

І. В. Гуменюк

ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти та науки України

Київ
«Грамота»
2014

УДК 621.791.5:7(075.8)

ББК 34.641я73

Г 94

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ МОН України від 09.09.2014 р. № 1039)*

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Рецензенти:

- В. Н. Ватюшич* — заступник директора з навчальної роботи Технічного коледжу Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, доцент, кандидат технічних наук;
О. Ф. Івасюків — заступник директора Навчально-методичного центру професійно-технічної освіти в Тернопільській області, викладач-методист;
Я. Ю. Вовк — заступник генерального директора з науково-технічного розвитку ТОВ «ОСН Корпорація "Ватра"»

Гуменюк І. В.

Г 94 **Обладнання та технології зварювальних робіт : навч. посіб. / І. В. Гуменюк. — К. : Грамота, 2014. — 120 с.**

ISBN 978-966-349-503-3

У посібнику описано технології ручного дугового, механізованого та газового зварювання. Наведено відомості про обладнання, інструменти, режими й прийоми виконання електрогазозварювальних робіт. Розглянуто технологічні процеси зварювання різних металів і сплавів у різних просторових положеннях. Вкладено особливості техніки дугового й газового зварювання та різання.

Для учнів професійно-технічних навчальних закладів з професії «Електрогазозварник», а також кваліфікованих робітників на інтегрованою професією «Зварник»; викладачів і майстрів виробничого навчання.

УДК 621.791.5:7(075.8)

ББК 34.641я73

© Гуменюк І. В., 2014

© Видавництво «Грамота», 2014

ISBN 978-966-349-503-3

ПЕРЕДМОВА

Динамізм соціально-економічного й науково-технічного розвитку України за ринкових відносин вимагає всебічної активізації інтелектуального потенціалу суспільства, докорінного покращення підготовки та перепідготовки кваліфікованих робітників для всіх галузей національного господарства. Швидка зміна технологій, невидима дог рухливість і змінюєть характеру праці визначають потребу в постійному оновленні технічних знань, необхідність підтримувати на високому рівні готовність виконувати складні соціальні та професійні функції, оперативно враховувати зміни соціальної практики. Усе це потребує вдосконалення методики викладання спеціальних дисциплін, які покликані формувати в учнів уміння самостійно й правильно опіювати факти, явища та процеси, осмислити переробляти новітню науково-технічну інформацію, що надходить із різноманітних джерел, розвивати к молоді творче технічне мислення.

Одним із напрямів інтенсифікації навчання є використання навчально-ілюстраційних форм, що допомагає викладачеві визначати в навчальному матеріалі основні положення, а учнів принає до раціональних способів запису науково-технічної інформації.

Навчальний посібник «Обладнання та технології зварювальних робіт» створено для підготовки фахівців з професії «Електрогазозварник».

Зміст посібника відповідає тижній навчальній програмі з предмета «Обладнання та технології зварювальних робіт» державного стандарту професійно-технічної освіти для підготовки (підвищення кваліфікації) робітників з професії «Електрогазозварник» 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 розрядів у професійно-технічних закладах освіти та нового стандарту ДСТУ 7219:2011 підготовки кваліфікованих робітників за інтегрованою професією «Зварник», що включає 4 спеціалізації.

1. Ручне дугове зварювання похитними електродами (Е1);
2. Механізоване дугове зварювання плавким металевим електродом (Е2);
3. Ручне дугове зварювання неплавким металевим електродом в інертних газах (Е3);
4. Газове зварювання (Г1);

і 3 кваліфікаційні рівні з кожної спеціалізації.

I рівень — зварювання кутовими швами конструкцій із плоских деталей і з'єднань плоских деталей з трубами;

II рівень — зварювання кутовими й стиковими швами конструкцій із плоских деталей і з'єднань плоских деталей з трубами;

III рівень — зварювання з'єднань труб, трубних виводів, просторових вузлів і конструкцій.

Посібник містить систематизовані дані з різних джерел технічної інформації та велику кількість кольорових ілюстрацій, що допоможе учням краще розуміти, сприймати та засвоювати навчальний матеріал. Особливістю посібника є систематизована інформація про використання зварювальних матеріалів та обладнання, способи виконання зварювальних робіт, а також довідкові дані щодо фізико-хімічних механічних і технологічних характеристик зварюваних матеріалів. Тож посібник може використовуватися як опорні конспекти при вивченні предмета «Обладнання та технології зварювальних робіт».

