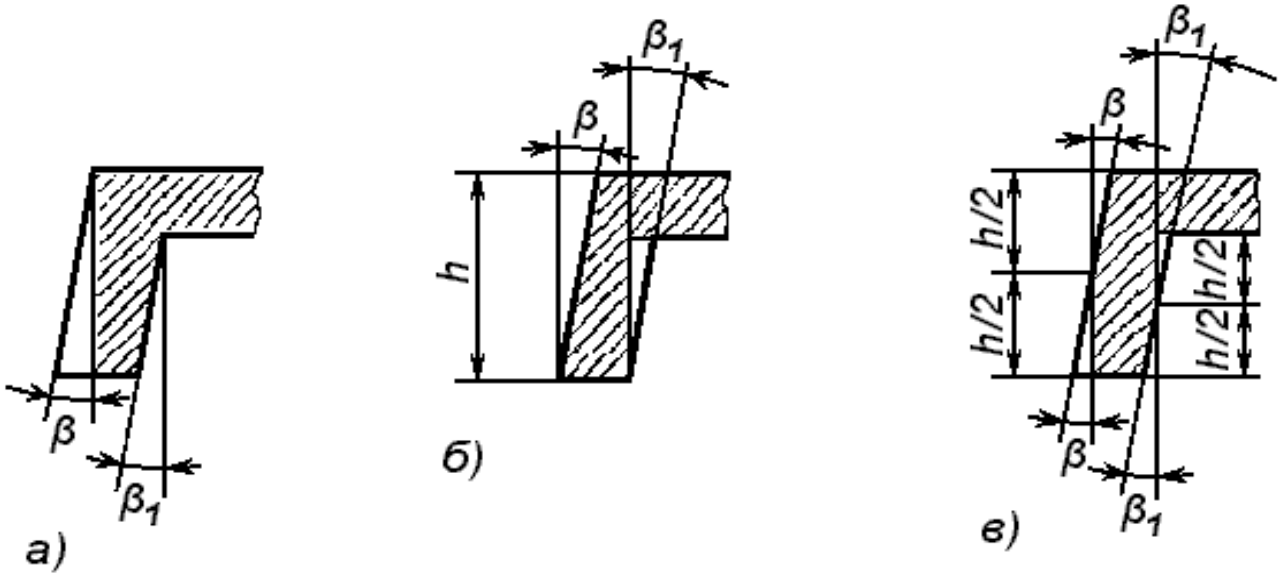


Рис. 3. Формувальні ухили β *на моделях*

* Під номінальним розміром для встановлення припусків на механічну обробку слід розуміти найбільшу відстань між протилежно оброблюваними поверхнями або відстань від базисної поверхні або осі деталі до поверхні, що обробляється.

Величини формувальних ухилів зовнішніх поверхонь моделі та стрижневого ящика в загальному випадку рекомендуються наступні: металевих – 0°45, дерев'яних – 1°. Величина формувальних уклонів ливарних болванок у металевій моделі 2°, у дерев'яній – 2°30. Більш точно величини формувальних ухилів слід призначати за таблицею 4.

Таблиця 4

Залежність формувальних ухилів від висоти поверхонь дерев'яних моделей

Вертикальні поверхні	Ухили β та β_1 при висоті h_n поверхні, мм							
	20	21 … 50	51 … 100	101 … 200	201 … 300	301 … 800	801 … 2000	Понад 2000
зовнішні	3°	1°30	1°	0°45	0°30	0°30	0°20	0°15
внутрішні	3°	2°	1°30	1°	1°	0°45	0°30	0°30

Формувальний конус на поверхні Ø 298 мм (рис. 2) виконується за рахунок збільшення припуску на обробку в напрямку лінії роз'єму.

Напуски служать для спрощення виготовлення виливки. Їх виконують спрощенням конфігурації деталі за допомогою витрати додаткового металу. Наприклад, отвори у виливку діаметром 20-50 мм можна не робити, тому що їх доцільніше просвердлити в процесі механічної обробки. Напуск на верхній горизонтальній частині виливка (підвищений припуск) служить для видалення при меха-нічній обробці дефектів − підкіркових газових та шлакових раковин, які при заливанні випливають на верхню горизонтальну поверхню виливка.

У цьому прикладі пази під клинові ремені на шківі повинні оброблятися, а отримувати їх за допомогою лиття недоцільно. Тож у цих місцях передбачаються напуски.

Припливи необхідні для зручності кріплення виливки в пристрої при механічній обробці. Їх видаляють при механічній обробці.

Усадкові ребра служать для запобігання виливку від короблення під час затвердіння, охолодження та термічної обробки.

Галтелі – закруглення внутрішнього кута виливки і моделі для отримання плавного переходу в стінках, що сполучаються, щоб уникнути утворення тріщини на виливках. Галтелі необхідні для того, щоб уникнути обсипання формувальної землі при вилученні моделі, а також для забезпечення сприятливої структури металу та змен-шення напруги в кутах виливки. Радіуси жолобників у виливків (моделей) складають 1/5-1/3 частину середньої арифметичної товщини стінок, що сполучаються.

Поглиблення в даному виливку 65 і 86 мм виконуються за допомогою виступаючих частин форми − земляних болванок. При цьому болванку меншого розміру (65 мм) краще помістити у верхній напівформі. При ручному формуванні висота болванок, що належать нижній напівформі, $H \leq 0{,}5$ Д, болванок верхньої напівформи $H \leq 0{,}1...0{,}2$ Д. При великих співвідношеннях Н/Д застосовують стрижні.

4. Контрольні питання

1. У чому відмінність виливки від готової деталі?
2. Що називається припуском на механічну обробку?
3. Перелічити основні етапи процесу виготовлення виливки.
4. За яким класом точності виконуються виливки на суднoремонт-них підприємствах?
5. Які причини розташування виливка у формі у вертикальному положенні?
6. Що приймається за площину роз'єму моделі та форми, і як вона позначається?
7. Як призначаються припуски на механічну обробку?
8. Призначення технологічного припуску.
9. Призначення формувальних ухилів.
10. Як визначити величини формувальних ухилів?
11. Призначення напусків.
12. Призначення припливів.
13. Призначення усадкових ребер.
14. Призначення галтелей.

5. Зміст звіту

1. Записати основні визначення, що дають відповіді контрольні питання.

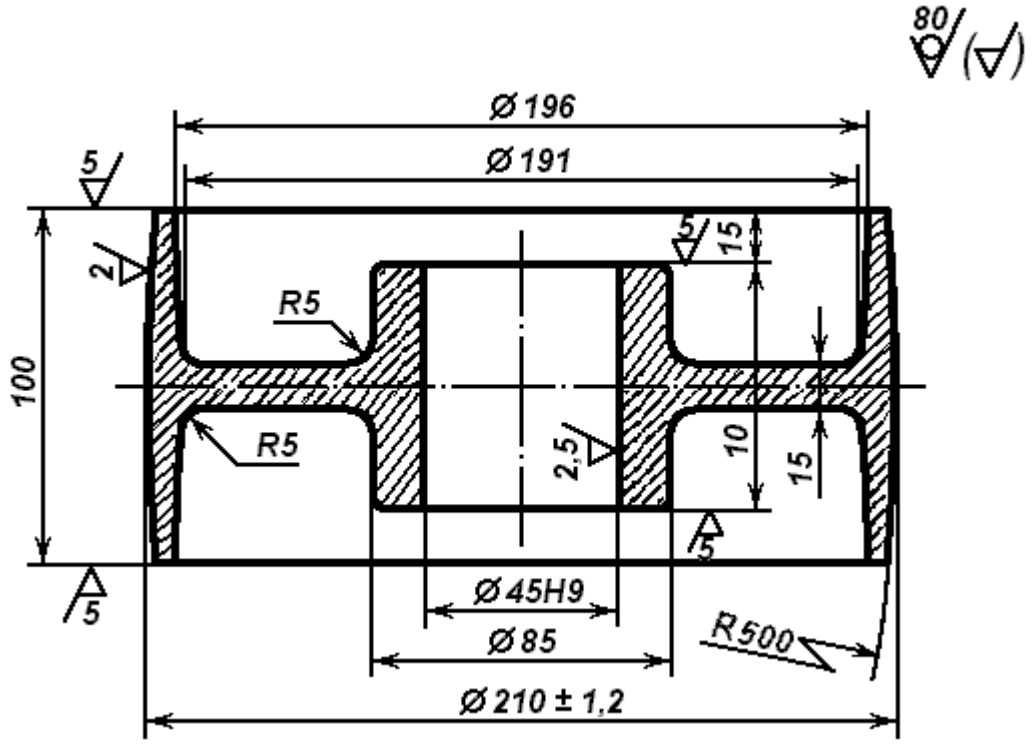
2. За заданим ескізом деталі (з варіантів завдань) визначити:

- припуски на механічну обробку;
- технологічний припуск.

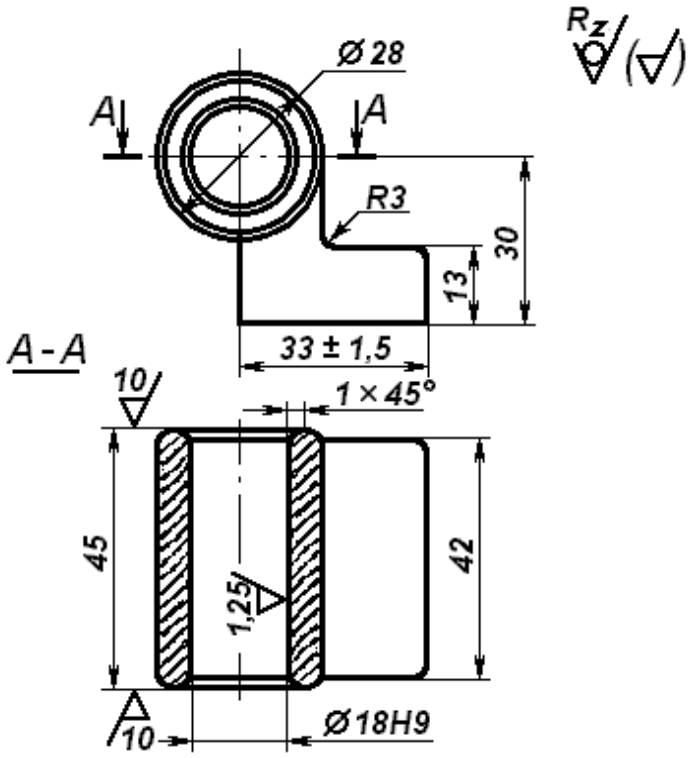
3. Виконати ескіз заготовки-виливки відповідно до правил його виконання (рис. 2). Марка матеріалу виливки задається викладачем.

Додаток

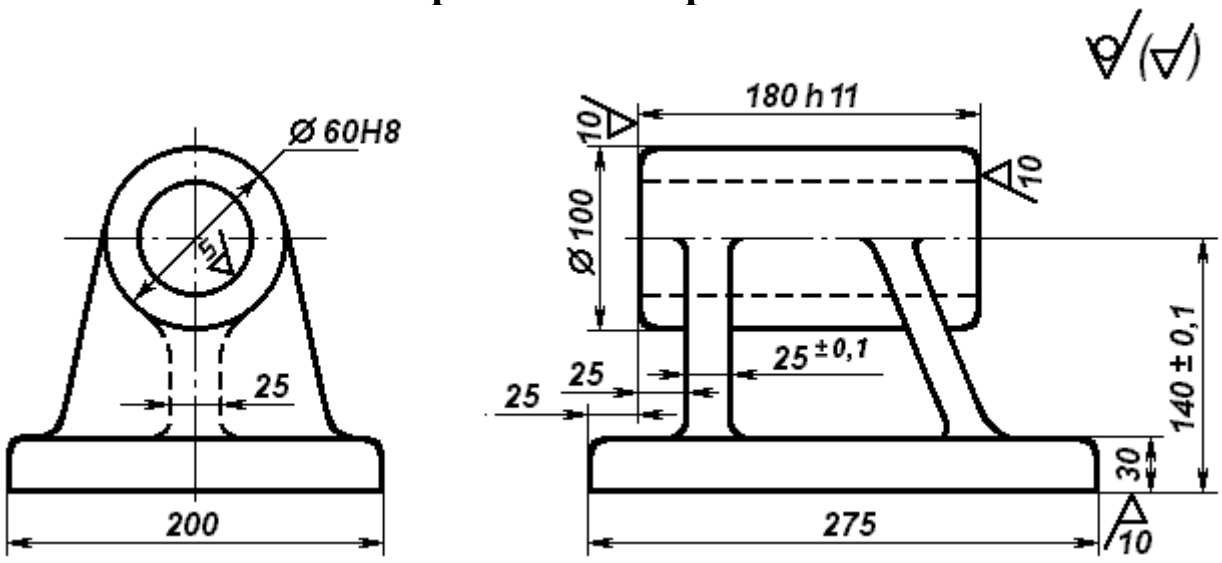
В а р і а н т и з а в д а н ь



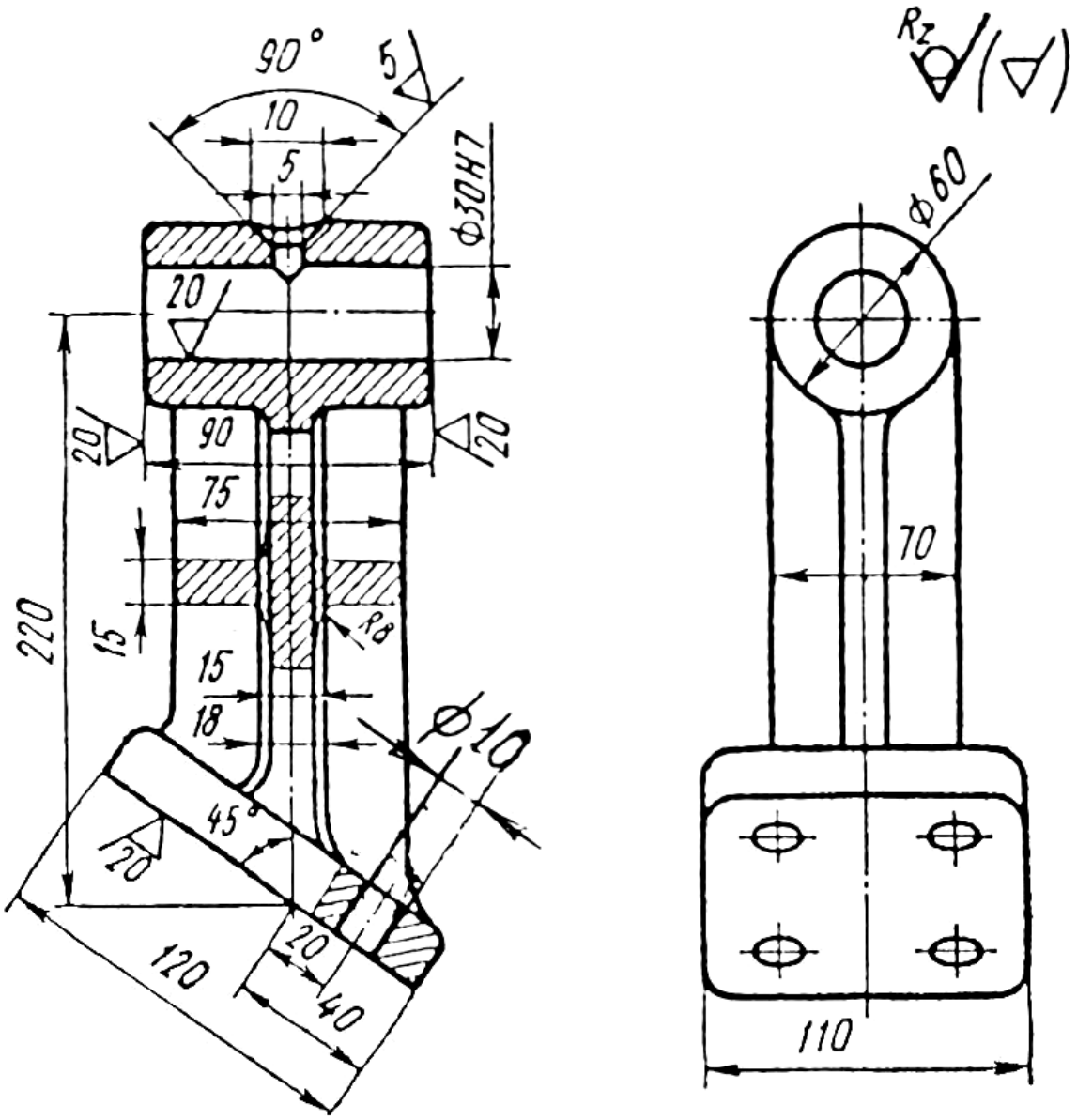
I. Креслення шківа



II. Креслення опори низької



III. Креслення корпусу



IV. Креслення опори похилої

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Геометрія різального інструмента та її вивчення за допомогою кутомірів та інструментального мікроскопа

Мета роботи.

1. Ознайомлення з конструкцією та геометрією токарних різців.
2. Освоєння методики виміру кутів різців на універсальному кутомірі.
3. Освоєння методики виміру геометричних елементів ріжучого інструменту на універсальному вимірювальному мікроскопі УІМ-21.

Послідовність виконання роботи:

1. Ознайомитись з інструкцією до лабораторної роботи, перевірити себе з контрольних питань.
2. Вивчити конструкцію токарних різців та їх геометричні харак-теристики.
3. Вивчити методику виміру кутів на універсальному кутомірі.
4. Виміряти кути контрольних різців на універсальному кутомірі.
5. Вивчити методику вимірювань на універсальному вимірюваль-ному мікроскопі УІМ-21.
6. Виміряти геометричні елементи контрольного різального інструменту: різців, фрез, свердлів, мітчиків, протяжок.
7. Оформити та захистити звіт.

1. Елементи конструкції токарних різців

Усі види різального інструменту складаються з двох основних частин – робочої частини, що містить різальні леза, та кріпильної частини, призначеної для встановлення та кріплення інструменту в технологічному обладнанні чи пристосуванні.

Різець є стрижнем з відповідним заточуванням ріжучої частини.

Різець (рис.1) складається з головки *1* стрижня *2*. Стрижень служить для кріплення різця в різцетримачі верстата. Головка (робоча частина) різця виконує роботу різання. Вона утворена трьома поверхнями: передньої *3* (по ній сходить стружка), головної задньої *4* (звернена до оброблюваної поверхні заготовки) і допоміжної задньої *7* (звернена до обробленої поверхні заготовки).

Головна ріжуча кромка *5* утворена перетином передньої та головної задньої повер-хонь. Допоміжна ріжуча кромка *8* утворена перетином передньої та допоміжної задньої поверхонь.

Точка перетину ріжучих кромок утворює вершину різця *6* яка може бути гострою, закругленою по радіусу ***r*** або у вигляді прямої лінії невеликої довжини.

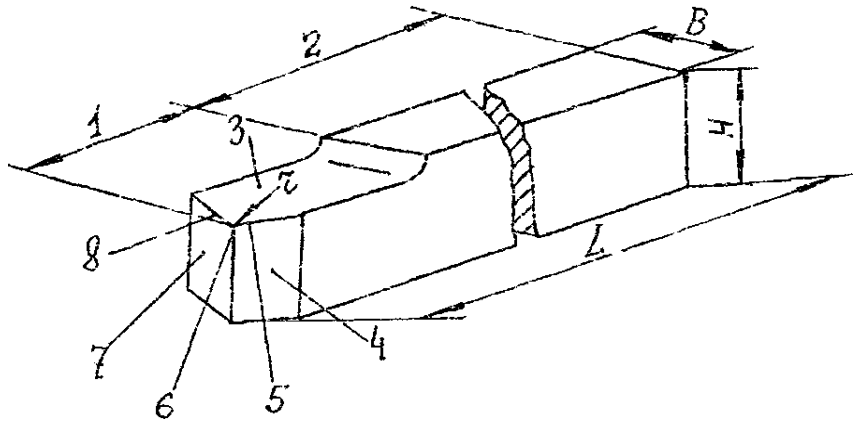


Рис.1. Конструкція токарного різця:
1 – головка, 2 – стрижень, 3 – передня поверхня,
4 – головна задня поверхня, 5 – головна ріжуча кромка,
6 – вершина, 7 – допоміжна задня поверхня,
8 – допоміжна ріжуча кромка

Передня поверхня різця може бути плоскою (рис. 2, *а*), плоскою з фаскою (рис. 2, *б*) і радіусною з фаскою (рис. 2, *в*).

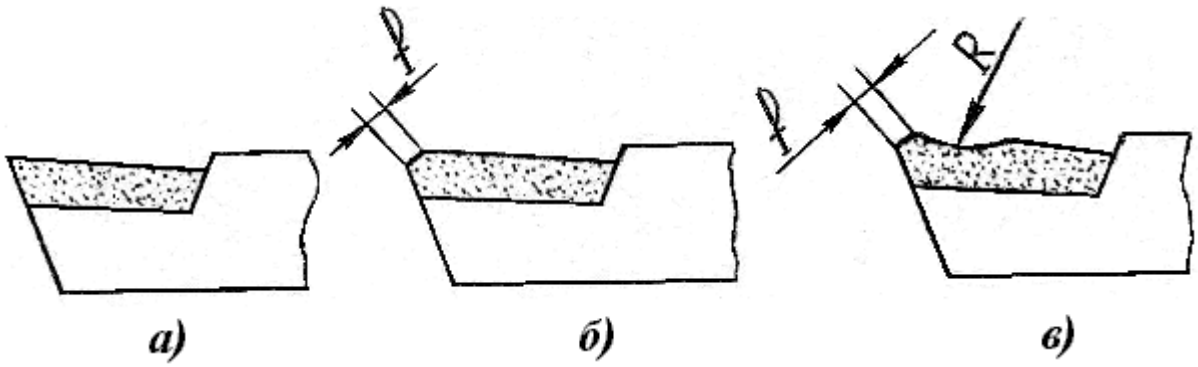


Рис. 2. Види передньої поверхні різця:
а − плоска, б − плоска з фаскою, в − радіусна з фаскою

2. Геометрія токарного різця

2.1. Координатні площини.

Для визначення кутів між елементами різця користуються координатними площинами.

Основна площина (ОП) – площина, паралельна напрямкам поздовжньої та поперечної подачі (рис. 3, *а*).

Площина різання (ПР) – проходить через головну ріжучу кромку щодо поверхні різання заготовки.

Головна січна площина – площина перпендикулярна до проекції головної ріжучої кромки на основну площину. На рисунку 3, *б* показаний слід цієї площини *NN* .

Допоміжна січна площина – площина перпендикулярна до проекції допоміжної ріжучої кромки на основну площину (N_1N_1).

На заготівлі розрізняють три поверхні (рис. 3); оброблювану *1* з якою знімається стружка; оброблену *2* отриману після зняття стружки; поверхня різання *3*, що утворюється на заготівлі безпосередньо головною ріжучою кромкою різця і є перехідною між оброб-леною та оброблюваною поверхнями.

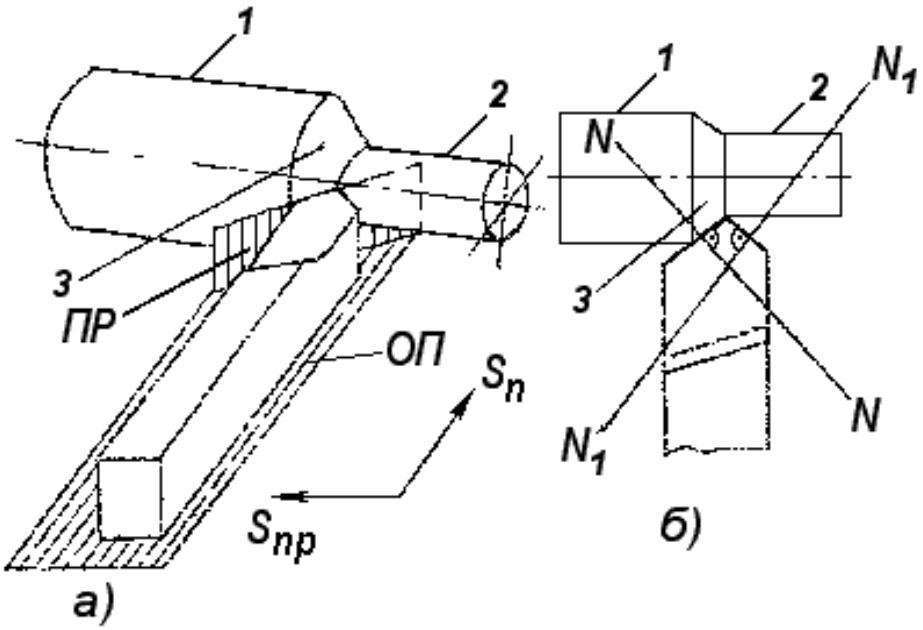


Рис. 3. Координатні площини визначення кутів різця:
ПР – площину різання; ОП – основна площина; NN − головна січна площина; N_1N_1 − допоміжна сікуча площина;
1 − оброблювана поверхня; 2 – оброблена поверхня;
3 – поверхня різання

2.2. Кути різця, що вимірюються в основній площині. (рис. 4)

f – *головний кут у плані* – кут між проекцією головної ріжучої кромки на основну площину та напрямом подачі.

f_1 – *допоміжний кут у плані* – кут між проекцією допоміжної ріжучої кромки на основну площину та напрямом подачі.