Для кращого засвоєння матеріалу передбачені контрольні запитання та завдання, умовлені в кінці підручника. Їх можна також використовувати для самостійного вивчення матеріалу та самоконтролю.

Матеріал посібника буде корисним у вивченні основ зварювального виробництва при підготовці та перепідготовці кваліфікованих робітників у професійно-технічних закладах за професією «Електрогазозварник», при перепідготовці спеціалістів на курсах центрів зайнятості населення, а також для підвищення фахового рівня робітників на виробництві.

1. КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ЗВАРЮВАННЯ

Зварювання — це процес одержання нероз'ємного з'єднання матеріалів установленням міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні, пластичною деформацією або їх спільною дією.

Залежно від виду енергії розрізняють три класи зварювання: термічний, термохімічний і механічний.

До **термічного класу** належать види зварювання плавленням, у яких для розплавлення металу використовують теплову енергію:

- **дугове** — нагрівання здійснюється електричною дугою;
- **плазменне** — нагрівання здійснюється стиснутою дугою;
- **газове** — нагрівання здійснюється полум'ям газів;
- **електрошлакове** — для нагрівання використовують тепло, що виділяється під час проходження електричного струму крізь розплавлений електропровідний шлак;
- **електронно-променеве** — для нагрівання використовують тепло електричного променя, що виділяється внаслідок бомбардування зони зварювання спрямованим електронним потоком;
- **лазерне** — розплавлення здійснюється енергією світлового променя, одержаного від оптичного квантового генератора;
- **термітне** — використовується тепло, утворене під час спалювання термітного порошку — суміші алюмінію і оксиду заліза.

До **термохімічного класу** належать види зварювання, у яких використовують теплову енергію і тиск.

- **контактне** — з використанням тиску й нагрівання при проходженні електричного струму крізь контактні поверхні;
- **дифузійне** — відбувається через взаємну дифузійну атомів контактних поверхонь за тривалого впливу підвищеної температури й незначної пластичної деформації.

• **пресове** — нагрівання здійснюється полум'ям газів (газопресове зварювання), дугою (дугопресове зварювання), електрошлаковим процесом (шлакопресове зварювання), індукційним нагріванням (індукційно-пресове зварювання) термітом (термітно-пресове зварювання).

До **механічного класу** належать види зварювання, що виконуються з використанням механічної енергії і тиску.

• **ультразвукове** — тиск створюється ультразвуковими коливаннями;

• **холодне** — використовується тиск при значній пластичній деформації без нагрівання;

• **зварювання вибухом** відбувається внаслідок спричиненого вибухом удару швидко рухомих частин;

• **зварювання тертям** — відбувається під час стискання і нагрівання зварюваних деталей унаслідок тертя при їх обертанні;

• **імпульсно-магнітне** — тиск електрода здійснюється імпульсним магнітним полем, завдяки чому подача електрода над час стискання прискорюється настільки, що чабирає ударного характеру.

Ручне дугове зварювання виконується зварником вручну і передбачає збудження дуги, її стійке горіння, подачу електрода до зони плавлення, переміщення дуги вздовж зварювальних кромок з певною швидкістю і заварювання кратерів у кінці шва.

Механізоване (напівавтоматичне) зварювання передбачає збудження й стійке горіння дуги, переміщення дуги вздовж зварювальних кромок і заварювання кратерів у кінці шва зварником вручну, а подачу електрода до зони зварювання, захисних газів або флюсів виконують механізми.

Автоматичне зварювання передбачає автоматизацію процесів збудження та підтримування стійкого горіння дуги, подачі дроту до зони плавлення, переміщення дуги в заданому напрямі вздовж зварювальних кромок з певною швидкістю, припинення зварювання й заварювання кратерів у кінці шва.

Умовні позначення основних способів зварювання: Р — ручне дугове (штучним електродом); ЕЛ — електронно-променеве; Ф — дугове під шаром флюсу; ПЛ — плазменне і мікроплазменне; УЛ — зварювання в активному газі (або суміші активного та інертного газів плавким електродом); ІІІ — зварювання в інертному газі неплавким електродом; Г — газове.

2. ЗАВРНІ З'ЄДНАННЯ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ВИЗНАЧЕННЯ

Зварні з'єднання – нероз'ємне з'єднання, виконане зварюванням (рис. 1).

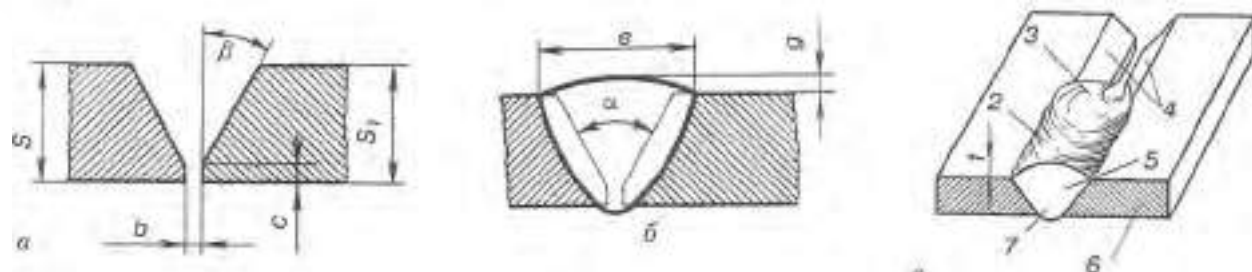


Рис. 1. Стикове з'єднання.

a – підготовка до зварювання, *b* – виконаний шов; *a* – зовнішній вигляд з'єднання. 1, *d* – підсилення шва; 2 – зварний шов; 3 – зварювальна ванна; 4 – кромки; 5 – метал шва; 6 – основний метал; 7 – корінь шва; *b* – зазор; *c* – притуплення кромки, *e* – ширина шва, *S*, *S1* – товщина зварювання металів, α – кут між скошеними кромками; β – кут скосу кромки

Зварний шов 2 – ділянка зварного з'єднання, утворена внаслідок кристалізації металу зварювальної ванни.

Зварювальна ванна 3 – ділянка зварного шва, яка при зварюванні перебуває в рідкому стані.

Кратер – заглиблення, утворене у зварювальній ванні тиском дуги (полум'я).

Основний метал 6 – метал, що підлягає з'єднанню зварюванням.

Присаджувальний метал – метал, призначений для введення у зварювальну ванну, до розплавленого основного металу.

Наплавлений метал – переплавлений присаджувальний метал, уведений у зварювальну ванну до основного металу.

Метал шва 5 – сплав, утворений переплавленими основним і наплавленим металами.

Кромки 4 – торцеві поверхні деталей, які підлягають зварюванню.

Розчищення кромки – надання потрібної форми кромкам, які підлягають зварюванню.

Скіс кромки – прямолінійний або криволінійний зріз кромки, яка підлягає зварюванню.

Притуплення кромки c – скошена частина торця кромки.

Зазор b – відстань між притупленнями кромки.

Кут скосу кромки β – кут між площиною скосу кромки й торцем.

Кут розчищення кромки α – кут між скошеними кромками (кромки розчищають з метою кращого проварювання кореня шва).

Підсилення шва 1, d – частина металу шва, яка виступає над поверхнею зварюваних деталей.

Глибина проплавлення – найбільша глибина розплавленого основного металу в перерізі шва.

Корінь шва 7 – частина зварного шва, де дно зварювальної ванни перетинає поверхню основного металу.

Шар – частина металу зварного шва, утворена одним або двома валками, які розташовані на одному рівні поперечного перерізу шва.

Валик – метал, наплавлений або переплавлений за один прохід.

Прохід – одноразове переміщення в одному напрямі джерела нагрівання.

Багатопаровий шов – шов, утворений декількома шарами.

Підварний шов – менша частина двобічного шва, яка виконується попередньо для запобігання пропалах при наступному зварюванні або накладається наприкінці зварювання в корінь шва для забезпечення високої якості шва.

Заготовка – матеріал, що призначений для обробки і має певні розміри з урахуванням припусків на обробку.

Напівфабрикат – заготовка, яка пройшла часткову обробку й призначена для подальшої обробки.

Деталь – виріб, виготовлений з однорідного за назвою і маркою матеріалу, без застосування складальних операцій.

Складальна одиниця (вузол) – сукупність з'єднаних між собою деталей.