ε – *кут при вершині* – кут між проекціями ріжучих кромок на основну площину $\varepsilon = 180 - (f + f_1)$

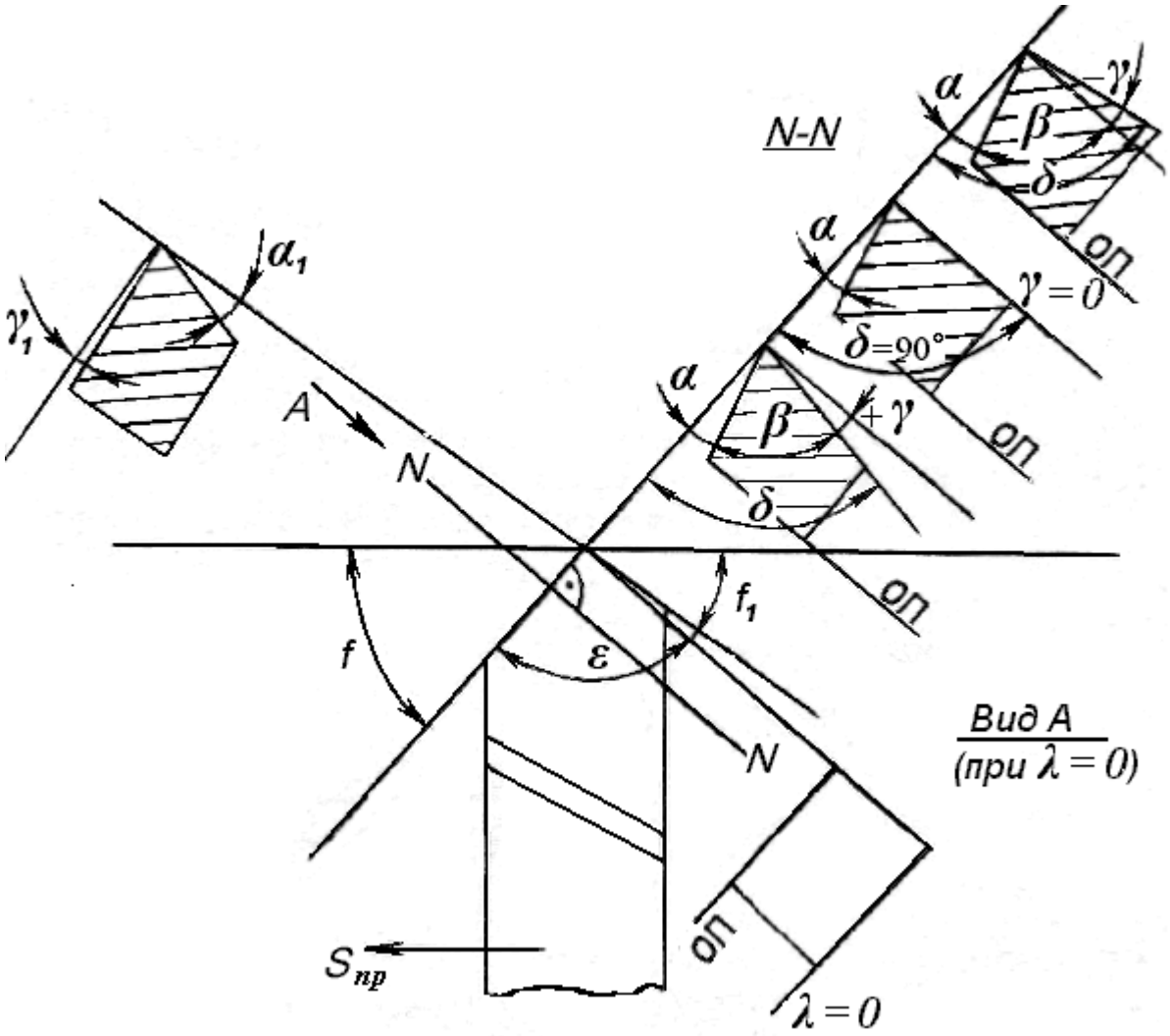


Рис. 4. Геометрія токарного різця
f – головний кут у плані; f_1 – допоміжний кут у плані;
ε − кут при вершині; α – головний задній кут; γ – γξλξβνθι οεπεδν³ι κσς; β − кут загострення; δ − кут різання;
λ – кут нахилу головної ріжучої кромки;
ОП – основна площина; NN – основна січна площина.

2.3. Кути різця, що вимірюються в головній січній площині
(рис. 4)

γ – *передній кут* – кут між слідами передньої поверхні різця та основною площиною. Може бути позитивним (+), негативним (-) і рівним нулю.

α – *задній кут* – кут між слідами площини різання та головною задньою поверхнею різця

$\delta = 90^o - \gamma$ – *кут різання* – кут між слідами площини різання та передньою поверхнею.

$\beta = 90^o - (\alpha + \gamma)$ – *кут загострення*.

Кути, що вимірюються в головній січній площині, називаються головними. Аналогічні кути вимірюються у допоміжній січні пло-щині. Вони називаються допоміжними.

Величини переднього та заднього кутів зазвичай знаходяться в межах:

$$\alpha = 6°\text{-}12°; \qquad \gamma = (+15°)\text{-}(-10°)$$

λ – кут нахилу головної ріжучої кромки; може бути позитивним, негативним та рівним нулю.

3. Класифікація токорних різців

За технологічним призначенням розрізняють різці (рис. 5):

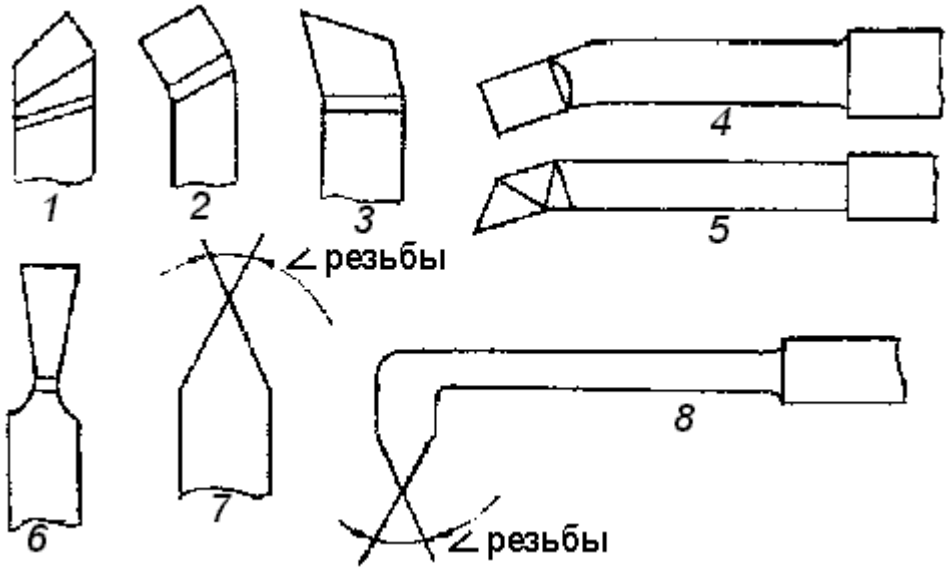


Рис. 5. Токарні різці: 1, 2 – прохідні; 3 – підрізний; 4 – розточувальний для наскрізних отворів; 5 – розточувальний для глухих отворів; 6 – відрізний; 7 – різьбовий для зовнішнього різьблення; 8 – різьбовий для внутрішнього різьблення.

прохідні (*1, 2*) для обточування зовнішніх циліндричних та конічних поверхонь; підрізні (*3*) для обточування плоских торцевих поверхонь; розточувальні (*4*) для розточування наскрізних та (*5*)

для глухих отворів; відрізні (*6*) для розрізання заготовок; різьбові для нарізу-вання зовнішніх (*7*) та внутрішніх (*8*) різьб, фасонні, галтельні та ін.

За родом матеріалу різці бувають з вуглецевої інструментальної сталі, з швидкорізальної сталі, з пластинками з твердого сплаву, з пластинками з мінералокераміки, кристалами алмазів.

Важливими характеристиками різця є його ширина, висота та довжина, які встановлюються ДСТУ на кожний вид різця (прохідний, розточувальний і т.д.).

4. Вимірювання кутів різця

Вимірювання кутів проводиться на універсальному кутомірі (рис. 6).

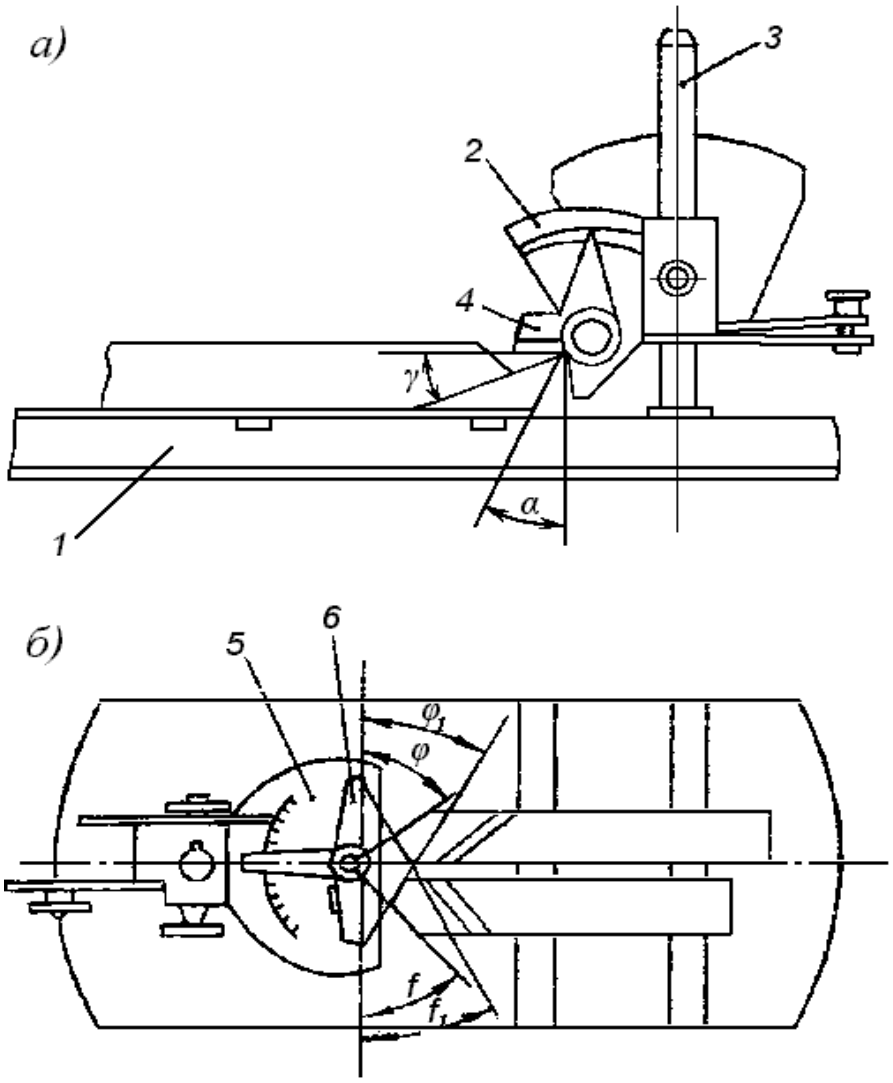


Рис. 6. Універсальний кутомір для вимірювання кутів різців: а – вимір кутів у головній січній площині; б – виміру кутів у плані

Для вимірювання переднього та заднього кутів різець встановлюється на основу (*1*) кутоміра (рис. 6, *а*) так, щоб площина вертикальної кутомірної лінійки (2) збігалася з головною січною площиною. Після цього лінійка пересувається по стійці (*3*) до повного прилягання горизонтального її ножа (*4*) з передньою поверхнею різця . У цьому відхилення покажчика лінійки вліво від нуля показує позитивне значення γ, а вправо − негативне. Вимірювання заднього кута проводиться аналогічно.

В цьому випадку вертикальний ніж лінійки доводиться до повного контакту з задньою головкою. Відлік значення α здійснюється праворуч від нуля.

Для вимірювання головного та допоміжного кутів у плані використовується горизонтальна кутомірна лінійка (*5*). Різець встановлюється так, щоб вершина його торкалась середини лінійки, а стрижень різця був би перпендикулярний лінійці (поздовжня подача) або паралельний (поперечна подача).

Кут f вимірюється поворотом покажчика (*6*) до зіткнення з головною ріжучою кромкою, а кут f_1 − допоміжною.

5. Пристрій і робота на мікроскопі УІМ-21

5.1. Загальні відомості

Універсальний вимірювальний мікроскоп УІМ-21 призначений для вимірювання лінійних та кутових розмірів різноманітних виробів у прямокутних та полярних координатах. Зокрема, на приладі можна проводити вимірювання різального інструменту: різців, фрез, свердлів, мітчиків, протяжок і т.д.

Межі вимірювань та ціна поділу відлікових пристроїв.

Межі вимірювання довжин:

у поздовжньому напрямку	200 мм
у поперечному напрямку	100 мм
межа виміру кутів	360 °
ціна найменшого поділу штрихової окулярної головки	1′

5.2. Конструкція

Універсальний вимірювальний мікроскоп складається з наступ-них основних частин: станини, поздовжньої каретки,

поперечної каретки, головного мікроскопа, колонки мікроскопа, освітлювального пристрою та штрихової окулярної головки.

Детальне вивчення мікроскопа студенти проводять під керівництвом викладача за допомогою пояснюючих малюнків − схем, - розташованих над мікроскопом.

5.3. Робота на мікроскопі. Методи виміру

Вимірювання на універсальному мікроскопі можна проводити проекційним (тіньовим) методом та методом осьового перерізу.

При вимірюванні проекційним методом у світлі, що проходить, поміщають виріб на плоский стіл або зміцнюють в центрах на шляху світлових променів, що йдуть з центрального освітлювача.

При вимірі методом осьового перерізу до виробу впритул присувають вимірювальні ножі з нанесеними на поверхні паралельно лезу ножа, тонкими рисками. Поверхня ножа з рискою визначає площину виміру. При цьому методі наведення штрихових ліній сітки проводиться не за тіньовим контуром виробу, а за риці та лезом ножа.

Методом осьового перерізу можна виміряти як плоскі, і цилінд-ричні вироби. Відлік по мікроскопах зі спіральними окулярними мікрометрами проводяться для відліку лінійних вимірювань в поз-довжньому і поперечному напрямках з точністю 0,0001 мм.

Вивчення послідовності зняття відліку проводиться під керівництвом викладача малюнком. розташованого над мікроскопом.

Відлік по мікроскопу штрихової окулярної головки проводиться при вимірі кутів з точністю до десятих хвилин.

Вивчення послідовності зняття відліку проводиться під керівни-цтвом викладача за допомогою малюнка, розташованого над мікрос-копом.

6. Контрольні питання

1. З яких двох основних частин складається різальний інструмент?
2. Яка поверхня різального інструмента називається передньою?
3. Яка поверхня різального інструмента називається задньою?
4. Які поверхні утворюють головну ріжучу кромку при своєму перетині?
5. Яка площина є основною?

6. Як проходить площина різання?

7. Як проходить головна січна площина?

8. Які поверхні розрізняють на заготівлі під час точення?

9. Які кути вимірюються в основній площині і як вони утворюються?

10. Які кути вимірюються в головній січній площині і як вони утворюються?

11. На які види класифікуються різці за технологічним призначенням?

12. Які різці бувають за родом матеріалу різальної частини?

13. Як здійснюється вимірювання кутів різців на універсальному кутомірі?

14. Призначення мікроскопа ДІМ-21.

15. Якими методами проводяться вимірювання на мікроскопі ДІМ-21?

Зміст звіту

1. Записати основні визначення та поняття пунктів: 1; 2; 3; 5.1; 5.2; 5.3.

2. Замалювати малюнки 1, 2, 3, 4.

3. Замалювати отримані контрольні різці (вид зверху).

4. Вказати назву різців.

5. Вказати положення площини різання та головної січної площини.

6. Вказати стрілками напрямок подачі.

7. Позначити кути в плані, замалювати перерізи різців і позначити кути в головній площині.

8. Виміряти α, γ, f , f_1 кутів на універсальному кутомірі, решту обчислити. Величини кутів записати до таблиці поруч із ескізами різців (таблиця 1).

9. Замалювати форму передньої поверхні різця.

10. Замалювати переріз стрижня різця, вимірявши та вказавши розміри.

11. Виміряти та вказати довжину різця.

12. За завданням викладача виміряти на мікроскопі УІМ-21 геометричні елементи контрольного ріжучого інструменту: різців, фрез, свердлів, мітчиків, протяжок та записати у довільній формі порядок зняття звітів лінійних та кутових величин.

Таблиця 1

Тип різця	f	f_1	ε	α	β	γ	δ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Визначення основних характеристик та точності токарно-гвинторізного верстата

Мета роботи:

1. Вивчення сутності геометричної точності токарно-гвинторіз-ного верстата та класифікації верстатів за рівнем точності.
2. Вивчити основні методи перевірки токарно-гвинторізного верстата на точність.
3. Ознайомитись з методикою визначення технічного стану токарно-гвинторізного верстата.

Послідовність виконання роботи:

1. Ознайомитись з інструкцією до лабораторної роботи, перевірити себе з контрольних питань.
2. Ознайомитись з п'ятьма методами перевірки токарно-гвинто-різного верстата на точність та виконати їх на верстаті із зазначенням висновку про точність верстата загалом.
3. Оформити та захистити звіт.

1. Основні поняття та визначення

Геометрична точність токарно-гвинторізного верстата визна-чається величинами похибок взаємодії окремих його вузлів і деталей, які значною мірою визначають точність деталей, що обробляються на ньому (іноді на виробництві користуються поняттям «технологічна точність», що аналогічно).

Рух інструменту та заготівлі здійснюється робочими або виконавчими органами верстата. На геометричну точність оброблюваних заготовок (характеризується допустимими відхиленнями; конусності, овальності, бочкоподібності, увігнутості зовнішніх і внутрішніх поверхонь, отворів, що свердляться та

розточуваються від централь-ної осі; перпендикулярності торців осям і т.д.) впливають:

– прямолінійність поздовжнього переміщення супорта;

– радіальне биття центруючої поверхні шпинделя під патрон;

– паралельність осі обертання шпинделя поздовжнього переміщення супорта;

– паралельність обертання шпинделя пінолі напрямку поздовжнього переміщення супорта;

– паралельність осі конічного отвору пінолі задньої бабки переміщенню супорта.

За рівнем точності металорізальні верстати поділяються на 3 класи: Н – нормальної точності (точність виготовлення деталей до 0,02 – 0,05 мм); П – підвищеної точності; В – високої точності, прецизійні (точність виготовлення деталей до 0,03 МКМ).

Перевірка точності верстата проводиться відповідно до ДСТУ «Норми точності та жорсткості токарно-гвинторізних верстатів» після виготовлення верстата на верстатобудівних заводах; після ремонту верстата; після переналагодження верстата (наприклад, після зміщення задньої бабки щодо осі центрів).

2. Основні методи перевірки токарно-гвинторізного верстата на точність

Перевірка 1. *Прямолінійність поздовжнього переміщення супорта.*

Вимірюється у вертикальній та горизонтальній площині (рис. 1). У центрах передньої та задньої бабок встановлюють оправки. На супорті закріплюють індикатор так, щоб його вимірювальний наконечник торкався верхньої образуючої циліндричної частини оправки. Супорт переміщується вручну у поздовжньому напрямку вздовж усієї циліндричної ділянки оправки. Величину відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показань індикатора і за табл. 1 визначають клас точності.

Таблиця 1

Клас точн. верстат	Найбільша відстань між центрами, мм						
	менше 125	125-200	200-320	320-500	500-800	800-1250	1250-2000

	Допуск, мкм						
Н	10	12	16	20	25	30	40
П	6	8	10	12	16	20	25
В	4	5	6	8	10	12	16

Перевірка 2. *Радіальне биття центруючої поверхні шпинделя під патрон* (рис. 2). На станині або супорті зміцнюють індикатор так, щоб його наконечник торкався поверхні, що перевіряється і був направлений до її осі перпендикулярно образуючої. Шпиндель приво-дять у обертання від руки за його лівий кінець з протилежного боку передньої бабки. Шпиндель повинен зробити 2-3 обороти. Величину відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показань індикатора і за табл. 2 визначають клас точності.

Таблиця 2

Клас точн. верстата	Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм				
	менше 250	250-800	800-1600	1600-3200	3200-6300
	Допуск, мкм				
Н	8	10	16	25	40
П	5	7	10	-	-
В	3	5	-	-	-

Перевірка 3. *Паралельність осі обертання шпинделя поздовж-нього переміщення супорта* (рис. 3) (перевіряється у горизонтальній та вертикальній площинах). В отвір шпинделя вставляють оправку. Індикатор встановлюють на супорті так, щоб його вимірювальний наконечник торкався циліндричної поверхні оправки і був направ-лений до осі, що перпендикулярна образуючій. Супорт переміщають вручну в поздовжньому напрямку на довжину L. Відхилення визна-чають як найбільшу алгебраїчну різницю показань індикатора і по табл. 3 визначають клас точності.

Таблиця 3

Клас точн. верстат	Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм					
	менше 250	250-400	400-800	800-1600	1600-3200	3200-6300

	Допуск, мкм											
Н	12	L = 150 мм	16	L = 200 мм	20	L = 300 мм	35	L = 300 мм	40	L = 300 мм	40	L = 300 мм
П	10		10		12		20		–		–	
В	6		8		–		–		–		–	

Перевірка 4. *Паралельність переміщення пінолі відносно до напряму поздовжнього переміщення супорта* (рис. 4). Задню бабку закріплюють на станині у правій її частині. Піноль всувають у задню бабку до позначки «40» і затискають. На супорті - встановлюють індикатор так, щоб його наконечник торкався поверхні пінолі і був спрямований до її осі, що перпендикулярна до образуючої, і фіксують показання індикатора. Потім піноль висувають на довжину L, і знову затискають, а супорт переміщують так, щоб наконечник індикатора торкнувся пінолі в тій же точці, що при початковій установці. Похибку визначають як найбільшу величину алгебраїчної різниці показань індикатора у двох положеннях пінолі та супорту та за табл. 4 визначають клас точності.

Таблиця 4

Клас точн. верстата	Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм											
	до 250		250-400		400-800		800-1600		1600-3200		3200-6300	
	Допуск, мкм											
Н	5	L = 30 мм	8	L = 50 мм	12	L = 100 мм	16	L = 100 мм	20	L = 300 мм	30	L = 300 мм
П	4		6		6		8		–		–	
В	3		4		4		–		–		–	

Перевірка 5 . *Паралельність осі конічного отвору пінолі задньої бабки переміщенню супорта* (рис. 5). Задню бабку встановлюють при перевірці 4. В отвір пінолі вставляють контрольну оправку. На супорті встановлюють індикатор так, щоб його наконечник торкався циліндричної поверхні оправлення і був спрямований до осі, що перпендикулярна образуючій. Супорт переміщують у поздовжньому напрямку на довжину L. Похибку визначають як найбільшу алгебраїчну різницю показань індикатора у двох положеннях супорта і по таблиці 5 визначають клас точності.

Таблиця 5

Клас точн. верстата	Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм					
	до 250	250-400	400-800	800-1600	1600-3200	3200-6300
	Допуск, мкм					
Н	16	20	30	40	50	60
П	12	16	20	30	–	–
В	10	12	–	–	–	–
	L = 150 мм	L = 200 мм	L = 300 мм	L = 300 мм	L = 300 мм	L = 300 мм

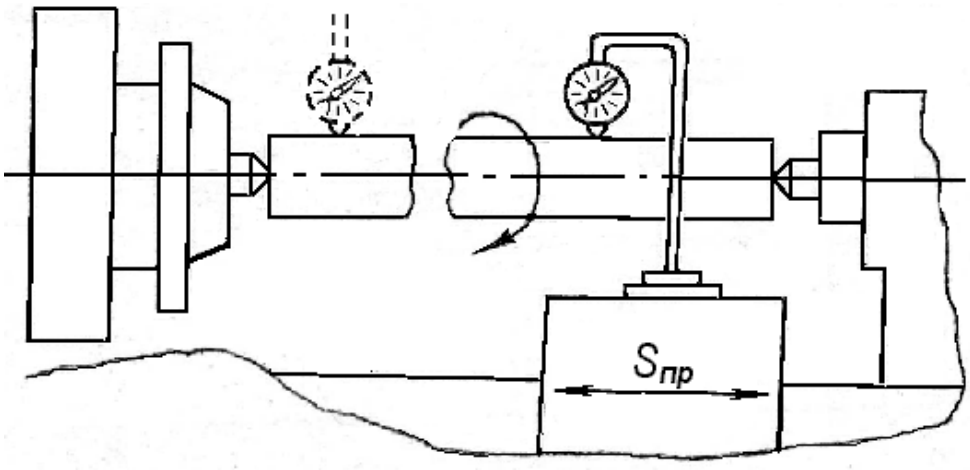


Рис. 1. Перевірка прямолінійності поздовжнього переміщення супорта

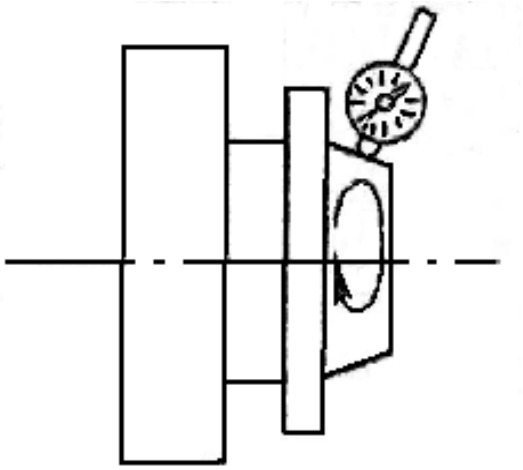


Рис. 2. Перевірка радіального биття центруючої поверхні шпинделя під патрон

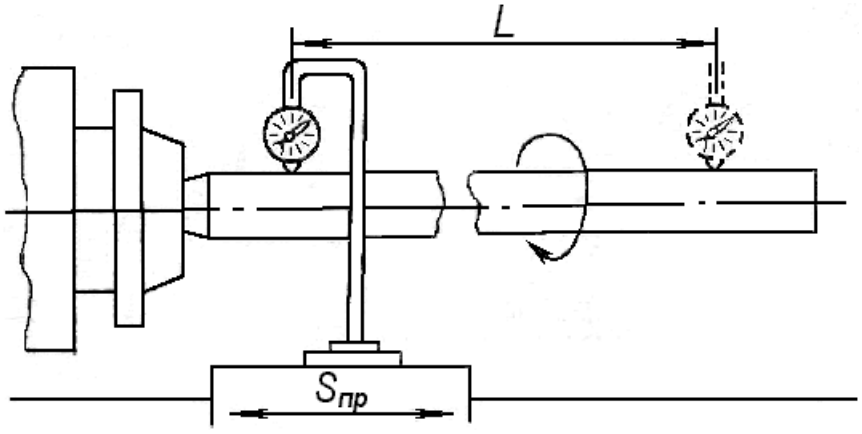


Рис. 3. Перевірка паралельності осі обертання шпинделя поздовжнього переміщення супорта

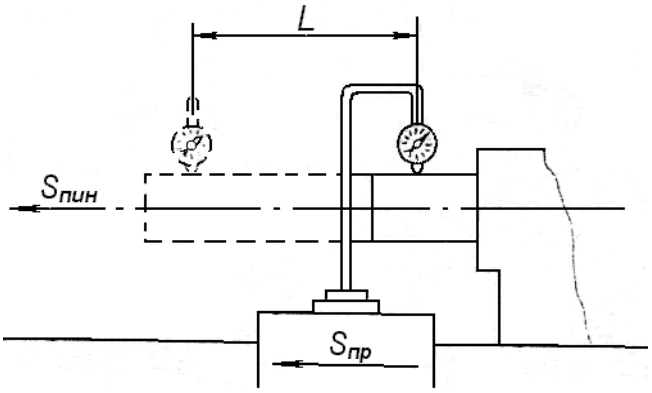


Рис. 4. Перевірка паралельності переміщення пінолі напрямку поздовжнього переміщення супорта

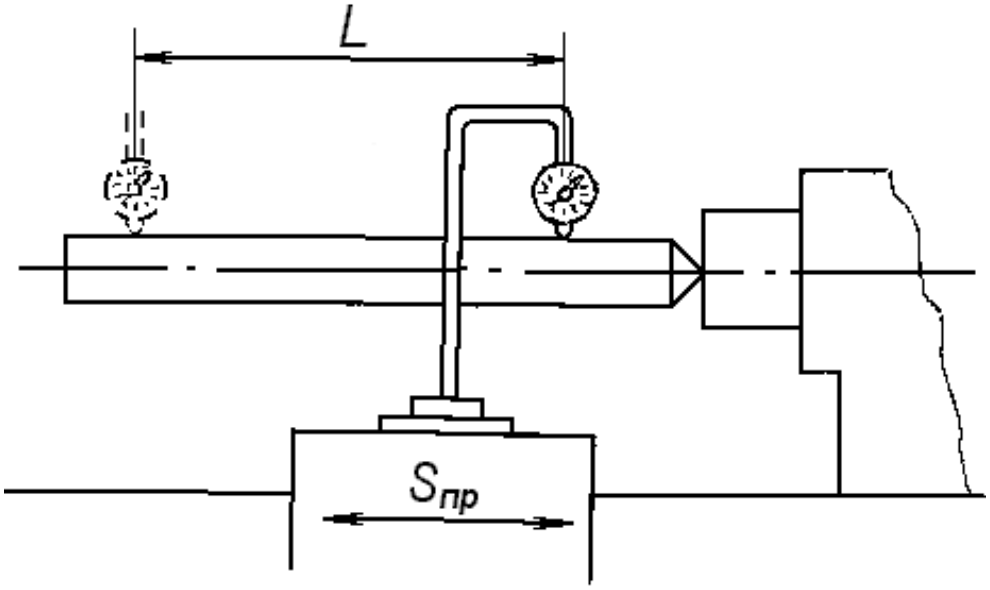


Рис. 5. Перевірка паралельності осі конічного отвору пінолі задньої бабки переміщенню супорта

3. Контрольні питання

1. Чим визначається геометрична точність токарно-гвинторізного верстата?
2. Якими допустимими відхиленнями характеризується геометри-чна точність оброблюваних заготовок?
3. Не які класи діляться металорізальні верстати за ступенем - точності?
4. Який документ регламентує перевірку точності верстата?
5. У яких випадках здійснюється перевірка точності верстата?
6. Як здійснюється перевірка прямолінійності поздовжнього пере-міщення супорта?
7. Як здійснюється перевірка радіального биття центруючої поверхні шпинделя під патрон?
8. Як проводиться перевірка паралельності осі обертання шпин-деля поздовжнього переміщення супорта?
9. Як здійснюється перевірка паралельності переміщення пінолі напрямку поздовжнього переміщення супорта?
10. Як проводиться перевірка паралельності осі конічного отвору пінолі задньої бабки переміщенню супорта?

4. Зміст звіту

1. Записати основні визначення пунктів 1 та 2.
2. Замалювати малюнки 1-5.
3. Записати марку (модель) випробуваного верстата.
4. Визначити висоту центрів над станиною та супортом.
5. Вказати найбільший діаметр заготовки, що встановлюється над станиною та над супортом.
6. Визначити найбільшу відстань між центрами.
7. Вказати межі швидкостей обертання шпинделя від − до.
8. Визначити знаменник ряду геометричної прогресії чисел оборотів шпинделя верстату за формулою:

$$\varphi = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$

для кількох значень ***i*** порівняти його зі стандартними значеннями, зазначеними нижче:

φ	1,06	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	2,0
Δ V , %	5	10	20	30	40	45	60

(Таке співвідношення між сусідніми ступенями чисел оборотів шпинделя забезпечує рівномірну зміну швидкості різання V).

9. Виконати перевірки 1-5, і показати клас точності станка по кожній перевірці. 10.

10. Зробити висновок про точність станка в цілому (за найнижчим класом), із занесенням даних до таблиці:

Найменування перевірки	Покази індикатора в МКМ	Клас точності верстата
1 2 3 4 5		

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Розрахунок режимів різання при точенні

Мета роботи:

Вивчення методик визначення режимів різання при токарній обробці.

Послідовність виконання роботи:

1. Ознайомитись з інструкцією до лабораторної роботи, перевірити себе з контрольних питань.

2. Ознайомитися з вихідними даними щодо оброблюваної деталі та обладнання, що використовується.

3. Вибрати інструмент та визначити його характеристики: мате-ріал різальної частини, розміри та кути.

4. Встановити глибину різання t , мм та число проходів різця l .

5. Визначити величину подачі S , мм/про.

6. Визначити нормативну швидкість різання V, м/хв і відповідне їй число оборотів шпинделя n об/хв.

7. Визначити потужність різання $N_{рез}$, КВт, попередньо визначивши силу різання P_z , Н.

8. Перевірити можливість здійснення вибраного режиму різання на вибраному верстаті за його експлуатаційними даними.

9. Визначити потрібний основний (машинний) час T_o, хв, при точенні заданої деталі.

1. Загальні відомості

Призначення раціонального режиму різання полягає головним чином у виборі найбільш вигідного поєднання швидкості різання V і подачі S , що забезпечують в даних умовах, з урахуванням доцільного використання ріжучих властивостей інструменту та можливостей обладнання, найбільшу продуктивність праці та найменшу вартість обробки. При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип та розміри інструменту, матеріал його різа-льної частини, матеріал та стан поверхні заготовки, тип та стан обладнання. Залежно від габаритів оброблюваної деталі (діаметр і довжина) вибирається марка верстата, на якому проводитиметься – обробка (глава 1 – технічні характеристики токарних верстатів, таблиці 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 с.). 7-19*;

За завданням викладача можуть бути використані токарно-гвинторізні верстати 16К20 та 16К2ОП, технічні характеристики яких зазначені у додатку.

Основні технічні характеристики верстата, що використо-вуються у розрахунку: потужність приводного електродвигуна, ряди чисел обертів та подач.

Після безпосереднього ознайомлення з вихідними даними, що характеризують оброблювану деталь та обране обладнання, необ-хідно намалювати схему обробки та інструменту, нанести позначення елементів режиму різання та кутів різця та приступити до розрахунку режимів різання у порядку, зазначеному нижче.

2. Вибір інструменту та визначення його характеристик

По виду виконуваної роботи обирається вид різця (прохідний, підрізний, відрізний розточувальний і т.д.).

Марка інструментального матеріалу обирається залежно від виду оброблюваного матеріалу, характеру та умов його обробки

(Швидкорізальні сталі – таблиця 2, с. 115-116; тверді сплави – таблиця 3, с. 116-118).

Геометрія різальної частини та розміри різців зі швидкорізальної сталі та оснащених пластинами з твердого сплаву згідно з ГОСТ визначаються за таблицями довідника.

Прохідні різці – табл. 4,5, с. 119-120; табл. 23, с. 128-129; табл. 25, с. 129-130; табл. 27, 28 с. 131-132.

Прохідні упорні різці – табл. 6,7, с.120.

Відрізні різці – табл. 10,11, с. 121-122.

Підрізні різці – табл. 8, с. 121; табл. 29, с.133.

Розточувальні різці − табл. 13-17, с. 123-126; табл. 24, с. 129; табл. 30, 32, 33, с. 133-134.

Різці із лезами з композиту – табл. 34-39, с. 134-136*

---

* Див: Довідник технолога-машинобудівника. Т.2 / За ред. А.Г. Косилової, Р.К. Мещерякова. – М.: Машинобудування, 1988, 496 с.

3. Визначення глубини різання та числа проходів інструменту

При чорновому точенні та відсутності обмежень за потужністю обладнання, жорсткості системи СНІД (верстат – пристосування – інструмент – деталь) глибина різання t, мм приймається рівною припуску на обробку (залежно від методу отримання заготівлі та її розмірів припуск h, мм може бути від 2 до 8 мм.

При чистовому точенні припуск зрізається за два і більше проходи. При параметрі шорсткості обробленої поверхні

R_a = 3,2 мкм, не більше t = 0,5 ÷ 2,0 мм;
$R_a \geq$ 0,8 мкм, t = 01 ÷ 04 мм.

При відрізанні та проточуванні канавок глибиною різання є ширина відрізного різця, яка визначається залежно від діаметра оброблюваної поверхні за формулою:

$$b = 0{,}6 \cdot d^{\,0{,}5}$$

При нарізанні різьби різцями глибиною різання є поперечна подача.

4. Визначення подачі інструменту

Основними факторами, що обмежують величину подачі S мм/об є:

а) необхідні шорсткість поверхні та точність обробки;

б) експлуатаційні дані верстата;

в) міцність інструменту;

г) жорсткість системи СНІДу.

При чорновому точенні подача приймається максимально допустимою за потужністю обладнання, жорсткістю системи СНІД, міцністю ріжучої пластини та міцністю державки. Рекомендовані подачі при зовнішньому чорновому точенні наведені в табл. 11, с. 266, а при чорновому розточуванні – табл. 12, с. 267.

Максимальні величини подач при точенні сталі та чавуну, що допускаються міцністю пластини з твердого сплаву, наведені в табл. 13, с. 268.

*Див. Довідник технолога-машинобудівника. Том 2/ За редакцією А.Г. Косілової, Р.К. Мещерякова. – М., Машинобудування, 1988, 496с.

Подачі при чистовому точенні вибирають в залежності від необхідних параметрів шорсткості обробленої поверхні та радіусу при вершині різця r мм (табл.14, с. 268).

При прорізанні пазів і відрізанні величина поперечної подачі залежить від властивостей матеріалу, що обробляється, розмірів паза і діаметра обробки (табл. 15, с. 268).

Рекомендовані подачі при фасонному точенні наведено у табл. 16, с. 269.

Після вибору величини подачі з довідника вона коригується за кінематичними даними верстата, у якому вестиметься обробка (береться найближча менша), тобто, по $S_{\text{табл}}$ визначається S_{cm} (дійсна подача, що включається на верстаті).

5. Визначення швидкості різання і числа оборотів шпинделя

Швидкість різання V, м/хв:

- при зовнішньому поздовжньому та поперечному точенні та розточуванні розраховують за емпіричною формулою

$$V_p = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_{cm}^y} \cdot K_V;$$

- при відрізанні, прорізанні та фасонному точенні – за формулою

$$V_p = \frac{C_V}{T^m \cdot S_{cm}^y} \cdot K_V;$$

середнє значення стійкості T, хв (період роботи інструменту до затуплення) для швидкорізальної сталі та твердого сплаву при одноінструментальній обробці – 30-60 хв.

Значення коефіцієнта C_V, що характеризує оброблюваний матеріал та умови обробки, показників ступеня x, y, m наведені в табл. 17, с. 269-270.

Коефіцієнт K_V є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{MV} (табл. 1-4, с. 261-263), стану поверхні заготовки $K_{ПV}$ (табл. 5, с. 263), матеріалу інструменту K_{IV} (табл. 6, с. 263)

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV}$$

Розрахувавши нормативну швидкість різання V_p визначають число обертів шпинделя n_p, об/хв верстата за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_з},$$

де $D_З$ – діаметр обробки в мм.

Підраховане число оборотів шпинделя коригується за кількістю оборотів на верстаті (береться найближче менше або більше, якщо воно не перевищує 5 %). За дійсним числом оборотів $n_{ст}$ підрахо-вується фактична швидкість різання $V_ф$, м/хв.

$$V_ф = \frac{\pi \cdot D_з \cdot n_{ст}}{1000}.$$

6. Визначення потужності різання

Потужність різання $N_{рез}$, кВт, що витрачається на різання, розраховують за формулою

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_ф}{1020 \cdot 60},$$

де P_z, Н − тангенціальна (головна) складова сили різання.

При зовнішньому поздовжньому та поперечному точенні, розточуванні, відрізанні, прорізанні пазів і фасонному точенні цю складову розраховують за формулою

$$P_z = 10\, C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Постійна C_p і показники ступеня x, y, n для конкретних (розрахункових) умов обробки наведені у табл. 22 с. 273-274.

Поправочний коефіцієнт K_p являє собою добуток ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання

$$K_p = K_{мр} \cdot K_{fp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$$

де $K_{мр}$ − враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається за табл. 9, 10 с. 264-265.

K_{fp}, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} − враховують вплив геометричних параметрів різальної частини, визначаються за табл. 23 с. 275,

Отримана потужність різання повинна бути меншою або, в крайньому випадку, дорівнює потужності верстата, що розташову-ється, на шпинделі $N_{шп}$, кВт

$$N_{рез} \le N_{шп};\ N_{шп} = N_{ед} \cdot \eta_{ст},$$

де $N_{ед}$ − потужність приводного електродвигуна даного верстата;

$\eta_{ст}$ − кпд верстата (з паспортних даних верстата).

Якщо ж виявиться, що потужності електродвигуна даного верстата, у якому повинна проводитися обробка, бракує, тобто. $N_{рез} > N_{шп}$, необхідно зменшити фактичну швидкість різання і відкоригувати фактичне число обертів шпинделя.

У деяких випадках (важчі умови роботи) при чорновій обробці призначена величина подачі $S_{ст}$ обов'язково перевіряється за міцністю деталей механізму подачі верстата, по міцності та жорсткості інстру-менту, жорсткості заготовки та міцності деталей механізму головного двигуна.

7. Визначення основного часу

Основний (машинний) час T_o, хв, тобто час, протягом якого відбувається зняття металу з заготівлі, визначається за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{cm} \cdot S_{cm}},$$

де L – розрахункова довжина робочого ходу різця, мм;

h – припуск на бік, мм;

i – число робочих ходів, $i = h / t$;

n_{cm} – число оборотів, об / хв;

S_{cm} – подача, мм/об.

Розрахункова довжина проходу різця визначають за формулою

$$L = l + l_1 + l_2 \,(\text{мм})$$

де l – довжина поверхні, що обробляється;

l_1 – величина врізання різця.

$$l_1 = t \cdot \operatorname{ctg} f + (0{,}5 - 2),$$

де t – глибина різання; мм;

f – головний кут у плані різця;

l_2 – величина перебігу різця, що дорівнює 1-5 мм.

8. Контрольні питання

1. Яка мета призначення оптимального режиму різання?
2. Як підбирається марка верстата для обробки деталей?
3. Від яких чинників залежить вибір марки інструментального матеріалу?
4. Які геометричні параметри різців вказані у таблицях ДСТУ?
5. Від чого залежить вибір величини глибини різання?
6. Від яких чинників залежить вибір подачі інструменту?
7. Від яких чинників залежить розрахунок величини швидкості різання?
8. За якими показниками здійснюється розрахунок тангенційної складової сили різання?

9. Як перевірити можливість здійснення обраного режиму різання на заданому верстаті за його експлуатаційними даними?

10. За якими параметрами проводиться розрахунок основного часу при точенні?

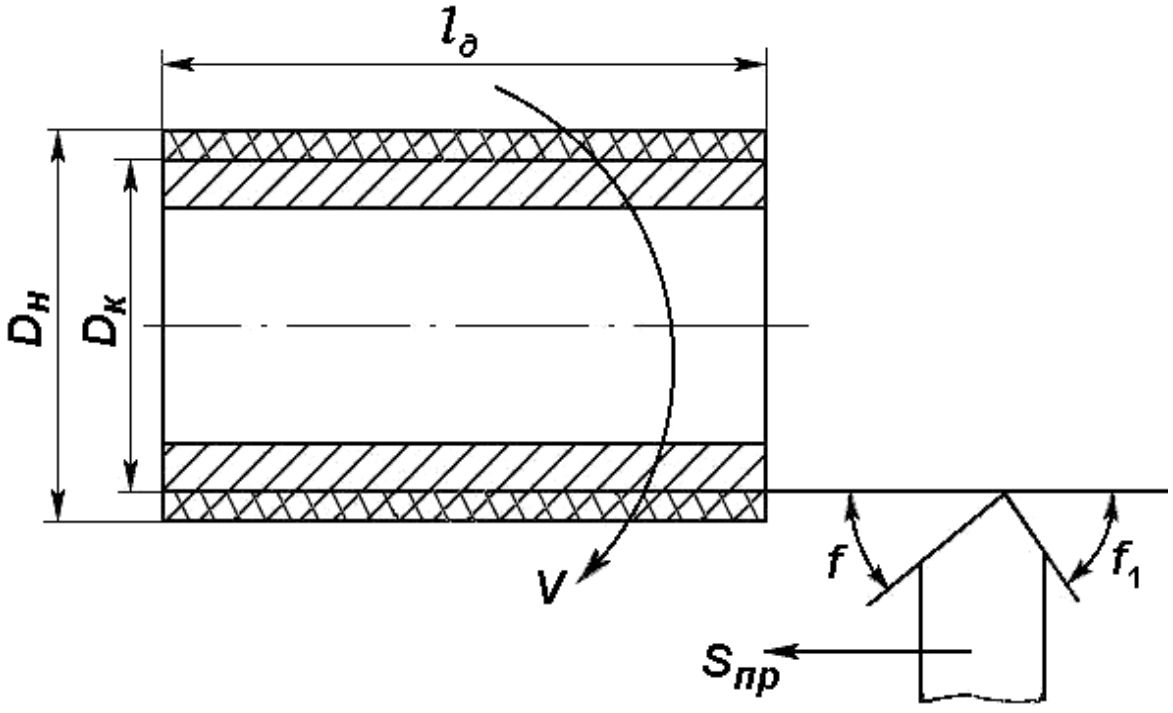
9. Зміст звіту

1. Вихідні дані. Варіант завдання – №

1. Деталь −
2. Матеріал деталі –
3. Метод отримання заготівлі –
4. Характеристика матеріалу: НВ = $\sigma_в$ =
5. Розміри заготівлі –
6. Зміст переходів –
7. Інструмент –
8. Марка верстата, що використовується
9. Потужність провідного електродвигуна верстата − $N_{ед}$ =
10. ККД верстата − $\eta_{ст}$ =

2. Схема обробки

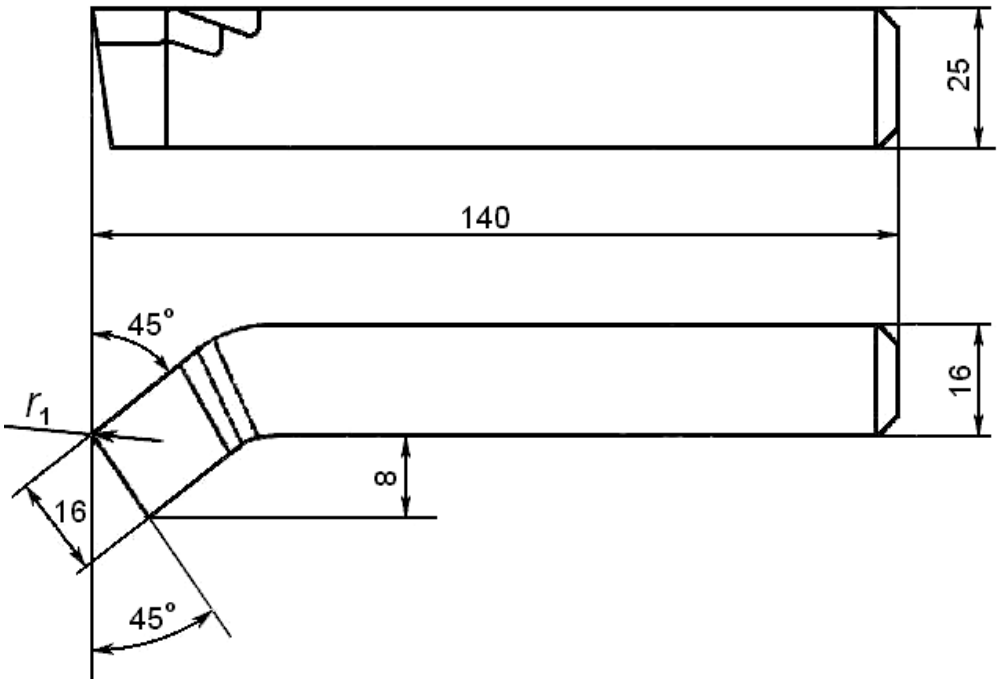
(Показана на прикладі обточування втулки)



3. Вибір інструменту та визначення його характеристик

Марка інструментального матеріалу – (табл. №2 на с.115-118)

Ескіз інструменту (показаний на прикладі прохідного різця за ДСТУ) (табл. №4 на с.119)



4. Визначення елементів режиму різання та потужності різання проводиться та описується в наступному порядку:

$$t \rightarrow i \rightarrow S_{табл} \rightarrow S_{ст} \rightarrow V_p \rightarrow n_p \rightarrow V \rightarrow P_z \rightarrow N_{рез}$$

Перевірка: $N_{рез} << N_{шп}$

5. Визначення основного часу проводиться згідно з п.7 методичних вказівок до цієї лабораторної роботи.

ПРИМІТКА: Порядок вибору всіх елементів режиму різання t, $S_{ст}$, $V_ф$ і $N_{рез}$ повинен бути описаний у протоколі із зазначенням використаних формул, поправочних коефіцієнтів та посилань на таблиці довідника.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Джерела живлення зварювальної дуги

Мета роботи:

- вивчити сутність процесів дугового зварювання.
- вивчити будову та роботу джерел живлення зварювальної дуги.