Виріб – кінцевий продукт виробництва, який являє собою будь-який предмет або групу предметів, виготовлених на підприємстві.

3. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗВАРНИХ ШВІВ

Зварні шви (рис. 2) класифікують:

- за типом з'єднання: стикові 1, кутові 2, таврові 3, внапуск 4, тирцеві 5;
- за проляжністю: непереривчасті 6, переривчасті 7, переривчасті ланцюгові 8, переривчасті шахматні 9;
- за кількістю шарів (шликів): одношарові 10, багатшарові 11;
- за формою локотинної поверхні: нормальні 12, умігнуті 13, випуклі 14;
- за відношенням до навантаження: робочі стикові 15, кутові 16, флангові 17, лобові 18, комбіновані 19, косі 20, заїзувальні 21;

- за довжиною: короткі (до 300 мм) 22, середні (до 1000 мм) 23, довгі (більше 1000 мм) 24;
- за характером виконання: однібічні 25, двібічні 26;
- за положенням у просторі: нижні 27, горизонтальні 28, вертикальні 29, стельові 30, «у човник» 31;
- за конфігурацією: прямолінійні 32, криволінійні (фігурні) 33, кільцеві 34, кільцеві спіральні 35;
- за способом утримування зварювального ванка: у висячому положенні 36, на підкладці 37.