Послідовність виконання роботи:

- ознайомитись з інструкцією до лабораторної роботи, перевіривши себе з контрольних питань;
- ознайомитися з пристроєм джерел живлення та способами регулювання зварювального струму;
- разом з викладачем зняти показники величини зварювального струму та напруги заданого джерела живлення;
- оформити та захистити звіт.

1. Загальні відомості

Сутність процесу дугового зварювання полягає в тому, що нагрівання основного і присадкового металу до розплавленого стану здійснюється теплом електричної дуги, що виникає між не плавким або металевим плавким електродом і виробом, що зварюється. Дугове зварювання має широке поширення у промисловому виробництві.

Розрізняють дугове зварювання:

а) способом. Бенардоса − вугільний або вольфрамовий електрод (рис.1,а). Ванна рідкого металу виходить за рахунок розплавлення присадного прутка та основного металу;

б) електродом, що плавиться, за методом Слов'янова. Електрод плавиться і разом із основним металом утворює ванну рідкого металу. Це найпоширеніший спосіб (рис. 1,б).

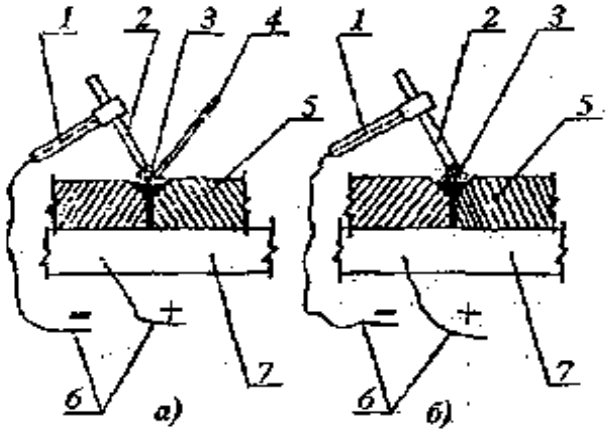


Рис. 1. Схема ручного дугового зварювання:
а) методом Бенардоса; б) методом Слов'янова:
1−електродотримач; 2 − електрод; 3 – електрична дуга;
4 − присадковий матеріал; 5 − деталь, що зварюється;
6 − гнучкий дріт; 7− стенд

Дугове зварювання здійснюється змінним та постійним струмом. Під час застосування останнього розрізняють зварювання прямої та зворотної полярності. У першому випадку електрод підключається до негативного полюса і служить катодом (позитивний полюс підключають до зварювальної деталі або зварювального столу). У другий випадок підключення здійснюються навпаки, і електрод служить анодом.

Для живлення електричної дуги необхідні джерела живлення, які перетворюють параметри мережної напруги $\mathbf{U}_С$ та струму $\mathbf{I}_С$ у параметри напруги дуги $\mathbf{U}_д$ та зварювального струму $\mathbf{I}_д$.

2. Класифікація джерел живлення зварювальної дуги

Джерела живлення поділяються на дві групи, які різняться за родом зварювального струму, що виробляється:

1) джерела живлення змінного струму;
2) джерела живлення постійного струму

Джерелами живлення змінного струму є зварювальні трансформатори.

Джерелами живлення постійного струму можуть бути або зварювальні генератори постійного струму або випрямлячі.

Приводом зварювального генератора може бути електродвигун або двигун внутрішнього згоряння. Зварювальний генератор в блоці з електромотором називається зварювальним перетворювачем, а в блоці з ДВЗ − зварювальним агрегатом.

3. Технічні характеристики

До основних технічних характеристик джерел живлення належать:

- напруга холостого ходу;
- зовнішні характеристики;
- межі регулювання;
- номінальний зварювальний струм.

Напругою холостого ходу **(U_{xx})** називається напруга на вихідних клемах джерела живлення при відключеному навантаженні (при розімкнутому зварювальному ланцюзі).

Чим вище U_{xx} тим легше збудити зварювальну дугу. Але величина U_{xx} має бути безпечною для зварювальника. Крім того, збільшення U_{xx} веде за собою підвищення потужності, габаритів та маси джерел живлення.

Оптимальна величина U_{xx} лежить у межах 60-90 В. У джерел живлення для ручного дугового зварювання електродами U_{xx} = 60-70В. У джерел живлення, призначених для автоматичного та напівавтоматичного зварювання в інертних газах U_{xx} = 70-90 В.

Зовнішньою характеристикою джерела живлення називається залежність напруги на затискачах, до яких приєднуються зварювальні дроти, від струму, який проходить у ланцюзі при змінному навантаженні. Зазвичай зовнішні характеристики видаються графічно (рис. 2).

Зовнішні характеристики можуть бути падаючими та жорсткими. Якщо на падаючій характеристиці зі зростанням струму напруга падає різко, тоді її називають ***крутопадаючою (3)***, якщо напруга падає плавно − характеристика ***пологопадаюча (2)***. Якщо величина напруги не залежить від струму − характеристика називається ***жорсткою (1).***

Коли струм дорівнює нулю, тобто при розімкнутому ланцюзі, напруга дорівнює U_{xx}. Струм досягає свого максимального значення при напрузі рівному нулю ($I_{КЗ}$).

Джерела живлення з *крутопадаючою* характеристикою є опти-мальними для ручного дугового зварювання покритими електродами, що плавляться, і для зварювання неплавкими електродами в захисних газах.

Джерела живлення з *пологопадаючими* характеристиками є

оптимальними для напівавтоматичного та автоматичного зварювання під флюсом.

Джерела живлення з *жорсткими* характеристиками використо-вуються для напівавтоматичного та автоматичного зварювання в захисних газах, а також для зварювання під флюсом тонким дротом діаметром до 2,5 мм.

При горінні зварювальної дуги точка, яка пов'язує напругу на дузі та зварювальний струм, лежить на зовнішній характеристиці джерела живлення **($U_д$, $I_{св}$)**

При зміні довжини дуги змінюється і напруга на дузі. Коли довжина дуги збільшується, збільшується напруга на дузі ($U_д$), а зварювальний струм зменшується і, навпаки, коли довжина дуги зменшується, напруга зменшується на дузі, а струм збільшується (рис. 3).

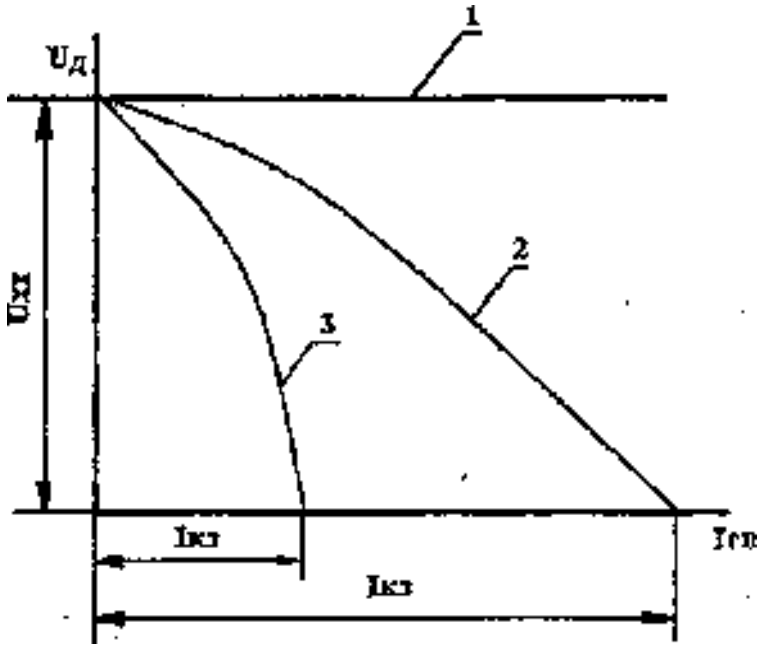


Рис. 2. Види зовнішніх характеристик:
1 − жорстка; 2 − пологопадаюча; 3 − крутопадаюча

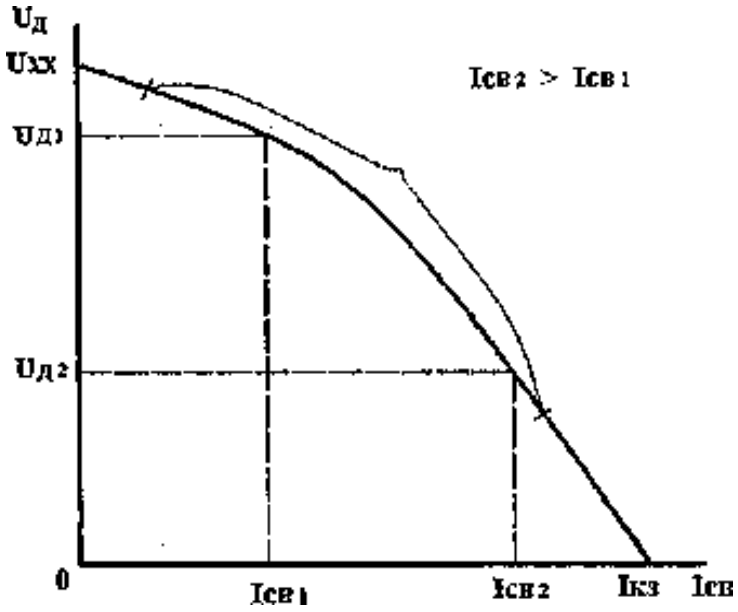


Рис. 3. Зміна величини зварювального струму за допомогою регулювальних пристроїв

Збільшення струму здійснюють зі збільшенням товщини зварю-вальних елементів, тому джерела живлення повинні мати регулю-вальний пристрій для зміни величини зварювального струму.

Межа регулювання зварювального струму залежить від призна-чення джерел живлення. Джерело живлення, призначене для ручного дугового зварювання, має межу регулювання приблизно від 80 до 400 А, для напівавтоматичного зварювання під флюсом − від 200 до 600 А, для автоматичного зварювання під флюсом − від 300 до 1200 А.

Номінальним зварювальним струмом **($I_{ном}$),** називається гра-ничний струм, допустимий за певного режиму роботи джерела живлення.

Режим роботи джерела живлення може бути короткочасним, уривчастим або безперервним. Кількісно режим роботи характери-зується показником **ТР** ***(тривалість роботи)*** або **ТВ** ***(тривалість включення)***. **ТР** і **ТВ** − величини, які являють собою відношення часу зварювання до часу циклу, тобто до загального часу зварювання і паузи, необхідної для заміни електрода і для підготовки до накладання чергового шва:

$$ТР = \frac{t_{зд}}{t_{ц}} \times 100\%,$$

де $t_{ц}$ − час циклу (умовний час, який приймається при розрахунку

джерела живлення, що дорівнює п'яти хвилинам для ручного дугового зварювання та десяти хвилинам для напівавтоматичного та автоматичного зварювання);

$\mathbf{t_{гд}}$ − час горіння дуги в продовж встановленого циклу. Наприклад, якщо **ТР** для джерела живлення, призначеного для ручного дугового зварювання, дорівнює 50%, це означає, що протягом п'яти хвилин процесу зварювання дуга горить дві з половиною хвилини. Якщо **ТР** =100 %, це означає, що дуга горить безперервно, повний цикл.

Розмір **ТР** відноситься до джерел живлення, які не відключаються на час паузи, протягом якої джерело живлення працює на холостому ході. Величиною **ТВ** характеризують повторно-короткочасний режим роботи джерела живлення, яке відключається на час паузи від мережі. До таких джерел живлення відносяться зварювальні трансформатори та випрямлячі для механізованих способів зварю-вання.

Перевищення номінального струму при постійному режимі роботи веде до перегріву джерела живлення та, при систематичних перегрівах, до аварійного стану і виведення його з ладу.

Для визначення номінального струму при відмінному від даного в паспорті режиму або для визначення безпечного для джерела живлення режиму роботи за певного значення зварювального струму користуються наступною залежністю:

$$\mathbf{I_2 = I_1 \times \left(\frac{Тр_1}{Тр_2} \right)^{0,5}},$$

де $\mathbf{I_1}$ − номінальний струм для режиму $\mathbf{Тр_1}$;

$\mathbf{I_2}$ − номінальний струм для режиму $\mathbf{Тр_2}$

Приклад. Дано $\mathbf{I_1}$ = 1000 А при $\mathbf{Тр_1}$ = 60 %, а потрібно здійснювати безперервне зварювання, тобто при $\mathbf{Тр_2}$ = 100 %. Який струм буде номінальним для такого режиму?

Розрахунок:

$$\mathbf{I_2 = 1000 * (60/100)^{0,5} = 780\ А.}$$

4. Види джерел

Трансформатори;
Випрямлячі;
Перетворювачі;
Інвертори.

Окремо стоять генератори, так звані агрегати. Ці машини − не вторинні, а первинні джерела енергії, вони не перетворюють у той чи інший спосіб живлення від міської або промислової мережі, а виробляють його самі.

5. Джерела живлення змінного струму (alternating current)

Зварювальний трансформатор змінного струму (АС) це най-простіший тип зварювального апарату, який використовується і в сучасний час. Основою йому служить дросель − реактивна котушка індуктивності.

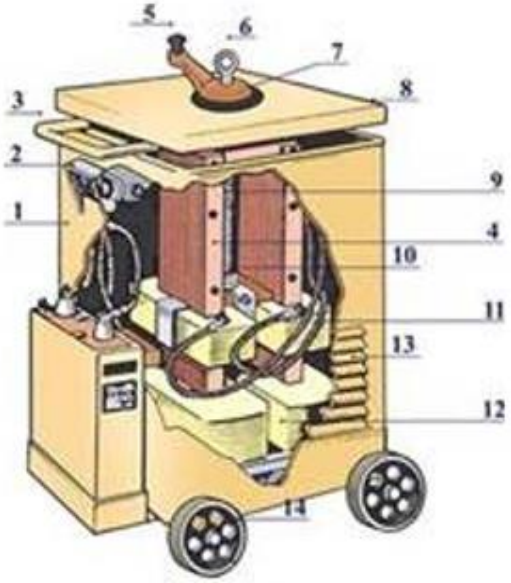
Простий понижувальний трансформатор знижує вольтаж мережі до величини холостого ходу − 60...80 В. Надалі під час роботи під-тримується напруга зварювання в 20 В. В якості прикладу розглянемо найпоширеніший тип ТС-300.

Зварювальний трансформатор ТС-300

Трансформатор призначений для ручного дугового зварювання (рис. 4). Первинна обмотка **12** і вторинна обмотка **11** виконані у вигляді двох котушок, розташованих навколо стрижнів сердечника **4** трансформатора. Котушки первинної обмотки **12** нерухомо закріплені біля нижнього ярма сердечника, котушки вторинної обмотки **11** можна переміщати стрижнями сердечника **9** вгору і вниз, змінюючи відстань між котушками первинної і вторинної обмоток. Перемі-щують вторинну обмотку за допомогою гвинтового механізму **7**. Ходова гайка запресована у верхню планку кріплення та разом із котушками вторинної обмотки переміщається у вертикальному нап-рямку. Чим більша відстань між обмотками, тим нижче напруга холостого ходу та величина зварювального струму.

Плавне регулювання зварювального струму здійснюють шляхом зміни повітряного зазору (рис. 4,а) в магнітопроводі реактивної котушки; ступінчасте регулювання завдяки зміні числа

ампер-витків трансформатора. У разі збільшення повітряного зазору (а) індук-тивний опір реактивної обмотки зменшується, а зварювальний струм збільшується і навпаки.



Регулювання за допомогою рухомих обмоток та магнітного шунта

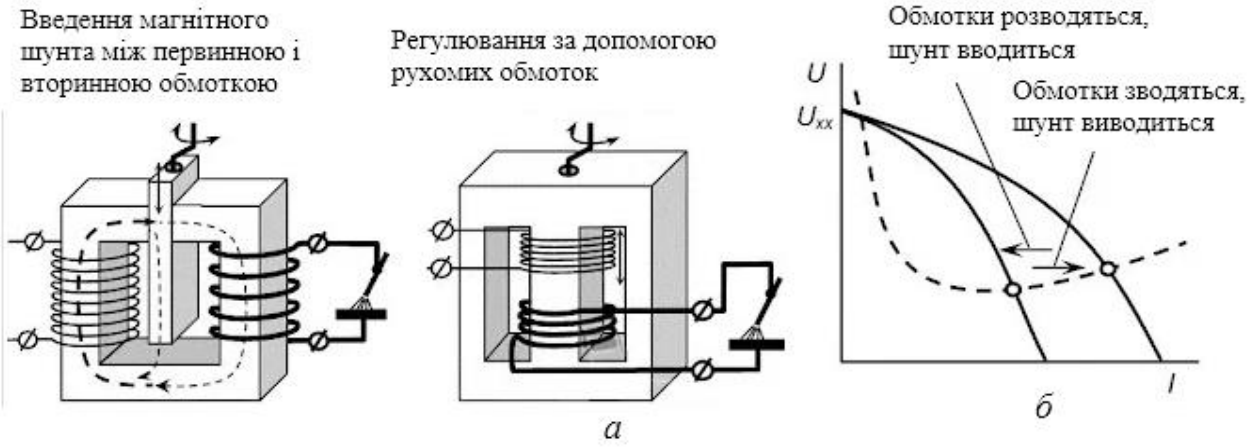


Рис. 4. Пристрій трансформатора ТС-300 та регулювання зварювального струму:

У трансформаторах зі збільшеним магнітним розсіюванням індуктивний опір у зварювальному ланцюзі забезпечується завдяки збільшенню потоків розсіювання, що досягається шляхом рознесення вздовж магнітопроводу на велику відстань первинної та вторинної обмоток, а також завдяки відгалуженню частини магнітних потоків шунтом (пакетом із трансформаторного заліза).

Загальний принцип роботи трансформаторів з рухомими

обмот-ками, з рухомим магнітним шунтом і з підмагнічуванням нерухомого шунта однаковий: круто падаюча характеристика створюється за рахунок падіння напруги на індуктивному опорі потоків розсіювання.

Плавне регулювання струму здійснюється шляхом зміни індук-тивного опору плавним переміщенням рухомої обмотки або магніт-ного шунта. Ступеневе регулювання – шляхом перемикання обмоток трансформатора.

Технічні дані трансформатора ТС-300

Первинна напруга, В	380
Напруга холостого ходу, В	63 або 67
Номінальний (при ПР = 60%) зварювальний струм, А	300
Межа регулювання зварювального струму, А	110-385

6. Джерела живлення постійного струму (direct current)

Зварювальні генератори

Генератор зварювальний, призначений для живлення постійним струмом (DN) одного поста або двох постів для ручного зварювання плавним електродом. За відсутності електромережі в польових умо-вах і на будівельних майданчиках зварювальні генератори можуть забезпечити запалювання електричної дуги при ремонті і монтажі зварних конструкцій.

Зварювальні генератори, встановлені на одному валу з двигу-нами, називають **зварювальними перетворювачами**. Пускова та регулювальна апаратура змонтована у розподільчому пристрої, вста-новленому на корпусі генератора. У цьому пристрої знаходяться крім двигуна внутрішнього згорання (бензинові або дизельні) регулю-вальна та вимірювальна апаратура, пусковий пристрій двигуна внут-рішнього згоряння. Зварювальні генератори створюються за кількома схемами, серед яких найпопулярніші дві. Перша − обмотка збуд-ження незалежна, розмагнічування відбувається через послідовну обмотку.

Живлення такого генератора виконується через вал ДВЗ з’єднаного разом з валом генератора жорсткою муфтою, − на гене-раторі утворюється магнітний потік, що індукує напругу на щітки

генератора, яка спричиняє збудження дуги (рис. 5. *а*). Змінюючи (перемикаючи) на послідовній обмотці число витків, оператор зварю-вання регулює зварювальний струм до необхідних характеристик. Багатопостові зварювальні генератори постійного струму (рис. 5. *б*) мають послідовну (1) і паралельну (3) обмотки збудження, які створюють магнітні потоки відповідно **Фс** і **Фп** одного напряму, тому зовнішня характеристика у цих генераторах не спадна, а жорстка. Щоб мати спадну характеристику на дузі, на кожному робочому місці послідовно з дугою вмикають баластні реостати (4). При замиканні зварювального кола частина напруги генератора втрачається на баластному реостат.

При короткому замиканні втрата напруги на баластному реостаті майже дорівнює напрузі на затискачах генератора і тому напруга на дузі спадає майже до нуля. Баластним реостатом регулюють також силу зварювального струму, а реостатом (2) змінюють напругу холостого ходу генератора.

Генератор перетворювача є чотириполюсною машиною з само-збудженням і жорсткою зовнішньою характеристикою. Зварювальний агрегат DENYO DCW-480ESW EvoIII Limited Edition (рис. 6) комплектується додатковими вимірювальними приладами, які пока-зують тиск мастила, температуру охолоджувальної рідини та ампер-метр зарядки акумуляторної батареї. У такій комплектації, прилади більш зручні і дають користувачеві більше інформації про технічний стан агрегату.

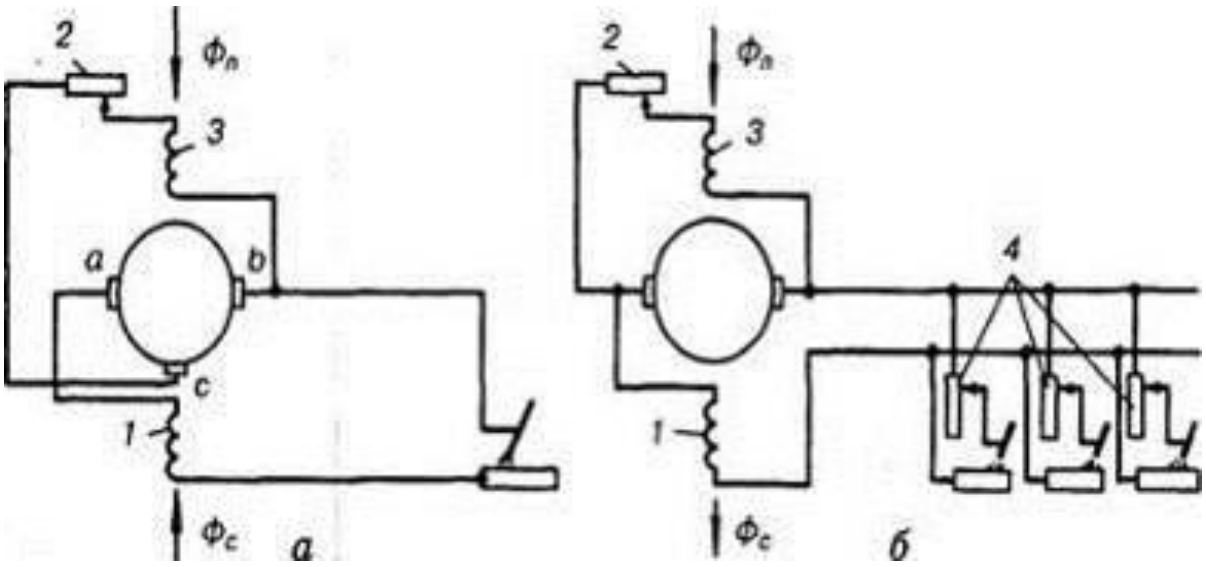


Рис. 5. Схеми зварювальних генераторів постійного струму. а – однопостові, б – багатопостові.



Рис. 6. Пристрій генератора перетворювача DENYO DCW-480ESW EvoIII Limited Edition

Технічні характеристики

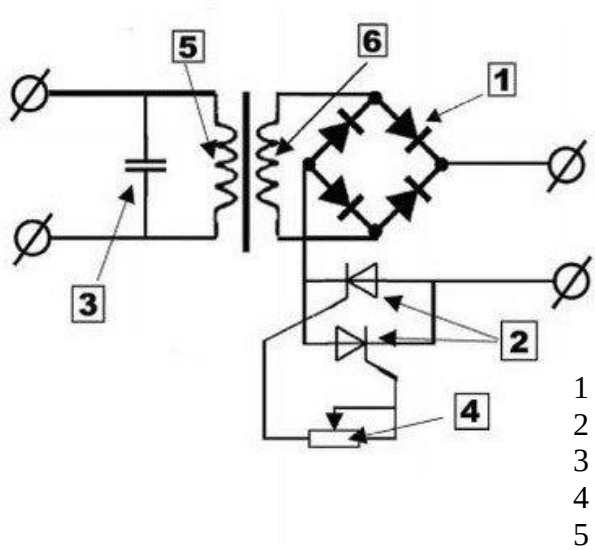
Параметр	Розмірність	Значення
Діапазон струму − 1 пост,	А	60-480
Діапазон струму − 2 пости	А	30-280
Потужність генератора	кВт	15
Тип генератора		Безщітковий
Рівень звукового тиску номінальний	дБ(А)/7м	67
Суха вага	кг	525
Марка двигуна		Kubota
Модель двигуна		V1505
Тип двигуна 4-х тактний, з рідинним охолодженням		
Обороти двигуна	об/хв	3000

Паливо, що використовується		Дизель
Кількість циліндрів		4
Об’єм паливного баку	л	45

Зварювальні випрямлячі

Зварювальні випрямлячі перетворюють змінний мережевий струм на постійний зварювальний. Для випрямлення змінного струму використовують блок ***силового діодного мосту***, в залежності від використаної технології виробництва – діоди, є точкові і площині. В залежності від використаного матеріалу діоди поділяються на: германієві, кременеві, з арсеніду галію і фосфіду індію. В залежності від призначення зварні діоди бувають: випрямні, імпульсні, варикапи, стабілітрони, тунельні, тиристори, фотодіоди, світлодіоди та оптрон. Використання діодів в одному зв’язуванні дозволяє підвищити коефі-цієнт продуктивності зварювального пристрою. Складання з чотирьох елементів, що характеризується здатністю пропускати струм за напівперіод, називається діодний міст для зварювального апарату. Суть такого пристрою полягає в перетворенні вхідного змінного струму на пульсуючий.

Діодний міст для зварювального апарату характеризується такими особливостями: два елементи у загальній схемі (рис. 7) знаходяться у послідовному з’єднанні та спрямовані один до одного, а інші два – один за одним.



1 – діодний міст
2 – тиристор
3 – конденсатор
4 – резистор
5 – первинна обмотка
6 – вторинна обмотка

Рис. 7. Загальна електрична схема

зварювального апарату постійного стуму.

Для цієї збірки характерний паралельний принцип роботи негативних та позитивних діодів. Перші здійснюють пропускну систему, яка стосується лише позитивного змінного струму, а другі в цей же час роблять обрізання негативної складової.

Результат роботи моста з діодів є пульсуючою позитивною напругою, яка характеризується постійною величиною.

Напівпровідниковий діод є сталевою пластиною, покритою шаром кремнію. У цьому напівпровідник «кремній» виконує функцію анода, а сталь − катода.

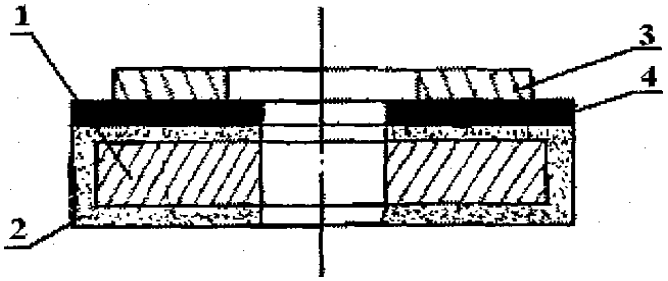


Рис. 8. Напівпровідниковий діод:
1 − металева пластина, 2 − шар нікелю або вісмута, 3 − шар кристалічного кремнію, 4 − шар сплаву вісмута та олова

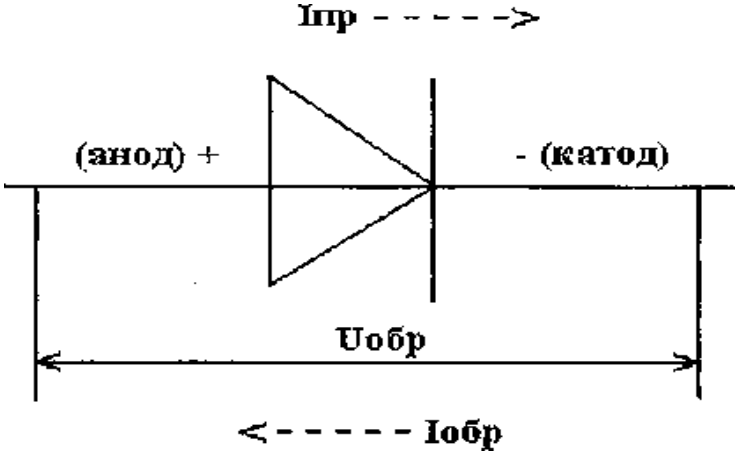


Рис. 9. Напівпровідниковий діод:
$I_{тр}$ *− прямий струм;* **$I_{звор}$** *− зворотний струм;*
$U_{ЗВОР}$ *− зворотна напруга (без пробою)*

Важливою вимогою при експлуатації вентилів є їхнє охолодження, щоб уникнути виходу пристрою з ладу.

Керований діод або тиристор є чотиришаровою структурою з анодом, катодом і керованим електродом. З закритого стану у відкритий його переводять імпульсом, який подається на керуючий електрод. При цьому у зворотному напрямку у будь-якому стані струм не пропускається.

Випрямляч зварювальний ВДУ-506С із жорсткою зовнішньою характеристикою

Основними вузлами випрямляча є (рис. 10): понижуючий трифазний трансформатор − **1** і випрямляючий блок разом з вимірювальною апаратурою та органами управління − **2.**

Використовують випрямляч ВДУ-506С у промисловості, для напівавтоматичного або автоматичного зварювання тонким електрод-ним дротом у захисному газі (вуглекислому, аргон).

Зварювальний випрямляч універсальний ВДУ-506С (380В) призначений для ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі, комплектації зварювальних напівавтоматів і автоматів для зварювання виробів зі сталі в середовищі захисних газів на постійному струмі.



Рис. 10. Універсальний зварювальний випрямляч ВДУ-506С (загальний вигляд)

Технічні дані зварювального випрямляча ВДУ-506С

Напруга живлення 3х380 В

Номінальна частота мережі 50 Гц

Номінальний зварювальний струм 500 А

Діапазон регулювання зварювального струму 50-500 А

Тривалість навантаження 60 %

Номінальна робоча напруга 40 В

Напруга холостого ходу 70 В

Спосіб регулювання зварювального струму електронний, плавний

Споживана потужність 34 кВА

Кількість постів 1

Габаритні розміри 840х505х685 мм

Маса 230 кг

Зварювальний випрямляч універсальний ВДУ-506С (380В) − регульований тиристорний випрямляч із жорсткою або падаючою зовнішньою характеристикою, зварювальний випрямляч універсаль-ний ВДУ-506С, має одну з найвищих зварювальних характеристик у своєму класі, у режимі напівавтоматичного зварювання має спеці-альну комбіновану вольт-амперну характеристику, яка забезпечує зменшення розбризкування в 5 разів, збільшення продуктивності на 15%, поліпшену якість формування зварного шва.

У комплект входить зварювальний напівавтомат ПДГО-510 (рис. 11), зі стабілізацією швидкості подавання зварювального дроту та можливістю віддалення механізму подавання від зварювального випрямляча на відстань до 30 м, оптимальний для виробничих умов під час зварювання на струмах дуги до 450А (ПВ = 100%).



Рис. 11. Механізм подачі ПДГО-510

Забезпечує ефективне зварювання у вертикальному просторовому положенні як «знизу-вгору», так і «зверху-вниз» з формуванням зворотного валика. Забезпечує розбризкування електродного металу на рівні 3,5 % у вуглекислому газі та не більше 2 % під час зварювання в сумішах газів.

Переваги:

- плавне регулювання зварювального струму в режимі ММА і зварювальної напруги в режимі MIG/MAG;
- спеціальна комбінована зовнішня вольт-амперна характерис-тика;
- можливість попереднього встановлення напруги на дузі при напівавтоматичному зварюванні;
- наявність розетки 36 В для живлення підігрівача газу;
- захист від теплового перевантаження;
- швидкозмінні, безпечні струмові роз'єми;
- примусове охолодження.

Керування напівавтоматом здійснюється за допомогою органів керування, розташованих на механізмі подачі, і кнопки на пальнику. Напівавтомат має незалежне, плавне регулювання швидкості подачі електродного дроту, яке регулюється ручкою

потенціометра, розта-шованого на механізмі подачі. Наявність регульованих режимів «М'який старт», «Час розтяжки дуги», «Продування газу до і після зварювання». Наявність режимів заправки дроту і перевірки подачі газу. Застосування 4-х роликового механізму подачі забезпечує підви-щене тягове зусилля і можливість роботи з пальниками довжиною до 5 м. Забезпечує установку касети (діаметром 300 мм) з дротом вагою 15 кг.

Випрямляч для ручного дугового зварювання (MMA– metal manual arc)

Для ручного дугового зварювання застосовуються випрямлячі з падаючою і жорсткою зовнішньою характеристиками − наприклад, ВС-300Б (рис. 12).

Випрямляч має жорстку зовнішню характеристику внаслідок мінімального магнітного розсіювання трансфор-матора.

Для підбору оптимальних параметрів зварювального ланцюга з метою зниження розбризкування розплавленого металу випрямляч має дві ступені індуктивності згладжуючого дроселя.

Випрямляч призначений для комплектації зварювальних постів як для ручного дугового зварювання штучним електродом, так і для напівавтоматичного й автоматичного зварювання на постійному струмі в середовищі захисних газів.



Рис. 12. Загальний вигляд зварювального випрямляча ВС-300Б

Основні особливості ВС-300Б:

• ступінчасте регулювання зварювальної напруги;
• наявність приладів індикації зварювального струму і напруги;
• жорстка зовнішня характеристика;
• два ступені індуктивності;
• наявність термозахисту від перевантаження;
• наявність майданчика для установки балона із захисним газом;
• наявність розетки 36В для живлення підігрівача газу;
• клас ізоляції Н;
• безпечні струмові роз'єми;
• конструкція візка на поворотних колесах;
• істотно менші габарити та вагу у порівнянні з аналогами;
• сучасний дизайн і ергономіка.

Напівпровідниковий шар елементів випрямного блоку є надзви-чайно чутливим до перегріву. Нагрівання температури

понад 70°С, може призвести до пробою напівпровідникового шару і до виведення з ладу випрямного блоку. Тому на випрямлячах ВС-300 та ВС-300Б передбачено пристрій, який складається з вентилятора, що охолоджує випрямляючий блок, вітрового реле та магнітного пускача.

7. Інверторне джерело живлення

Інвертор − це пристрій силової електроніки, який працює на великих струмах, високих частотах та різницях потенціалів (напругах).

В інверторах (рис. 13) вхідна напруга перетворюється двічі: зі змінного (220 В) на постійний струм і на високочастотну напругу зі змінним струмом і частотою 200 кГц.

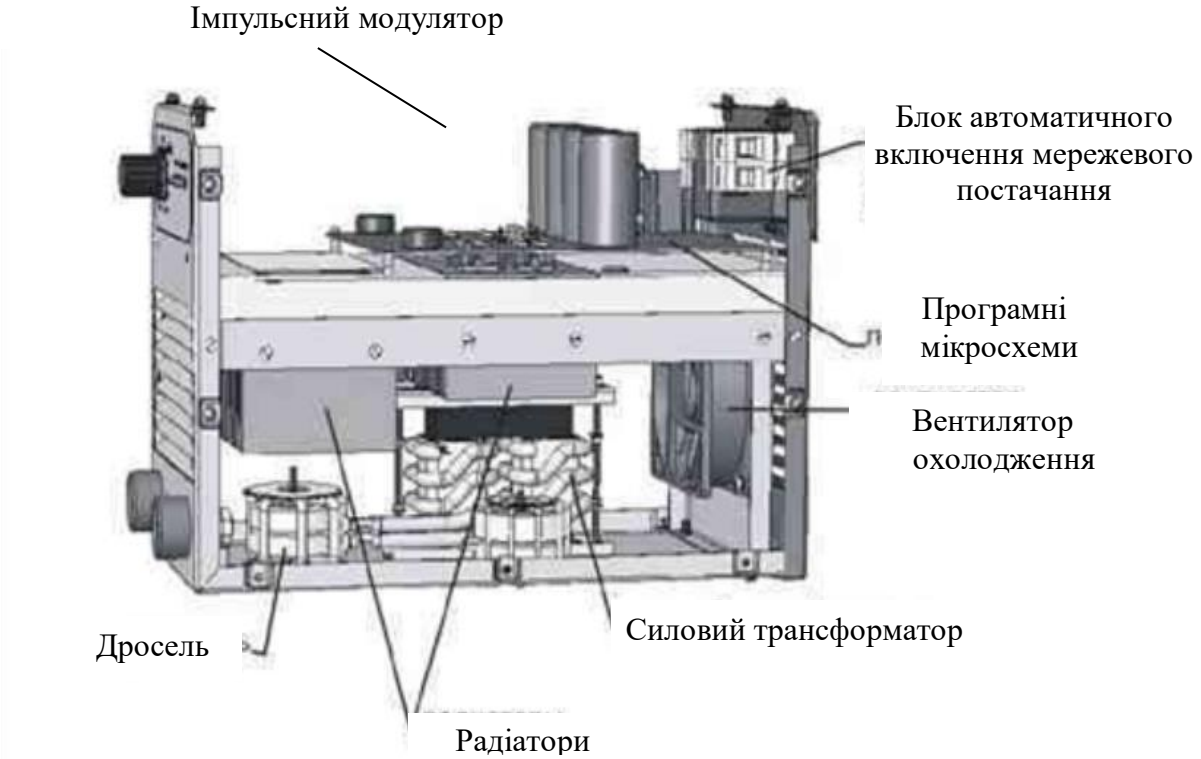


Рис. 13. Інверторне зварювальне джерело з знятим кожухом.

Перетворення частоти здійснюється іпульсним модулятором, основою якого є високо-частотні перетворювачі − модулі (біполярний транзистор із ізольо-ваним затвором або полярний транзистор на основі переходу метал-оксид-напівпровідник). Пройшовши трансфор-матор, високочастотна змінна напруга знову випрямляється і пода-ється на зварювальну дугу. Координування

роботи всіх елементів, контроль параметрів та зворотний зв'язок зі зварювальною дугою здійснюються цифровими процесорами на програмованих мікро-схемах.

Сфера застосування зварювальних інверторів − всі види електродугового та плазмового зварювання та різання:

• ручне дугове зварювання штучними електродами (MMA – metal manual arc);

• аргонодугове зварювання (TIG − tungsten inert gas) на змінному та постійному струмах;

• напівавтоматичне зварювання (MIG/MAG – metal inert/active gas);

• плазмово-дугове різання (PAC – plasma arc cutting).

8. Контрольні питання

1. У чому відмінність зварювання електродом, що не плавиться від зварювання електродом, що плавиться?
2. Призначення джерела живлення зварювальної дуги.
3. Як класифікуються джерела живлення зварювальної дуги?
4. Що таке напруга холостого ходу?
5. Що називається зовнішньою характеристикою джерела жив-лення?
6. Які бувають зовнішні характеристики зварювальних джерел живлення?
7. Якими мають бути зовнішні характеристики джерела живлення:
   - для ручного дугового зварювання;
   - для автоматичного та напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу;
   - для автоматичного та напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів тонким електродним дротом?
8. Що називається номінальним зварювальним струмом джерела живлення?
9. Який струм буде номінальним для ТР ~ 100 %, якщо за ТР = 60 % номінальний струм дорівнює 500 А?
10. Які межі регулювання зварювального струму повинні мати джерела живлення для:
    - ручного дугового зварювання;
    - напівавтоматичного та автоматичного зварювання?
11. Пояснити, як влаштовані, як включаються та як регулю-

ються: зварювальні трансформатори ТСД-1000 та ТС-300; зварювальний перетворювач ПСГ-500 та зварювальний випрямляч ВС-300.

9. Зміст звіту

1. Записати основні визначення та формули, замалювати графіки.
2. Замалювати за вказівкою викладача принципові схеми джерел живлення (рис. 1.4-1.7) із зазначенням:
   - види і марки;
   - області застосування;
   - виду його зовнішньої характеристики;
   - способу регулювання зварювального струму

3. На дослідному стенді зняти дані про характер зміни $\mathbf{I_{СВ}}$ і $\mathbf{U_Д}$ заданого джерела живлення, занести їх у таблицю, наведену нижче.

Таблиця

$\mathbf{U_Д}$									
$\mathbf{I_{СВ}}$									

4. Побудувати зовнішню характеристику заданого джерела живлення $\boldsymbol{U_Д = f(I_{СВ})}$ у масштабі із зазначенням величини $\mathbf{U_{хх}}$ та $\mathbf{I_{кз}}$.

Визначивши вигляд зовнішньої характеристики, зробити висно-вок про тип зварювання, який може забезпечувати це джерело жив-лення.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Контактне зварювання металів

1. Загальні відомості

При контактному зварюванні місце з'єднання розігрівається і розплавляється теплом, що виділяється при проходженні електричного струму через місце контакту деталей, до пластичного стану. Одночасно з використанням стискаючого зусилля утворюється зварне з'єднання в місті контакту і під впливом тиску зварюється.

За формою зварного з'єднання розрізняють точкову, шовну (роликову), стикову, рельєфну, шовно-стикову контактне зварювання. Точкове зварю-вання, у свою чергу підрозділяється на одно, двох і багато-точкове.

Розглянемо суть цих методів.

2. Стикове зварювання

Контактне зварювання стикове − метод з'єднання металів, суть якого полягає в рівномірному нагріванні всього стику обох деталей. Після нагрівання деталі щільно стикуються одна з одною, тим самим утворюючи нероз'ємне з'єднання (рис. 1).

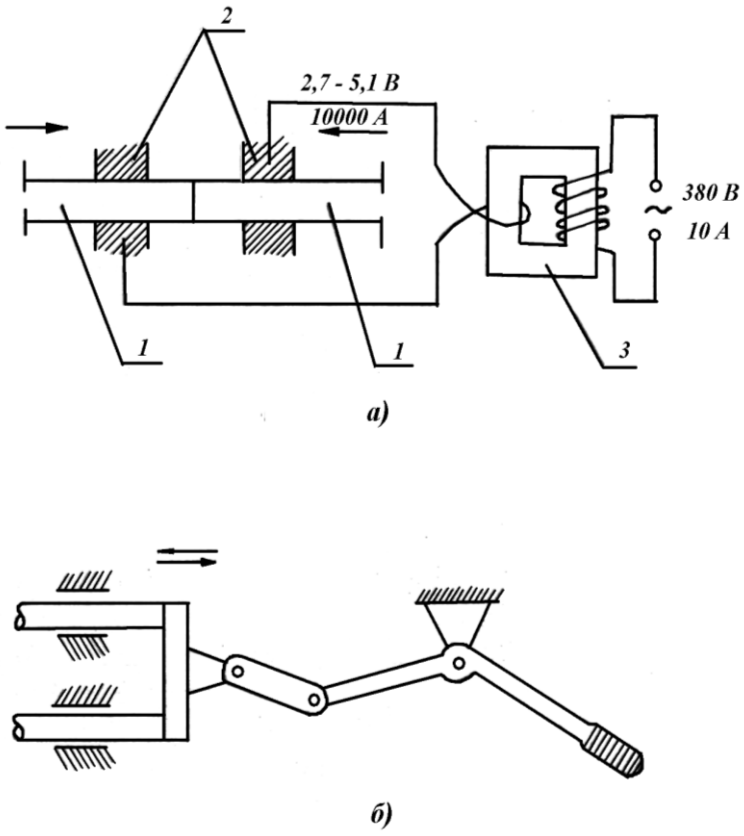


Рис. 1. Стикове зварювання:
а) принципова схема: 1 − деталь, що зварюється;
2 − затискачі-електроди; 3 − трансформатор;
б) механізм подачі та осаду

Заготовки, що зварюються (1) закріплюють у затискному прист-рої (2) стикової машини. Заготівлі зближують до зіткнення. Потім через заготівлі пропускають струм. У місці зіткнення деталі

швидко нагріваються:

- до пластичного стану (при зварюванні ОПОРОМ);
- до оплавлення (при зварюванні ОПЛАВЛЕННЯМ).

Після стикового зварювання ОПОРОМ при стисканні змінюються нагріті до пластичного стану мікронерівності дотичних повер-хонь, при цьому поверхні деталей, що зварюються, зближуються на відстань, при якому виникають міжатомні зв'язки.

При зварюванні ОПЛАВЛЕННЯМ зі стику при стисканні видавлюються пари оплавлених металів, окисли, забруднення, розплавлений метал. Ці пари чинять захисну дію, вони захищають зварювальну зону від негативного впливу кисню. Оплавлені поверхні зливаються.

Тому при зварюванні опором необхідна ретельна попередня зачистка поверхонь, що зварюються, в іншому випадку окисли і забруднення потрапляють у шов.

При зварюванні оплавленням (рис. 2) необхідність ретельної підготовки відпадає, зате втрачається значна частина металу, і після зварювання потрібна механічна обробка.

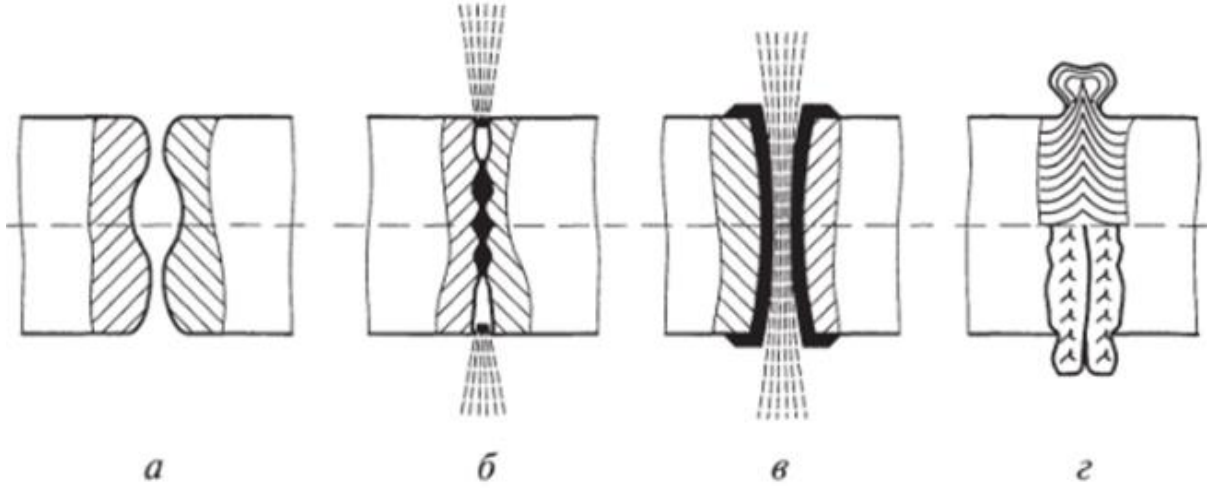


Рис.2. Схема стикового контактного зварювання оплавленням. а − початковий контакт заготовок; б − поява і випаровування рідких перемичок; в − викид рідкого металу; г − утворення грати після проковування, осаду.

При безперервному оплавленні заготовки поміщають в електроди зварювальної машини з невеликим проміжком по торцях (рис. 2,а).

Після підключення джерела живлення заготовки зближують.

Спочатку їх зіткнення відбувається по невеликих майданчиків, через які протікає струм високої щільності. Між торцями заготовок з'являються перемички з рідкого металу (рис. 2,б). Одночасно зростає сила зварювального струму, і розвивається температура до 8 000 °С. Під впливом високої температури перемички випаровуються. Тиск парів металу в момент випаровування перемичок досягає десятків мегапаскалей.

Під дією електромагнітного поля з стику викидається частина металу у вигляді іскор (крапель) і парів, а разом з металом − і забруд-нення (оксидні плівки), які перебували на торцях (рис. 2,в).

По мірі зближення заготовок число контактів (оплавлених виступів) збільшується. Після рівномірного оплавлення всій поверхні зварюваного стику зварювальний струм відключають і заготовки осаджують. При цьому рідкий метал і частина пластично деформо-ваного металу видавлюються зі стику назовні, утворюючи грат (рис. 2,г).

Машина для стикового зварювання МСО-402

Основні вузли машин розглянуті на рис. 3.

Станина – 6 – призначена для кріплення на ній усіх вузлів машини. Усередині станини встановлений зварювальний трансформатор, а зверху − затискний пристрій та механізм подачі та опади.

Зварювальний трансформатор потужністю 150 кВА по конструкції подібний до трансформатора для точкової машини.

Перемикач щаблів потужності − 1 подібний до перемикача потужності точкових машин АТП.

Затискний пристрій – 2 − 3 призначено для закріплення та центрування заготовок, що зварюються на електродних, пластинах машини.

Механізм подачі та осаду − 4 служить для зближення заготовок, що зварюються

Механізм важільний, керований вручну – 5 для створення необхідного тиску в момент зварювання і осаду;

Механізм включення та вимкнення зварювального трансформатора складається з електромагнітного контактора, реле та понижуючого трансформатора. Управління включенням та вимиканням проводиться двома кнопками − кнопкою зварювання КС та кнопкою вимикання КВ.



Рис. 3. Машина контактного стикового зварювання МСО-402

Основні технічні дані машини МСО-402

Максимальний переріз заготовок з маловуглецевої сталі, що зварюються	400 мм^2
Потужність	50 кВА
Максимальний зварювальний струм	10000 А
Межа регулювання вторинної напруги	2,5-5,1 В
Найбільше зусилля осаду	3000 кгс
Витрата охолоджувальної води	300 л/г
Вага	335кг

Продуктивність і якість контактного зварювання в значній мірі залежать від стійкості електродів (губок-затискачів). Стійкість елект-родів визначається їх матеріалом, конструкцією і умовами охолод-ження. Матеріал електродів повинен володіти високою електро- і теплопровідністю, теплостійкість, а також прийнятною міцністю і твердістю. Для забезпечення цих вимог електроди виготовляють зі спеціальних мідних сплавів (кадмієва бронза БрКд1, хромова бронза БрХ). Мідь не застосовується, так як нс забезпечує високу стійкість електродів.

Стикове зварювання застосовується для

• з'єднання стрижнів різного перерізу, труб, ланок, ланцюгів, рейок;

• отримання з прокату довгих виробів або заготовок, що піддаються подальшій переробці (наприклад, трубчастих змійовиків поверхонь нагріву котлів, стиків труб нафто- і газопроводів, з'єд-нання решт рулонів сталевої стрічки для обробки на лініях без-перервного волочіння);

• виготовлення деталей замкнутої форми (ланки ланцюгів, ободи автомобільних коліс, кільця жорсткості для реактивних двигунів, зубчасті вінці;

• економії легованих сталей (наприклад, при з'єднанні робочої частини свердла зі швидкорізальної сталі з хвостовиком з низьковуглецевої сталі або отриманні заготовки клапана двигуна внутрішнього згоряння зварюванням стрижня з жароміцної стали, що утворює після висадки головку клапана, з хвостовиком з конструкційної сталі), тощо.

3. Точкове зварювання

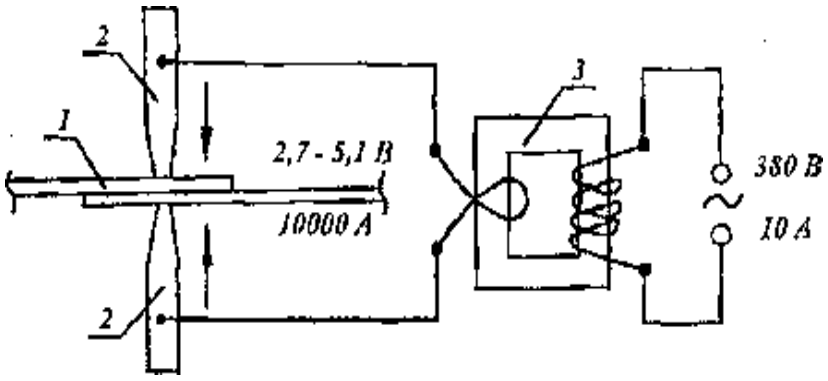
Машини для точкового зварювання поділяються наступним чином, по:

- призначенню – на універсальні та спеціалізовані;
- за характером установки – на стаціонарні та пересувні;
- за видом живлення – на однофазні змінного струму, трифазні низькочастотні, трифазні з випрямленням у вторинному контурі, імпульсні;
- за способом підведення зварювального струму до виробу – на машини з одностороннім та двостороннім струмопідводом;
- за кількістю одночасно зварюваних точок – на одно точкові та багато точкові;
- за типом приводу стиснення

– на машини з пневматичним, гідравлічним, електромеханіч-ним, важільним, пружинним, електромагнітним приводами;

- за характером переміщення електродів – на машини з прямо-лінійним рухом електродів і радіальним.

Механізм точкового зварювання загального використання на (*рис. 4,а*) складається з знижувального зварювального трансформа-тора 3, електроди затискачі 2, та зварювальна деталь 1.



а)

б)

Рис. 4. Схема точкового зварювання

Заготовки, що зварюються (1), зібрані внапуск, стискаються між електродами (2) зварювальної машини. Електроди закріплюються в потужних бронзових струмопровідних хоботах. Хоботи приєдну-ються до вторинної обмотки знижувального зварювального транс-форматора.

Протікаючи через заготівлі, струм нагріває їх у місці зіткнення між електродами. Поверхні листів у цьому місці оплавляються, і при стисканні зливаються, утворюючи після затвердіння *ядро* зварної точки.

Формування з'єднань при контактному точковому зварюванні відбувається за схемою, що складається із трьох етапів (рис. 5).

Перший етап (рис. 5, а) починається з моменту включення струму і характеризується утворенням електричного контакту, нагрі-ванням і розширенням твердого металу, що призводить до збіль-шення зазорів, витіснення металу в зазор під дією зварювального зусилля і утворення ущільнюючого ядро паска.

Другий етап (рис. 5, б) відрізняється подальшим збільшенням площі контактів, виникненням та зростанням розплавленого ядра

до встановленого (номінального) для даної товщини деталей діаметра d ядра. На цьому етапі відбувається дроблення й перерозподіл поверх-невих плівок у рідкому металі, тривають процеси пластичної дефор-мації й розширення металу.

Третій етап (рис. 5, в) у більшості випадків починається з моменту вимкнення струму з подальшим характерним охолодженням і кристалізацією металу.

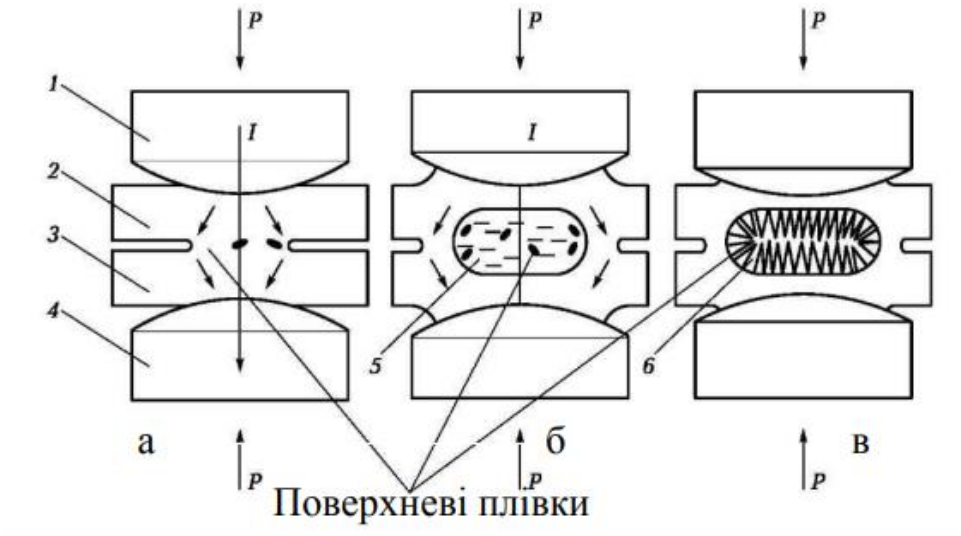


Рис. 5. Етапи формування з'єднання при контактному точковому зварюванні 1 − верхній електрод; 2, 3 – деталі, що зварюються; 4 – нижній електрод; 5 – лите ядро; 6 – точка, що за кристалізувалася.

Основними параметрами режиму точкового зварювання є: *зварювальний струм*, (амплітудний або діюче його значення), *трива-лість* проходження струму, *зусилля стиснення* деталей електродами до зварювання, під час та після зварювання (проковування), діаметр робочої поверхні електрода або радіус сферичної поверхні електрода певного діаметру.

Вихідними даними щодо визначення перерахованих параметрів є фізико механічні властивості металу та товщина деталей, що зварюються.

Зі зменшенням товщини деталей щільність зварювального струму підвищується. Матеріали з низьким питомим опором потре-бують більшого струму, ніж матеріали з високим опором.

При високій теплопровідності та температуропровідності металу

зварювання ведуть на більш жорстких режимах, тобто зменшують

годину проходження та збільшують силу зварювального струму.

Зусилля тиску електродів також залежить від товщини зварюваних деталей та механічних властивостей металу, який зварюється.

На практиці для визначення режиму зварювання найчастіше використовують спеціальні таблиці. Наприклад, зварювання виробів із мало вуглецевих сталей може відбуватися як на м'яких, так і на жорстких режимах (табл. 1), обмежених величинах зусилля на електродах, які мають плоску робочу поверхню.

Орієнтовні режими точкового зварювання маловуглецевих холоднокатаних сталей товщиною до 2 мм

Таблиця 1

Товщина металу, мм	**Ø** електроду, мм	Характер режиму								
		жорсткий			середній			м'який		
		$F_{зв}$ daH	**$I_{зв}$** kA	**$t_{зв}$,** с	**$F_{зв}$** daH	**$I_{зв}$** kA	**$t_{зв}$,** с	**$F_{зв}$** daH	**$I_{зв}$** kA	**$t_{зв}$,** с
0,5	3,5	120	6,5	0,08	100	5,5	0,1	100	4	0,2
0,8	4,5	180	9,0	0,1	125	8,5	0,12	125	7,0	0,3
1,0	5,0	230	10,5	0,12	150	9,5	0,2	150	7,5	0,4
1,5	6,5	400	12	0,18	300	10,5	0,3	300	8,5	0,54
1,8	7,0	500	12,5	0,2	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6
2,0	7,5	600	19	0,22	350	12,5	0,44	350	10,5	0,6

Машини для точкового зварювання АТП-5 та АТП-10 (рис. 6)

Основні вузли машин

Станина (корпус), зварювальний трансформатор з перемикачем ступенів потужності, *хоботи* з електродами, *пристрій для вклю-чення і вимикання*, *система водяного охолодження*,

пневматич-ний механізм стискування, зварювальний трансформатор служить для отримання зварювального ланцюга великого струму при низькій напрузі. Тому вторинна обмотка трансформатора складається з одного витка, вирізаного та зігнутого з товстолистової міді або пакета тонких мідних пластин.

Хоботи (12,13) служать для підведення струму від вторинної обмотки до електродів (9) та передачі зусилля від механізму до електродів. Виготовляється із бронзи або міді.

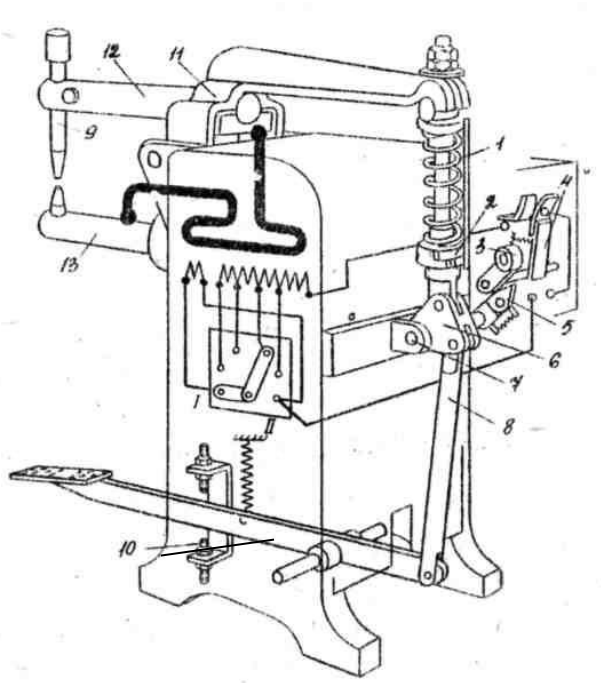


Рис. 6. Машина для контактного точкового зварювання АТП -5

Механізм стискання в машинах АТП педальний (рис. 6). Тиск педалі (10) передається на електроди за допомогою системи важелів і буферної пружини (1). Зусилля стиснення деталей електродами регу-люється зміною жорсткості пружини (1). Жорсткість буферної пру-жини збільшується при її стисненні гайкою (2). Зусилля стиснення при цьому, зростає. Переміщуючи хомутик (6) вздовж штанги (8), можна досягти такого положення, коли важіль (5), увімкнувши контактор, при подальшому натисканні на педаль проскакує, вихо-дячи з дотику з важелем контактора. У цьому випадку, за умови швидкого натискання педалі вщент, має місце короткочасне вклю-чення зварювального струму і потім обтискання об'єкта, що зварю-ється вже без струму. Цей спосіб зварювання застосовується тільки для зварювання

чистого та тонкого матеріалу. У процесі зварювання відбувається забруднення, обгорання, деформація робо-чої поверхні електрода. Діаметр робочої поверхні електрода в процесі експлуатації не повинен перевищувати 8 мм. Зачищення електродів проводиться напилком. Зношування електродів компенсується відповідним опу-сканням електродотримача.

Вмикаючий і вимикаючий пристрій дозволяє в потрібний момент вмикати і вимикати зварювальний струм. У машинах АТП застосовуються прості механічні вмикачі. При натисканні на педаль палець, з'єднаний з системою важеля, натискає на важіль механічного вмикача, замикаючи його контакти. Тривалість витримки під струмом залежить від тривалості натискання на педаль.

Система водяного охолодження призначена для охолодження струмопровідних частин машини. Водопровідна вода подається в електроди та нижній хобот.

Точкове зварювання застосовується при виготовленні виробів з тонколистового матеріалу, виробів із стрижнів, що перетинаються, і т.д.

Сучасні стаціонарні машини контактного зварювання, як прик-лад *TECNA 4643NE* (рис. 7), мають електронний блок управління зварними параметрами з ЧПУ і стискання електродів не механічне, а пневматичне.



Рис.7. Машина для контактного зварювання – TECNA 4643NE

Технічні характеристики

Параметр	Розмірність	Значення
Нержавіюча сталь	мм	2+2
Алюміній	мм	0,8 + 0,8
Арматура	мм	14 + 14
Потужність	кВА	25
Номінальний виліт електродів	мм	230 − 550
Зусилля стиснення	даН (дека Ньютон)	240 − 95
Хід електродів		радіальний
Країна виробник		Італія

Стаціонарна машина TECNA 4643NE має:

- ✓ електронний блок управління зварювальними параметрами з прямим показанням зварювального струму (TE550);
- ✓ водяне охолодження трансформатора, плечей, електродів;
- ✓ циліндр із хромованим штоком, розрахований на тривалий термін служби;
- ✓ пневматичний привід стиснення;
- ✓ лінійне переміщення робочого плеча;
- ✓ вбудований фільтр-регулятор з манометром;
- ✓ амортизатор для гасіння удару в кінці робочого ходу;
- ✓ глушники повітряного вихлопу, що знижують рівень шуму до мінімуму;
- ✓ кнопка аварійної зупинки машини.
- ✓ ізольований послідовний інтерфейс для з'єднання з принтером або персональним комп'ютером;
- ✓ двокнопковий блок управління на підставці з регульованою висотою;
- ✓ додаткова педаль управління подвійного ходу;
- ✓ клапан для відключення подачі води;

4. Шовне (роликове) зварювання

Механізм шовного контактного зварювання загального використання на (рис. 8) складається з:

1 – деталі зібрані в напуск;

2 – електроди-ролики, (верхній ролик обертається примусово від електродвигуна, нижній ролик обертається вільно);

3 − знижувальний зварювальний трансформатор.

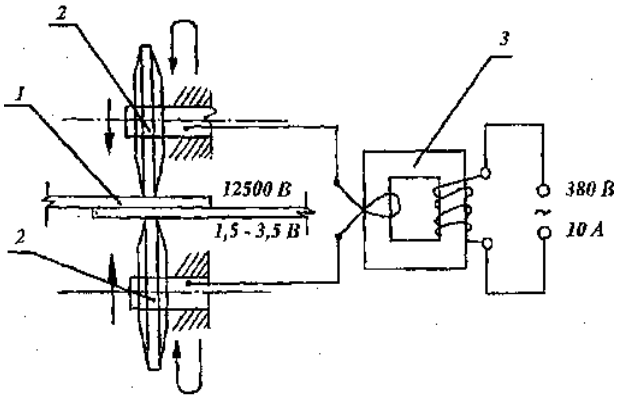


Рис. 8. Шовне (роликове) зварювання:
1 − деталі, що зварюються; 2 − ролики – електроди;
3 – трансформатор

Заготовки, що зварюються (1), зібрані внапуск, стискуються між струмопровідними роликами (2). Ролики встановлюються на кінцях хоботів контактної машини. До хоботів приєднується вторинна обмотка зварювального трансформатора (3). Також у внутрішню порожнину хоботів подається холодна вода для охолодження роликів.

Цей вид контактного зварювання застосовується для отримання не тільки міцних, але і непроникних швів при виготовленні ємностей, призначених для зберігання та транспортування рідин та газів.

Процес формування зварного з’єднання такий самий як і при точковому з’єднанні, але ступінь пластичної деформації нагрітого металу вищий, що забезпечує видалення оксидних плівок з поверхні контакту деталь-деталь. Нагрівання при контактному шовному зва-рюванні провідний процес у формуванні температурного поля й утворення з'єднання. При нагріванні деталей полегшуються процеси пластичної деформації мікровиступів та руйнування оксидних плівок.

Залежно від часу нагрівання (тривалості імпульсу струму) умовно розрізняють **жорсткі** та **м'які** режими зварювання. **Жорсткі** режими характеризуються потужними імпульсами току малої трива-лості (звичайно менше 0,1 с для товщини деталей у діапазоні 0,8...4 мм). Нагрівання при цьому супроводжується досить високими граді-єнтами температур і визначається в основному розподіленням щіль-ності струму. Зона максимальних температур у цьому випадку змі-щена до меж контактів. **М'які** режими характеризуються значною тривалістю протікання струму,

що становить у середньому (0,3...0,5) $\mathbf{t_{зв}}$ при істотній ролі теплообміну у самих деталях і між деталями − електродами. Тривале нагрівання металу при м'яких режимах істотно міняє первісне електричне поле. Області, що відрізняються підви-щеною щільністю струму, нагріваються, їхній опір підвищується, що призводить до перерозподілу струму, вирівнюванню нерівномірності електричного та теплового полів та зсуву зони максимальних темпе-ратур від периферії до центру контакту

Нерівномірність нагрівання зменшується також у результаті пластичної деформації металу і пов'язаного з нею ефекту саморегулювання температурного поля. Розплавлене ядро утвориться лише через деяку годину з моменту включення струму, що становить у середньому (0,3...0,5) $\mathbf{t_{зв}}$. Потім ядро продовжує рости, досягаючи розмірів, що визначаються режимом зварювання.

Температурне поле та розміри ядра можна регулювати за рахунок зміни величини режимів зварювання – сили струму, тривалості його протікання й зварювального зусилля. Збільшення сили струму призводить до зростання ядра.

Однак при даних тривалості імпульсу і зусиллі, діаметр ядра має граничне (критичне) значення, тому що подальше підвищення сили струму приведе до виплеску рідкого металу. Зі зростанням зусилля ядро зменшується за рахунок розвитку пластичної деформації, збіль-шення площі контактів і зниження густини струму.

Машина для шовного зварювання МШ – 3213

Має шарошечний привод обертання роликів, на відміну від звичайного, обертальний момент передають не на вали електродних пристроїв, а безпосередньо на ролики шляхом притиснення до робочих поверхонь роликів обертових шарошок, які обертаються і пов'язані з електричними приводами обертання карданними валами. Шарошки формують робочі поверхні зварювальних роликів, профіль яких змінюється в процесі зварювання. Крім того, шарошечний привід обертання роликів захищає їхні робочі поверхні, що має особ-ливе значення під час зварювання покритих металів (наприклад, під час зварювання освинцьованих паливних баків). Необхідне зусилля притиснення шарошок до роликів забезпечується пневмогідропри-водом. Матеріал шарошок − сталь Х12МФ. Основні вузли машини представлені на рис. 9. Станина

лита чавунна, служить кріплення інших вузлів.



Рис. 9. Машина контактного зварювання МШ-3213 - шовна

ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР потужністю 25 кВА по Пристрою подібний до зварювальних трансформаторів для точкової машини. Різниця в тому, що замість конічних електродів у шовній машині встановлюються електроди у вигляді плоских роликів. Нижній ролик вільно обертається на осі. Верхній ролик обертається примусово від електродвигуна.

МЕХАНІЗМ стиснення машини працює при натисканні на педаль яка включає пнемо-гідравлічний привод (домкрат), котрий притискає верхній електрод до нижнього з певним навантаженням.

МЕХАНІЗМ ОБЕРТАННЯ складається з пристрою шарошок з приводом обертанням роликів, а також пристрою для зачистки і профілювання роликів.

ВКЛЮЧАЮЧИМ ПРИСТРІЙ є двополюсний механічний контактор, який включається при повороті валика з ексцентриковим кулачком, тобто. при натисканні на педаль.

СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ проходить у хоботах машини.

Низькочастотні шовні машини відрізняються наявністю велико-габаритного зварювального трансформатора, який розміщений всере-дині корпусу.

Технічні характеристики

Параметри	Розмірність	Значення

Розташування роликів		поперечне
Найбільша потужність при к/з	кВА	290
Найбільший вторинний струм	кА	32
Номінальний тривалий вторинний струм	кА	22
Зусилля стиснення	даН	190…1350
Лінійна швидкість роликових електродів	м/хв	0.3-3.5
Витрата охолоджувальної води	л/год	2000
Діаметр електродів верх./нижн.	мм	320/170
Товщини, що зварюються:		
м/в сталь	мм	0.5+0.5…3.0+3.0
легована сталь	мм	0.3+0.3…2.5+2.5
освинцьовані та оцинковані сталі	мм	0.5+0.5…2.0+2.0
маса	кг	1700

5. Контрольні питання

1. У чому суть контактного зварювання?
2. Чому при контактному зварюванні найбільшу кількість теплоти виділяється в місці контакту заготовок?
3. Як відбувається формування зварної точки при точкового контактного зварювання?
4. Як здійснюється стикове зварювання? Область її застосування.
5. Як здійснюється точкове зварювання? Область її застосування,
6. Як здійснюється шовне зварювання? Область її застосування.
7. Пояснити, як влаштовані машини:
   - для точкового зварювання АТП-5 та ЛТП-10*;*
   - для шовного зварювання МШ-3213;
   - для стикового зварювання МСО-402?
8. Які максимальні розміри заготовок, що зварюються на маши-нах АТП-5, АТП-10 та МШМ-25М?
9. Як регулюється зусилля стиснення та напруга, на електродах у машин АТП-5, АТП-10 та МШМ-25М?
10. Як робиться зварювання оплавленням та зварювання

опором на машині МСО-402?

6. Зміст звіту

1. У звіті мають бути відображені такі розділи:
2. Сутність контактного зварювання (стикового, точкового, шовного);
3. Переваги, недоліки та сфери застосування контактного зварювання;
4. Опис обладнання (принципова схема, порядок роботи зварювальних машин);
5. Порядок виконання контрольних завдань (вирішення завдань);
6. Обґрунтування прийнятого режиму при стиковому та точковому зварюваннях;
7. Аналіз якості виконаних зварних з'єднань;
8. Звіт слід ілюструвати малюнками та схемами. Готовий звіт подається викладачеві.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Напівавтоматичне та автоматичне зварювання

Мета роботи:

• вивчити сутність процесів напівавтоматичного й автоматичного зварювання.

• вивчити будову і роботу зварювальних напівавтоматів під шаром флюсу і в середовищі вуглекислого газу та автомата під шаром флюсу.

• ознайомитися з технікою напівавтоматичного та автоматичного зварювання.

Послідовність виконання роботи:

1. Ознайомитися з інструкцією до лабораторної роботи, перевірити себе з контрольних питань.

2. Ознайомитися з будовою напівавтоматів ПШ-54, А-547 р, ПГД-507У і автоматів АДС-1000, АДФ-1000.

3. Ознайомитися з технікою напівавтоматичного зварювання під флюсом і у вуглекислому газі та автоматичного під флюсом

заданих зразків.

4. Оформити та захистити звіт.

1. Напівавтоматичне зварювання під шаром флюса і в вуглецевому газі

1.1. Загальні відомості

При напівавтоматичному зварюванні, електродом є голий електродний дріт, який подається до зварювальної ванни спеціальним механізмом подачі через гнучкий шланг (рукав). (Струм до електрод-ного дроту підводиться в кінці шланга. Відстань від місця контакту до зварювальної дуги 20-30 мм. Дуга горить між кінцем електродного дроту і зварюваним металом. Невеликий виліт дроту, відсутність покриття, механізована безперервна подача дроту – все це дозволяє застосовувати при напівавтоматичному зварюванні струм до 600 А, продуктивність напівавтоматичного зварювання під флюсом зростає в 4-6 разів порівняно з ручним дуговим зварюванням завдяки змен-шенню втрат на розбризкування металу.

Зварювання під флюсом покращує умови праці і може проводитися тільки в нижньому положенні. Продуктивність напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі вища за продуктивність ручного зварювання в 1,5-2 рази. Зварювання можна проводити у всіх просторових положеннях (застосовуючи зварний дріт Ø не більше 1,2 мм.)

Флюс і вуглекислий газ при напівавтоматичному зварюванні захищає зварювальну ванну від повітря, розкислює і легує шов.

Недоліки зварювання під шаром флюсу:

- можливість зварювання тільки в нижньому положенні;
- ускладнений контроль зварювання (флюс приховує процес формування зварного шва).

Різновидом зварювання під шаром флюсу є напівавтоматичне зварювання порошковим дротом, яке можна здійснювати без флюсового і газового захисту. Порошковий дріт являє собою трубку, згор-нуту зі сталевої стрічки. Трубка заповнена порошкоподібною ших-тою. Захисні компоненти (шлакоутворювальні, газоутворювальні, окислювальні) знаходяться в шихті порошкового дроту.

Додаючи різні легувальні компоненти в шихту, можна отримати зварні шви та наплавлення різного складу.

1.2. Будова напівавтоматів. Будова напівавтомата ПШ-54

Установка (зварювальний пост) для напівавтоматичного зварю-вання під флюсом напівавтомат ПШ-54 складається з такого облад-нання:

- джерело живлення зварювальної дуги;
- апаратний ящик;
- механізм подачі дроту;
- гнучкий шланг із тримачем.

Механізм подавання дроту (рис. 1,а) являє собою трифазний електродвигун з коробкою передач.

Через коробку передач оберти двигуна передаються на пода-вальний ролик. Число обертів подавального ролика змінюється за допомогою коробки передач. Електродний дріт притискається до подавального ролика притискним роликом. При обертанні пода-вального ролика дріт подається вперед.

На механізмі подачі є затискач для закріплення гнучкого шланга і кронштейн, що служить віссю для касети з електродним дротом (1.а).

Під час роботи двигуна дріт подається в гнучкий шланг.

Тримач (4. а) із гнучким шлангом (3. а) складається з корпусу (3.б) з укріпленим на ньому мундштуком зі змінним наконечником (1.б) і пусковою кнопкою (5.б).

На корпусі тримача встановлюється воронка для флюсу (2.б), забезпечена флюсовим затвором, який відкривають для подачі флюсу. До тримача приєднується гнучкий шланг (гумова труба), в якому зварювальний дріт і два дроти управління (до пускової кнопки).

Кінець гнучкого шланга закладається в ніпель, що забезпечує жорстке і надійне кріплення шланга до механізму подачі.

Апаратний ящик (5.а) вміщує необхідну апаратуру, обладнання та контрольно-вимірювальну апаратуру для ввімкнення зварюваль-ного струму, керування електродвигуном механізму подавання, для контролю режиму зварювання.

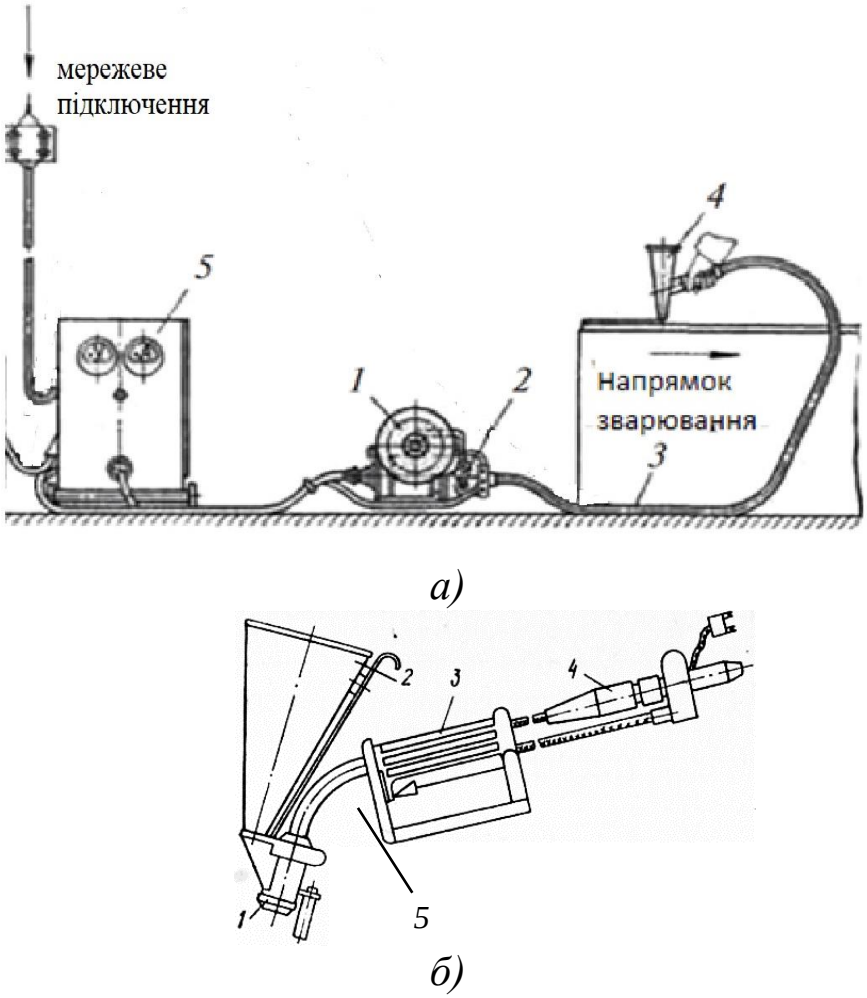


Рис. 1 Схема напівавтомата ПШ-54
а) принципова схема; б) пальник для зварювання під шаром флюсу

Джерело живлення зварювальної дуги може бути як постійного струму, так і змінного. Зовнішня характеристика джерела живлення має бути пологопадаючою, або жорсткою. Межі регулювання зварю-вального струму повинні бути близько 200-600 А. Відповідними для п/автомата ПШ-54 джерелами живлення будуть ПС-500, ПСУ 500, перетворювачі ПС-500, ПСУ 500, трансформатор СТЕ-34 з дроселем тощо.

Під час підготовки до зварювання вмикається в мережу перетво-рювач і апаратний ящик. Встановлюють на коробці передач швид-кість подачі залежно від режиму зварювання. Зварювальний струм бажано встановити за амперметром, зварюючи пробні планки. Потім вмикають на апаратному ящику пакетний перемикач на подачу електродного дроту вперед. Тримач

встановлюють на місце початку шва і відкривають заслінку на воронці з флюсом.

1.3. Напівавтомат А-574 для зварювання у вуглекислому газі

Напівавтомат (рис. 2) призначений для зварювання та наплавлення тонким електродним дротом діаметром 0,5-1,2 мм струмом до 300 А. Зварювання стало можливим у всіх просторових положеннях. Можна варити сталь малої товщини (до 1 мм).

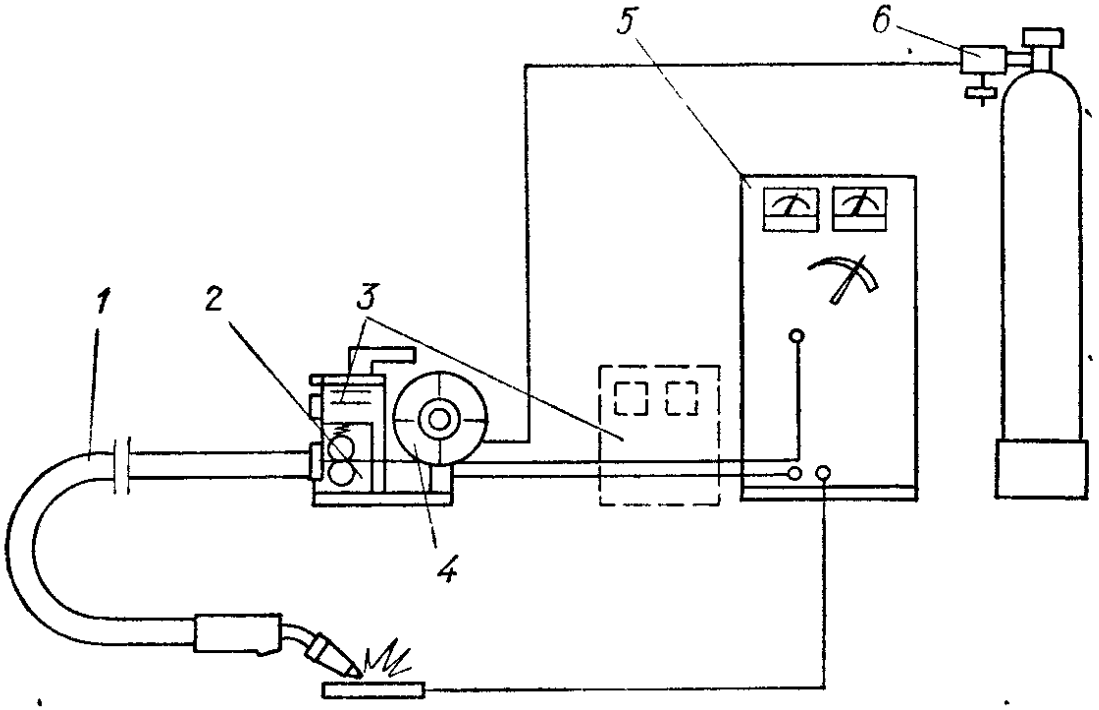


Рис. 2. Принципова схема напівавтомата А-574

Зварювальний пост для зварювання напівавтоматом А-547 р складається з наступного обладнання:

- механізму подачі дроту;
- зварювальної головки з гнучким шлангом;
- апаратного ящика;
- газової апаратури;
- джерела живлення.

Механізм подачі дроту (2) змонтований в окремій установці. Складається він із двигуна постійного струму потужністю 90 Вт при 7500 об/хв з редуктором.

Пальник із гнучким шлангом (1) складається з мідної вигнутої трубки (мундштука), контактного наконечника та змінного сопла.

Контактний наконечник навертається на різьбленні в мундштук.

До пальника від балона з вуглекислим газом по шлангу подається CO_2.

Гнучкий шланг має довжину 1200 мм. Для дроту діаметром 1-1,2 мм можна використовувати шланг більшої довжини. Усередині шланга проходить металева спіраль для проходу електродного дроту та багатожильний мідний провід для підведення зварювального струму до контактного наконечника.

Апаратний ящик зазвичай монтують на зварювальному випрям-лячі, але його можна встановити окремо *(3).* В апаратній скриньці знаходяться КОНТАКТОР, РЕОСТАТ, опору та вимірювальні прилади. До розетки підключається обігрівач газу.

Джерело живлення дуги (5) повинен давати постійний зварю-вальний струм до 300 А та повинен мати жорстку зовнішню характе-ристику. Зазвичай напівавтомат А 547 комплектується зварювальним напівпровідниковим випрямлячем ВС-300.

Газова апаратура складається з балона із CO_2, підігрівача, газового редуктора (6).

Балон для CO_2 повинен бути пофарбованим у чорний колір. Він містить 12,7 $м^3$ CO_2 у рідкому стані під тиском 6-7 МПа. Рідка вуглекислота займає 60-80 % обсягу балона, решта заповнена газом.

Підігрівач попереджає замерзання газу в редукторі під час розширення.

Коли для зварювання застосовується газ, що містить вологу (наприклад, харчова вуглекислота), додатково встановлюють осушу-вач газу перед редуктором.

Під час підготовки до зварювання включають джерело жив-лення, а потім до нього підключають апаратний ящик. Встановлюють необхідну швидкість подачі дроту, що залежить від режиму зварювання.

Відкривають вентиль балона та за допомогою газового редук-тора встановлюють потрібний робочий тиск газу (до 0,3 МПа).

Встановлюють виліт електродного дроту 20-30 мм і підводять пальник до виробу.

Підігрівач газу (ПГ) підключається до джерела живлення під час замикання вимикача, що подає електроживлення на апаратну скриньку.

При зварюванні дріт подається в зону зварювання зі

швидкістю її плавлення у дузі. Переміщення дуги вздовж шва виконується вручну. Газ, що підігрівається ПГ, виходить із сопла зварювального пальника та оберігає зону зварювання від зовнішнього повітря. Амперметр та вольтметр дозволяють контролювати режим зварю-вання.

1.4. Техніка напівавтоматичного зварювання

Зварювання проводиться електродним дротом діаметром 1,6-2,0 мм. Напівавтоматом можна варити стикові та кутові шви, проводити наплавлення шару металу на поверхню. Зварювання можливе лише у нижньому положенні. Варити можна прямолінійні та криволінійні шви.

Зварювання стикових швів виконується або на важелях, або за попереднім ручним підварюванням кореня шва.

Тримач встановлюють на початку шва, відкривають заслінку та засипають зону зварювання флюсом. Для збудження дуги вмикають пускову кнопку. Завдяки утримувача, пальник переміщують у потріб-ному напрямку. Переміщаючись іноді, зварювальник не припиняє процес зварювання і веде тримач рівномірно, із заданою швидкістю.

Зварювальник веде тримач. однією рукою, іншою він періодично додає флюс у вирву бункера, не припиняючи процес зварювання. Щоб припинити зварювання, необхідно вимкнути зварювальний струм та подачу дроту та зупинити подачу флюсу. Зварювання тон-кого металу слід проводити на постійному струмі зворотної поляр-ності. Метал товстіший за 6 мм можна варити і на змінному струмі. Швидкість зварювання не повинна перевищувати 40 м/год, оскільки переміщення тримача з більшою швидкістю призводить до відхилень від лінії шва і порушення рівномірності переміщення дуги.

При зварюванні першого проходу в місцях зі збільшеним зазором, щоб уникнути пропалів, виробляють зварювання з поперечним коливанням електрода. При цьому збільшується ширина наплавлення та зменшується глибина проплавлення.

Зварювання *кутових швів* широко застосовується для виготовлення таврових сполук. При цьому зварювання зазвичай проводиться з нахилом утримувача на кут 30-40° до вертикалі. Утримувач впира-ють змінною насадкою в кут таврового з'єднання.

За один прохід зварюють кутові шви катетом не більше 10 мм. При катеті більше 10 мм зварювання роблять за кілька проходів. *Мінімальний катет,* напівавтоматом, що виконується, дорівнює 3-4 мм. Напівавтоматом можна виконувати і переривчасті шви, варити таврові балки в спеціалізованих установках, приварювати фланці до труб, проводити наплавлення валів і т. п.

Зварювання у вуглекислому газі

Зварювання виконується відкритою дугою. Техніка переміщення дуги аналогічна техніці переміщення дуги при ручному дуго-вому зварюванні.

Перед початком роботи перевіряють подачу дроту, встановлюють робочий тиск газу.

Перед зварюванням протягом однієї − двох секунд шланги і місце зварювання продувають вуглекислим газом. При зварюванні сопло пальника має знаходитись на відстані 15-20 мм від виробу. Наконечник мундштука повинен бути на площині обрізу сопла або трохи виступати із сопла, як вказано на (рис. 3.3).



Рис. 3. Виліт електродного дроту

Більш глибоке положення мундштука всередині сопла, а також скорочення відстані від сопла до виробу, призводить до швидкого забризкування сопла краплями рідкого металу, а іноді і замикання бризками мундштука на сопло. Дуга перекидатиметься на сопло або спалахуватиме всередині пальника і швидко зіпсує його. Тому зварю-вальник повинен не лише суворо стежити за положенням пальника, а й періодично кожні 2-3 години прочищати сопло пальника від бризок. Зараз існують багато методів захисту сопла від забризкування крап-лями рідкого металу.

Використовують спеціальні пасти та захисний антіпригарний спрій.

Не слід збільшувати відстані між пальником та виробом, тому що це погіршує газовий захист, знижує стійкість горіння дуги, збільшує розбризкування. Зварювання в просторових положеннях ведеться дротом діаметром не більше 1,2 мм. Застосування дроту більшого діаметра можливе тільки при зварюванні в нижньому положенні, тому виходить занадто велика зварювальна ванна, що не утримується в просторових положеннях.

Зварювання стикових швів виконується з поперечними коливан-нями пальника поперек шва. Чим тонше метал зварюється, тим під більшим кутом нахиляється пальник.

Зварювання вертикальних стикових швів на металі товщиною до 2 мм виконують зверху вниз без поперечних коливань дуги. Метал 3-4 мм зварюють знизу нагору без поперечних коливань, а метал більшої товщини − з коливаннями. Вироби більшої товщини зварю-ють в кілька проходів.

При зварюванні горизонтальних швів електрод також спрямо-вують під кутом знизу вгору, щоб забезпечити хороше сплавлення металу швом з верхньою кромкою стику і підтримати ванну, яка прагне стекти на нижню кромку.

Для зварювання стельових швів потрібна висока майстерність зварювальника і великий досвід. Зварювання виконують найкорот-шою дугою при положенні електрода кутом назад. Зварювальний струм, як і при зварюванні вертикальних швів, зменшують на 10-15 %, а витрата газу збільшують у порівнянні зі зварюванням у нижньому положенні. Зварювання виконують, здійснюючи невеликі коливання зварювальним пальником поперек шва.

Зварювання кутових швів аналогічна зварюванню стикових швів. Пальник переміщають, здійснюючи поперечні петлеподібні коливання.

Зварювання порошковим дротом

Техніка зварювання порошковим дротом аналогічна техніці зварювання суцільним дротом у вуглекислому газі. Порошковий дріт застосовується для виготовлення невідповідальних конструкцій. Зварювання можливе в нижньому положенні та при невеликих нахилах виробу.

Контрольні питання

1. У чому суть напівавтоматичного зварювання?
2. Яке призначення флюсу та вуглекислого газу, що подаються до зони зварювання?
3. Які переваги та недоліки напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу (порівняно з ручним дуговим)?
4. Які переваги напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу (порівняно з ручним дуговим)?
5. Пояснити пристрій напівавтоматів ПШ-54 та А-547?
6. Як здійснюється підготовка до зварювання напівавтоматів ПШ-54 та А-547?
7. Пояснити техніку напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу та в середовищі вуглекислого газу?
8. Яка сфера застосування напівавтоматичного зварювання під флюсом та в середовищі вуглекислого газу?

2. Автоматичне зварювання під флюсом

2.1. Загальні відомості

При автоматичному зварюванні під флюсом подачу електродного дроту та переміщення дуги механізовано. Захист зварювальної ванни від повітря, розкислення та легування металу шва здійснюється за рахунок подачі в зону зварювання флюсу.

Автоматичне зварювання здійснюється зварювальним автоматом (рис. 3.4). Незалежно від типу автомата у кожному з них є такі частини:

- зварювальна головка − механізм (1) призначений для збудження дуги, подачі дроту до виробу та припинення процесу зварювання;
- пристосування для переміщення дуги по шву або виробу щодо головки (каретка) (2);
- пульт керування автоматом (3);
- бункер із флюсом (4).

Крім автомата в установку для автоматичного зварювання вхо-дить апаратний ящик з пускорегулюючою апаратурою та джерело живлення зварювальної дуги ТСД-1000.

Самохідні зварювальні автомати, що рухаються під час зварювання безпосередньо по виробу, що зварюється, називаються *зварю-вальними тракторами.*

При автоматичному зварюванні під флюсом дуга невидима − вона горить під шаром флюсу у газовому міхурі, який утворюється

в результаті реакцій, що протікають між компонентами флюсу та металом зварювальної ванни під дією дугового розряду.

До складу зварювальних автоматів входять: пальники (зварювальний інструмент); механізм подачі електродного матеріалу; меха-нізми переміщення вздовж шва та регулювальних, допоміжних і коригувальних переміщень; пристрої для розміщення електродного матеріалу; флюсова апаратура; система керування.

ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АВТОМАТ АДС – 1000

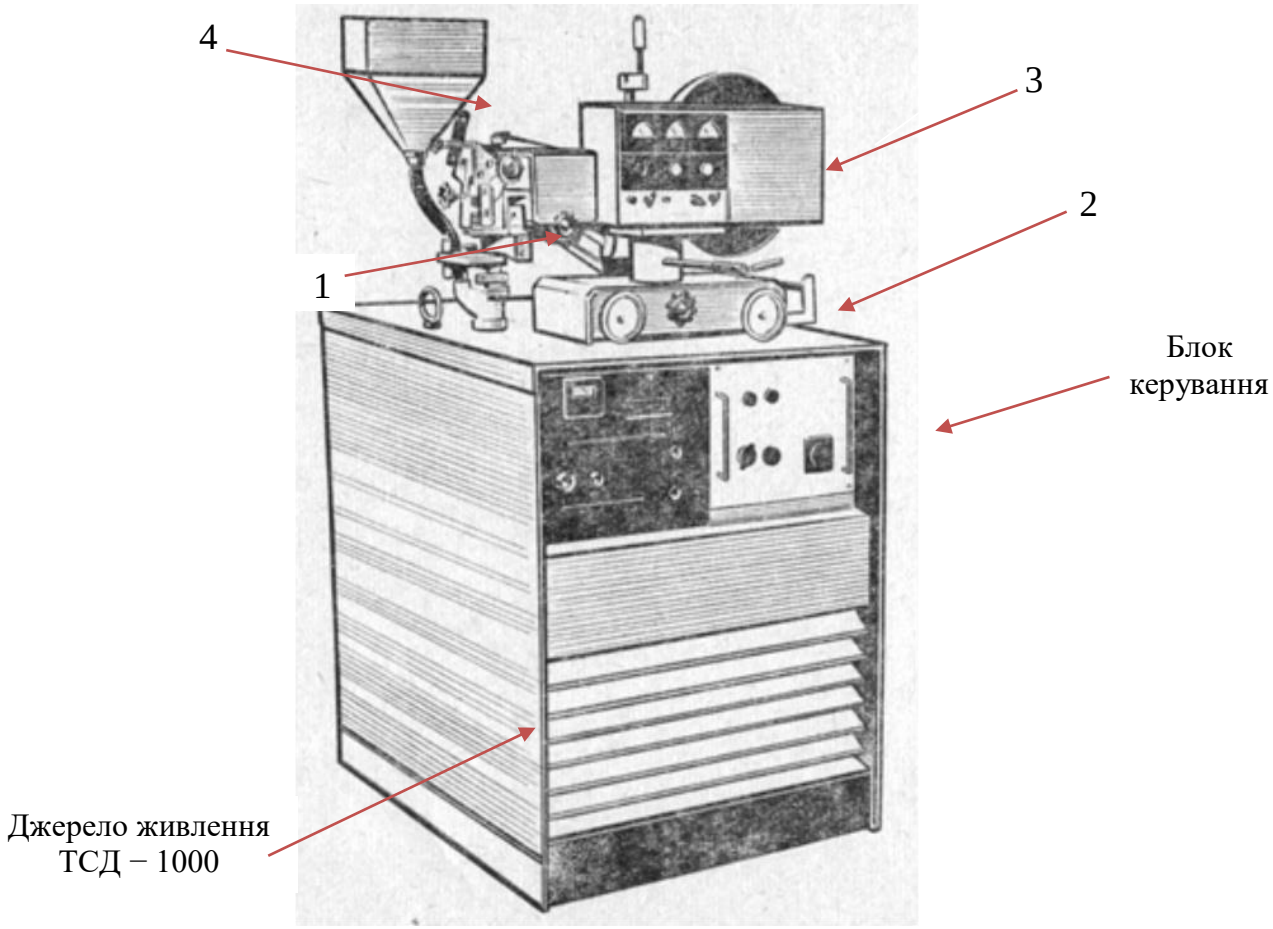


Рис. 4. Принципова схема установки для автоматичного зварювання під флюсом

2.2. Опис пристрою зварювального трактора АДС-1000

Автомат призначений для дугового зварювання під флюсом заготовок завтовшки від 6 до 30 мм. Широко використовується на заводах як зварювальний трактор або підвісна зварювальна головка в різних автоматичних зварювальних установках. Це один із найкра-щих і надійніших в експлуатації автоматів.

Автомат дозволяє зварювати як стикові, так і кутові з’єднання, розташовані горизонтально або похило до 15 °.

Трактор виготовлений у вигляді самохідної каретки, на якій змонтовано зварювальну головку, бункер з флюсом, касета з електродним дротом і пульт управління.

Зварювальна головка (1) включає електродвигун, редуктор, що подає дріт, і притискний ролик, правильні ролики та підвід струму. Зусилля притискання холостого притискного ролика регулюються натискним болтом через пружину. Механізм подачі електродного дроту розвиває тягове зусилля понад 60 кгс.

Бункер з флюсом (4) з'єднується з направляючою лійкою гнучкими колінчастими металевими трубками. Зверху він закритий сіткою для відсіву шлаку від флюсу, а внизу має заслінку з маховиком. Бункер вміщує 12 кг флюсу.

Пульт керування (3) та касета змонтовані на іншому кінці коромисла трактора. На пульті знаходиться вимірювальні прилади, потенціометри для регулювання швидкості зварювання та швидкості подачі дроту, кнопки управління («електрод вгору-вниз», «пуск», «стоп», «струм більш-менш»).

Касета для дроту має звичайну конструкцію, що передбачає внутрішнє укладання. Вага дроту у касеті близько 12 кг.

Каретка трактора (2) на чотирьох колесах з гумовими ободами, рухається електродвигуном через черв'ячний редуктор і зубчасту муфту. Зчеплення та розчеплення задніх провідних коліс з приводом виконується за допомогою рукоятки, що розводить дві зубчасті напівмуфти.

Зварювальна головка закріплюється на коромислі трактора за допомогою шарніра, який утримується зубчастими напівмуфтами. Таке кріплення дозволяє встановити головку для зварювання похилим електродом. Коромисло може повертатися у хомуті, яким воно прикріплюється до вертикальної стійки. Вертикальну стійку з коромислом та всім закріпленим на ньому обладнанням можна повертати навколо вертикальної осі на кут до 180° (до 90° у кожну сторону від поздовжньої осі візка трактора).

Комбінуючи повороти на цих трьох шарнірах, можна нахиляти електрод як вздовж, і поперек шва під різними кутами.

Маховик, передбачений у тракторі, дозволяє переміщати верти-кальну стійку разом із головкою перпендикулярно до поздовжньої осі на відстань до 60 мм. Це дає можливість коригувати положення кінця електрода у процесі зварювання.

Технічні дані трактора АДС-1000

Зварювальний струм, А	400 – 1200
Номінальний зварювальний струм при ПР – 60 %, А	1000
Діаметр електродного дроту, мм	3-6
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	45-960
Швидкість зварювання, м/год	10-70
Вага, кг	65

2.3. Переваги й недоліки автоматичного зварювання під флюсом

Автоматичне зварювання під флюсом забезпечує високу продук-тивність, у 6-10 разів більшу, ніж продуктивність ручного дугового зварювання. При автоматичному зварюванні можна застосовувати високу швидкість, що при напівавтоматичному зварюванні обмежу-ється фізичними можливостями зварювальника. Завдяки кращому використанню тепла та відсутності втрат електродного металу при автоматичному зварюванні під флюсом зменшується витрата електро-енергії та дроту.

Внаслідок можливості регулювання на пульті керування швид-костей зварювання (швидкості переміщення автомата по виробу) та подачі електродного дроту перед роботою встановлюються опти-мальні параметри зварювального режиму. Тим самим досягається найвища продуктивність та отримання повної площі зварювального шва (т. до. Виключаються пробні проходи як при напівавтоматич-ному зварюванні).

Для того, щоб режим зварювання був оптимальним, необхідно виконання наступної умови:

$$V_{зв} \cdot F_{ш} = V_{п.пр} \cdot f_{др} \qquad (1)$$

де **Vзв**. – швидкості переміщення автомата по виробу (паспортні дані автомата) регулюються на пульті керування, м/год;

Fш – переріз зварювального шва заданий конструктором на кресленні виконуваної роботи, мм^2;

Vп.пр. − швидкість подачі дроту (паспортні дані автомата), регулюється на пульті управління, м/год;

$f_{др}$ – переріз зварювального дроту підбирається в залежності від товщини матеріалу, що зварюється в межах діаметрів, допустимих паспортними даними автомата, мм^2.

Таким чином, задавши швидкість зварювання та визначивши $F_ш$ і $f_{др}$, визначають $V_{п.пр}$., м/год:

$$V_{П.ПР} = \frac{V_{ЗВ} \cdot F_ш}{f_{др}} \quad (2)$$

Потім на пульті управління перед зварюванням встановлюють певну величину $V_{п.пр}$.

Дуже суттєві та експлуатаційні переваги зварювання під флюсом. Вони виражаються у поліпшенні умов праці в зварювальних цехах, що обумовлено зменшенням виділення пилу та газів та відсутністю світлового випромінювання дуги.

Однак не завжди раціонально застосовувати автоматичне зварю-вання під флюсом, та й не завжди можливо. Зварювання під флюсом можливе лише в нижньому просторовому положенні. Зважаючи на громіздкість і складність обладнання, налаштування його вимагає певної витрати часу, яка виправдана тільки при великих обсягах роботи. Зварювальні трактори варять лише прямі шви. На конструк-ції, що зварюється, має бути місце для безперешкодного переміщення автомата.

Шов під флюсом формується непомітно, що виключає можли-вість контролю якості шва в процесі зварювання.

2.4. Техніка автоматичного зварювання

За допомогою зварювальних автоматів під флюсом можна варити прямолінійні та кільцеві шви стикових, таврових, кутових та нахльосткових з’єднань.

Конструктивні елементи підготовки кромок під автоматичне зварювання низьковуглецевої та низьколегованої сталі, встановлю-ються залежно від товщини та типу з’єднання.

Так, згідно зі стандартом, листи товщиною до 20 мм можуть бути зварені встик двостороннім швом без скосу кромок і зазору між ними не більше 1 мм.

При зварюванні заготовок більшої товщини для забезпечення

повного провару слід проводити обробку кромок під зварювання.

Перед зварюванням заготовки збираються під зварювання на прихватках, тобто. Скріплюються між собою короткими (20-30 мм) швами у потрібному положенні. Крім того, складання перешкоджає взаємним переміщенням заготовок у процесі зварювання.

Розглянемо основні способи автоматичного зварювання різних зварних з’єднань.

2.5. Зварювання стикових з'єднань

Зварювання на важелях (рис. 3.5). При зварюванні на важелях після зварювання з одного боку необхідно перевернути виріб на 180° (перекантувати), за допомогою допоміжного інструменту зачистити корінь шва від підтікання, рихління, оксидів і зробити *підварювання кореня шва.* Без підварювання кореня шва з'єднання буде різко ослаблене в районі кореня шва.



Зварювання на мідній підкладці, що охолоджується проточною водою. (рис. 3.6). При зварюванні на мідній підкладці забезпечується одночасне формування верхнього та нижнього валика шва. При невеликих товщинах до (10-12 мм) якість нижнього (зворотного) валика висока.

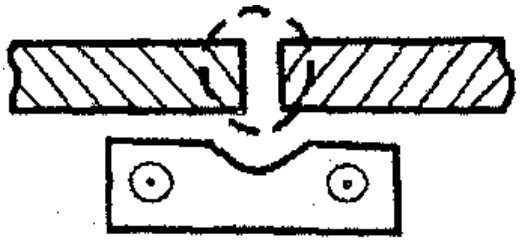


Рис. 3.6

Зварювання на стальній підкладці, що залишається (рис. 3.7). У тих випадках, коли зварювання зі зворотного боку стикового з'єднання неможливе, для забезпечення наскрізного проплавлення застосовують підкладку, що залишилася (наприклад, при зварюванні газових балонів).



Рис. 3.7

Зварювання на флюсовій подушці (рис. 3.8). При зварюванні на флюсовій подушці нижній валик формується на шарі флюсу. Флюсова подушка повинна з певним зусиллям притискатись до нижньої сторони з'єднання.

Якість зварювання дещо нижча, ніж при зварюванні на мідній підкладці, зате можна варити заготовки більшої товщини до 25-25 мм за один прохід.

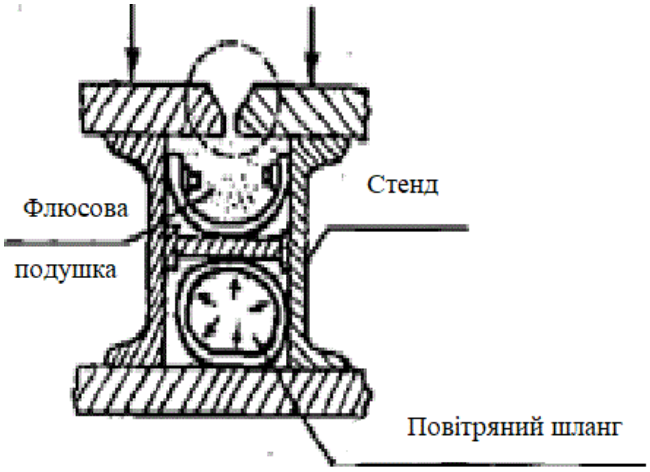
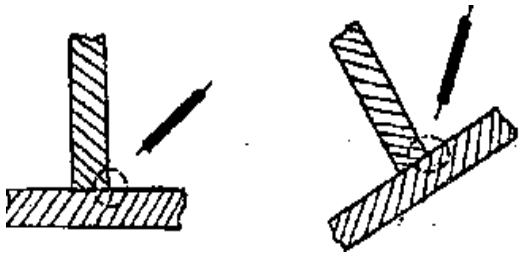


Рис. 3.8 Пристосування для зварювання на флюсовій подушці

Таврові, нахлестові, кутові з'єднання можна варити похилим електродом (*рис. 3.9 а*) або у «човник» (*рис. 3.9 б*).



а) ***б)***

Рис. 3.9

Похилим електродом за один прохід дуги варяться з'єднання за величиною катета шва до 10 мм. Шви з катетом понад 10 мм виконуються за декілька проходів.

При положенні в «човник» можна отримати шви з будь-яким розміром катета за один прохід. Положення в «човник» рекомендується по можливості застосовувати при всіх способах дугового зварювання, так як в цьому випадку забезпечується хороше формування шва. Зазор між деталями, що з'єднуються, буде не

більше 1 мм, що необхідно для запобігання витіканню розплавленого металу і шлаку зі зварювальної ванни.

3. Контрольні питання

1. У чому сутність автоматичного зварювання під флюсом?
2. Яке обладнання входить до установки для автоматичного зварювання під флюсом?
3. Поясніть, як влаштований та як підключається для зварювання зварювальний автомат АДС-1000?
4. Переваги та недоліки автоматичного зварювання під флюсом.
5. Як встановити оптимальний режим зварювання зварювальним автоматом?
6. Як можна зварити стикове з'єднання з одночасним формуванням верхнього нижнього валиків шва?
7. Як варяться таврові сполуки?

4. Зміст звіту

1. Записати основні визначення, формули.
2. Замалювати важливі схеми зварювальних напівавтоматів ПШ-54, А-547 і автомата АДС-1000 (рис. 1, 2, 3).
3. Описати технологію напівавтоматичного та автоматичного зварювання та наплавлення зразків (даних викладачем) на зварювальних напівавтоматах ЩІ-54, А-547, ПДГ-507У та автоматах АДС-1000 та АДФ-1000 із зазначенням наступного:
   - ескізів, виконаної роботи із зазначенням матеріалу, розмірів зразків та зварювальних швів;
   - матеріалу та діаметра зварювального дроту;
   - швидкості подачі дроту;
   - сили зварювального струму;
   - основного часу зварювання.

Примітка:

Для автоматичного зварювання під флюсом здійснити перед зварюванням зразків розрахунок оптимального режиму зварювання за формулою (2).

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Розрахунок режимів електродугового зварювання

Мета роботи:

Ознайомлення з методикою визначення режимів ручного дуго-вого зварювання металів.

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись з інструкцією до домашнього завдання та довідковою літературою.
2. Ознайомитися з вихідними даними з електродугового зварю-вання заданих конструкцій.
3. Здійснити розрахунок режимів електродугового зварювання заданої конструкції за методикою 1, викладеної в цій інструкції.
4. Оформити «Домашнє завдання» за встановленою формою та захистити.

1. Загальні відомості

Ручне дугове зварювання металів є способами зварювання, що отримали найбільше поширення внаслідок компактності обладнання, простоти його підготовки до роботи, а також отримання досить високої якості зварювальних робіт.

Ручне дугове зварювання застосовується при виробництві та ремонті металоконструкцій завтовшки від 2 до 30 мм. Особливо зручне ручне дугове зварювання при виконанні коротких швів та швів довільної форми в будь-яких просторових прокладаннях, а також у важкодоступних місцях.

При газовому зварюванні заготівлі нагріваються плавніше, ніж при дуговій. Це і визначає основні сфери її застосування: для зварю-вання металів малих товщин (0,2-3,0 мм), легкоплавких кольорових металів і сплавів, що вимагають поступового нагрівання та охолод-ження, наприклад, інструментальних сталей, чавуну, латунів; у цехо-вих та суднових умовах; для паяння та наплавних робіт; для підва-рювання дефектів у чавунних та бронзових виливках.

Для отримання оптимальної продуктивності, низької собівар-тості та високої якості зварювальних робіт по конкретному виробу необхідно правильно підібрати зварювальне обладнання, зварювальні матеріали та режими зварювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Китаев А.М., Китаев Я.А. Справочная книга сварщика. − М.: Машиностроение, 1985. С. 256.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник / Под ред. А.М. Дальского. − М.: Машиностроение, 1985. С. 448.

1. Методика розрахунку режимів дугового зварювання

Вибрати діаметр електрода залежно від товщини металу та типу зварного з'єднання.

Діаметр електрода d орієнтовно вибирається за табл. 1, виходячи з товщини металу

Таблиця 1

Товщина металу, мм	0,5	1-2	3-5	4-10	12-24 и більше
Діаметр електрода, мм	1,5	2-3	3-4	4-5	5-8

Примітка: Для чавунів, кольорових металів і сплавів величина діаметра даної таблиці остаточна, а для вуглецевих, низьколегованих конструкційних сталей, легованих теплостійких сталей, високолего-ваних сталей уточнюється в пп. 2 (а, б, в).

1. Розшифрувати марку матеріалу, що зварюється.
2. Вибрати тип електрода в залежності від матеріалу, що зварюється. Визначити марку електрода та його позначення за ГОСТ 9466-75 з розшифровкою всіх індексів (див. Додаток):

- електроди для зварювання вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей (табл. 4.1. С. 58 та табл. 4.7. С. 63-67 [1]);

- електроди для зварювання легованих теплостійких сталей (табл. 4.3. С. 60 та табл. 4.8. С. 68 [1]);
- електроди для зварювання високолегованих сталей з особливими властивостями (корозійностійкі, жаростійкі, жароміцні) (табл. 4.5. С. 60; табл. 4.9. С. 69-71; табл. 4.10. С. 72-74; табл. 5.35. С. 122-125 [1]);
- електроди для зварювання кольорових металів та сплавів

(табл. 4.19. С. 90-91 [1]);

- електроди для холодного зварювання чавуну (табл. 4.17. С. 87 [1]);

- електроди для зварювання різнорідних сталей (табл. 5.81. С. 149-150 і табл. 5.82. С. 151-152 [1]).

3. Визначити силу зварювального струму $I_{св}$:

1) для зварювання сталей та чавуну

$$\boldsymbol{I_{св} = K \times d_e} \qquad (1)$$

К − коефіцієнт пропорційності:

К = 40-60 А/мм − зварювання мало вуглецевих сталей;

К = 35-40 А/мм − зварювання високолегованих сталей;

К = 25-30 А/мм – зварювання чавуну;

2) зварювання кольорових металів − сила струму $I_{св}$ уточнюється. за табл. 4.19. С.90-91].

Примітка:

Значення струму для зварювання сталей уточнюється за табли-цями довідника [1] пп. (2 а, б, в). Для зварювання, вертикальних та стельових швів силу струму зменшують на 10-20 %, а електроди застосовують діаметром не більше 4 мм.

4. Визначити довжину зварювальної дуги (відстань між кінцем електрода і елементами, що зварюються по обробці зварного шва) l_d, мм

$$\boldsymbol{l_d = 0{,}5d_e + 1}$$

5. Визначити напругу горіння зварювальної дуги

$$\boldsymbol{U_д = \alpha + \beta\, l_d},$$

де $\boldsymbol{\alpha}$ − коефіцієнт пропорційності, що характеризує падіння напруги на електродах $\boldsymbol{\alpha}$ = 10-12 В;

$\boldsymbol{\beta}$ − коефіцієнт, що характеризує падіння напруги на 1 мм довжини дуги, залежить від виду газу та дугового проміжку (для повітряного середовища $\boldsymbol{\beta}$ = 2,0-2,5 В/мм).

6. Вибрати тип та марку джерела живлення.

Вибирається в залежності від обчислених величин зварювального струму $I_{зв}$ і напруги дуги $U_д$ (табл. 3.2. С.37; таб. 3.3. С. 39 та табл. 3.4. С.40 [1]).

Виписати з цих таблиць межі регулювання струму та величину номінальної напруги.

7. Визначити вагу розплавленого металу G_p.

$$G_p = S_{н.ш} \cdot L_ш \cdot Y_м \cdot K_p \quad (4)$$

де $S_{н.ш}$ площа наплавлення по перерізу зварного шва, заданого ГОСТом на кресленні, см^2 (Розраховується за ескізом завдання);

$L_ш$ − Довжина зварювальних швів на виробі (за ескізом завдання) див.

$Y_м$ − Щільність наплавленого металу, г/см^3 (для сталі **$Y_М$ = 7,8 г/см^3**, для чавуну **$Y_М$ = 7,0 г/см^3**, для алюмінію **$Y_М$ = 2,7 г/см^3** ,для бронзи **$Y_М$ = 8,8 г/см^3** , для латуні **$Y_М$ = 8,5 г/см^3**, для міді **$Y_М$ = 8,93 г/см^3**);

K_p**= 1,1 − 1,3** − коефіцієнт, що враховує розбризкування металу та чад електродів.

Примітка:

необхідна вага електродів

$$G_e = G_p \cdot K_n$$

де K_n **= 1,18−1,35** − коефіцієнт, що враховує вагу покриття електродів.

8. Розрахунок норми часу зварювання:

1) теоретична продуктивність зварювально-наплавних робіт Gn, г., визначається за формулою

$$Gn = \alpha_n \cdot I_{св} \cdot t_O, \quad (5)$$

де α_n − коефіцієнт плавлення (продуктивності), який вказує, скільки електродного металу плавиться під дією зварювального струму у І А за одиницю часу 1г; (Для чавуну α_n **– 7 − 10 г/А·год**); для сталей та кольорових сплавів за таблицями п. 2 цієї методики.

t_O − Основний час (час горіння дуги), год;

2) з умови $G_n = G_p$ (Див. пункти (7, 8) визначаємо основний час t_Q

$$t_0 = \frac{G_n}{a_n \times I_{зв}} \quad (6)$$

3) повна норма часу Т складається з наступних елементів (на основні операції)

$$T = t_n + t_O + t_\partial + t_Д + t_З \quad (7)$$

де t_n – підготовчий час – виділяється на отримання робочим завдання, підготовку і налагодження устаткування й пристосувань;

t_0 – основний час – час виконання безпосередньо основної операції (час горіння дуги);

t_∂ – допоміжний час – включає час на зміну електродів, очищення кромок та швів, їх огляд, таврування, переходи на іншу пози-цію тощо;

$t_Д$ – додатковий час – передбачається на обслуговування робочого місця (догляд за обладнанням, підтримання порядку на робочому місці, розкладку та прибирання інструменту, включення та вимикан-ня джерел живлення, регулювання режимів зварювання), відпочинок та природні потреби;

$t_З$ – заключний час – здавання роботи представникам відділу технічного контролю або Реєстру.

При укрупненому нормуванні в даному розрахунку повний час $T_ч$ визначається через основний час t_O та коефіцієнт обліку організа-ції праці $K_{об}$:

Для цього розрахунку

$$T_ч = \frac{t_0}{K_{об}} \quad (8)$$

де $K_{об} = 0{,}25 - 0{,}40$ (для ручного дугового зварювання).

Примітка:

У виробничих умовах за повним часом Т, знаючи розряд виконуваної роботи за складністю, визначають вартість зварювально-наплавних робіт з конкретних виробів.

ДОДАТОК

Відповідно до ДСТУ EN ISO 2560:2014 умовне позначення електродів для дугового зварювання та наплавлення нелегованих сталей виглядає таким чином.

За своїм призначенням електроди класифікують, виходячи з міцності і динамічних властивостей металу шва, наплавленого електродом діаметром 4 мм., при цьому використовують системи, які базуються на показниках межі текучості або міцності, ударної в'язкості.

Класифікація відповідно до системи А базується головним чином на стандарті EN 499:1994. Умовне позначення електрода за системою А складається з таких символів.

1. Е – символ ручного дугового зварювання, стоїть на початку марки електрода.
2. Цифра коду Е35 – Е50 − символи міцності: межа текучості σ_{min} МПа, межа міцності $\sigma_в$ МПа, відносне подовження δ_{min} %.
3. KCV 47 Дж – символ ударної в'язкості що забезпечується при температурах від +20°С до -60°С.
4. Символ хімічного складу металу шва – вміст легуючих елементів.
5. Символ типу електродного покриття.
6. Символ положення зварювання у просторі.
7. Символ вмісту дифузійного водню в металі шва, $см^3/100$ г.

Таким чином можна позначити і вітчизняну марку електрода АНО-6:

E	42	2	Без символа	R	1	H10

На такому ж принципі побудовані позначення на інші електроди, наприклад ДСТУ EN ISO 18275:2014 Матеріали зварювальні. Електроди покриті для ручного дугового зварювання високоміцних сталей.

E **46** **5** **1Ni** **B** **1** **2** **H5**

Символ ручного дугового зварювання

Цифра коду	$\sigma_{m\ min}$ Н/мм	$\sigma_в$ Н/мм	δ_{min} %
35	355	440-570	22
38	380	440-600	20
42	420	500-640	20
46	460	530-680	20
50	500	560-720	18

*Якщо межа текучості менша наведеної, треба скористатись за наявності величиною σ_0,

Символ або цифра коду	Температура Т, °С,при якій мінімальна ударна в'язкість*, складає 47 Дж/см^2
Z	Не регламентується
A	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50

* Величина одержана при випробуванні трьох зразків з V – подібним надрізом. Тільки один може мати показник нижче 47 Дж/мм^2

Символ сплаву	Хімічний склад*, %		
	Mn	Mo	Ni
Без символа	2,0	-	-
Mn Mo	1,4	0,3-0,6	-
1 Ni	1,4-2,0	0,3-0,6	-
2 Ni	1,4	-	0,3-1,2
3 Ni	1,4	-	1,8-2,6
Mn 1Ni	1,4-2,0	-	0,6-1,2
1Ni Mo	>1,4	0,3-0,6	0,6-1,2
Z	Будь-який інший узгоджений склад		

* Якщо не позначено, то Mo<0.2, Ni<0.3, Cr<0.2, V<0.8, Nb<0.05, Cu<0.3

Символ	Найбільший вміст водню в металі шва, см^3/100 г
H5	5
H10	10
H15	15

Цифра кода	Положення зварювання
1	Всі
2	Всі крім вертикального зверху вниз
3	Кутовий шов, горизонтальне нижнє і вертикальне, стиковий шов, нижнє
4	Кутовий і стиковий шви, нижнеє
5	Вертикальне зверху вниз і положення за кодом 3

Цифра коду	Коефіцієнт ваги покриття Рпокр, %	Вид струму Рстр
1	<105	Змінний, постійний
2	<105	Постійний
3	>105≤125	Змінний, постійний
4	>105≤125	Постійний
5	>125≤160	Змінний, постійний
6	>125≤160	Постійний
7	>160	Змінний, постійний
8	>160	Постійний

* При зварюванні на змінному струмі $U_{x.x.}$<6.5 В

Символ	Тип покриття
A	Кисле
C	Целюлозне
R	Рутилові
RR	Товсте рутилове*
RC	Рутил-целюлозне
RA	Рутил-кисле
RB	Рутил-основне
B	Основне

*Відношення діаметру покриття до діаметру стрижня ≥1,6

ФОРМА СКЛАДАННЯ ЗВІТУ
ЗА ВИКОНАНИМ ДОМАШНІМ ЗАВДАННЯМ
(СКЛАДАЄТЬСЯ НА ОКРЕМИХ АРКУШАХ)

Домашнє завдання

«Розрахунок режимів електродугового зварювання»

Варіант №
Виконав ст.

факультет, курс, група, дата

Прийняв: **П.І.Б. – викладача**

Оформлюється на титульному аркуші.

На наступному аркуші зазначені.

1. Розрахунок режимів ручного дугового зварювання.

Вихідні дані:

- виписуються з картки завдання із зазначенням характеристик зварного з'єднання та матеріалу, що зварюється, і з виконанням ескізу зварної конструкції.
- далі проводиться розрахунок даних згідно з методикою 1 в інструкції до справжнього домашнього завдання.

2. Розрахунок режимів газового зварювання

Вихідні дані:

- переписуються з картки завдання із зазначенням характеристик зварного з'єднання та матеріалу, що зварюється, і з виконанням ескізу зварної конструкції.
- далі проводиться розрахунок даних згідно з методикою 2 в інструкції до справжнього домашнього завдання.

Примітка:

Розрахунок режимів проводити у послідовності, зазначеній у методиках.

Вказувати у розрахунках: посилання на формули, таблиці довідкової літератури (із зазначенням сторінок) та рекомендації методики розрахунків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підручник «Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій» Биковський О.Г. Київ, Основа, 2021, 400 с.
2. Основи технології виробництва машин: навчальний посібник. Г.П. Кремнєв, В.М. Колеснік, Ф.В. Новіков, В.О. Жовтобрюх. Дніпро: ЛІРА, 2022. 136 с.
3. Автанділянц Є.Г., Зазимко О.В, Лопатько К.Г., Підручник Матеріалознавство, Гельветика, Київ, 2020 р., 612 с.
4. Мазур Н.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник. Н.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок та ін. − Львів: Новий світ, 2018. 471 с.
5. Василь Сердюк, Технологія конструкційних матеріалів: під-ручник для студентів техн. спец. закл. фах. вищ. освіти. Житомир: Рута, 2022 р., 229 с.
6. Матеріалознавство, технологія конструкційних матеріалів і машинобудування: українсько-англійський тлумачний словник у 2-х книгах. Близько 20 000 слів та словосполучень. Книга 2. О-Я. Є.Г. Афтанділянц [та ін.]. − К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. 770 с.
7. Основи практичної підготовки моряків. Стальніченко О.І., Іоргачов Д.В., Іоргачов В.Д. Одеса Астропринт, 2024 р., 408 с.