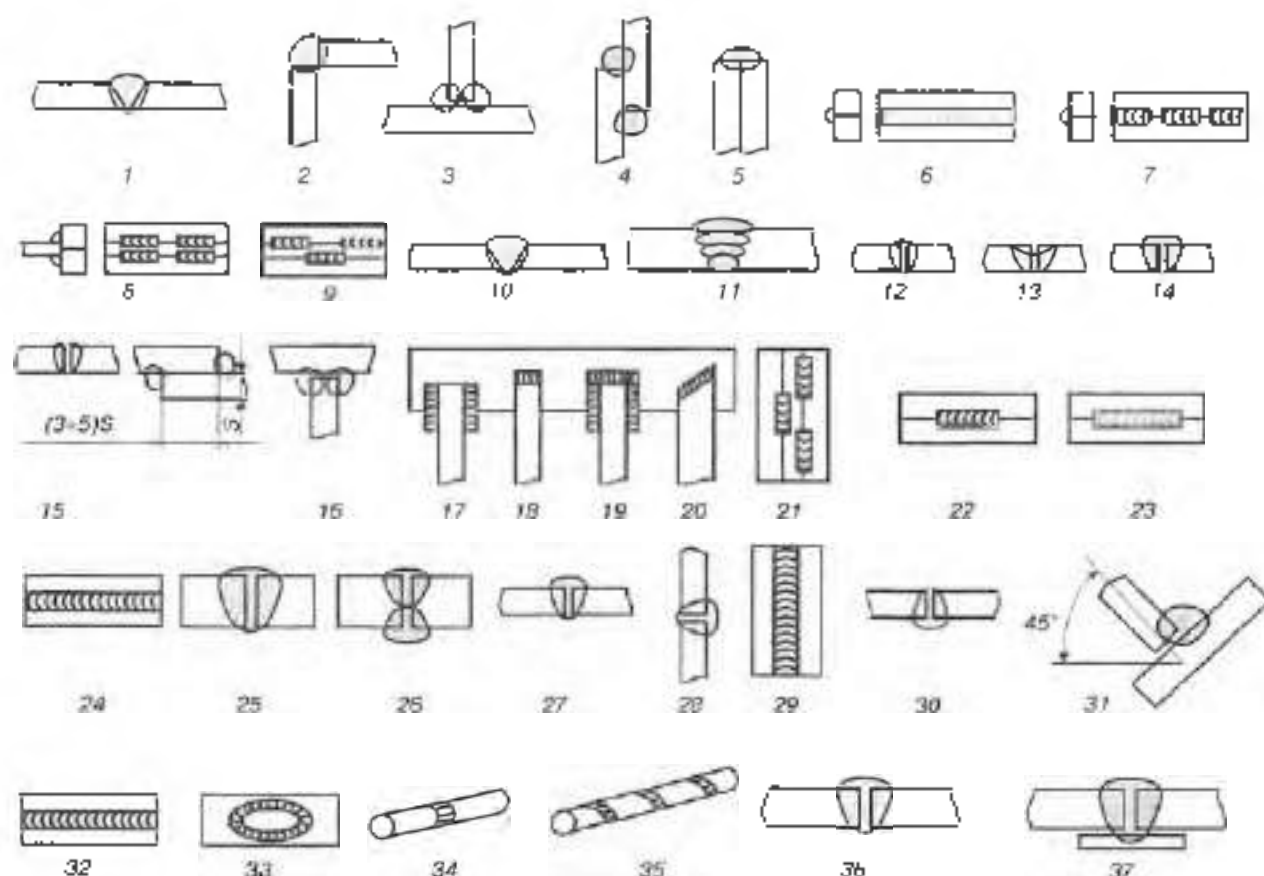


Рис. 2. Види зварних швів

4. УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ШВІВ ЗВАРНИХ З

Видимі шви на кресленнях зображують суцільними лініями, а невидимі штриховими (рис. 3). Для позначення зварних швів використовують допоміжні (умовні) знаки (табл. 1). Позначають шви ламаною лінією, яка складається з похилої ділянки з полички. Похила ділянка закінчується однібічною стрілкою, яка вказує місце розташування шва (табл. 2).

Для позначення виду з'єднання використовують букви: С – стикове, К(У) – кутове, Т – таврове, В(Н) – внапуск. Цифри після букв вказують порядковий номер шва в кожному конкретному стандарті (букви в дужках – російське позначення) і позначають форму підготовки кромки і характер зварного шва. Приклади буквенно-цифрового позначення швів наведено в табл. 3.

Табл. 1. Умовні знаки

Особливості шва	Позначення
Переривчастий із закріпленням розташуванням ділянок	
Переривчастий із наявністю розташуванням ділянок	
Монтажний	
За замкнутим контуром	
За незамкнутим контуром	
Із знятою випуклостю (підсиленням)	
Шов, що час містому пірибіку з плавним переходом до основного металу	

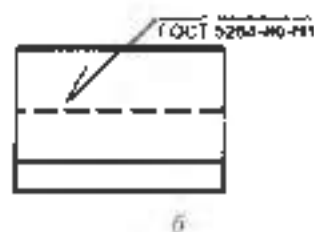
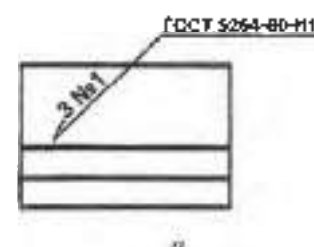


Рис. 3. Зображення видимого (а) і невидимого (б) швів

Табл. 2. Позначення зварних швів

Шов	Приклад позначення
Стиковий однібічний із відкладдо, що залишається зі скосом двох кромок виконаний дуговим зварюванням покритими електродами	ГОСТ 5264-80-С16
Стиковий двобічний із криволинійним скосом двох кромок виконаний дуговим зварюванням покритими електродами	ГОСТ 5264-80-С19
Стиковий двобічний із двома метричними галками для кромок виконаний дуговим зварюванням покритими електродами. Ділянка переходу від шва до основного металу додатково пірибілена	ГОСТ 5264-80-С21
Стиковий однібічний зі скосом двох кромок за замкнутим контуром. Випуклість шва знята механічною обробкою	ГОСТ 5264-80-С17
Шов кутиний із з'єднання однібічний зі скосом двох кромок, монтажний. Випуклість шва знята механічною обробкою. Катет шва 5 мм	ГОСТ 5264-80-У4
Шов таврового з'єднання однібічний виконаний дуговим зварюванням у нудкисломому газі плавним електродами. Шов переривчастий. Катет шва 6 мм, довжина дроварюваної ділянки 50 мм, крок 150 мм	ГОСТ 14771-76-Т4-УП
Шов таврового з'єднання двобічний без скосу кромок виконаний плазмотич зварюванням за замкнутим контуром. Катет шва 4 мм	ГОСТ 5264-80-Е1-ПЛ
Стиковий двобічний із двома метричними скосами двох кромок. Позначення пірибілене, якщо стандарт зазначений у примітках креслення	С 21
Спрощене позначення із позначеннями на кресленні однакових швів коли зазначене позначення біля одного з них за №1	№1

Табл. 3. Буквено-цифрове позначення швів

ГОСТ	Найменування ГОСТу	Тип з'єднання	Приклад позначення швів
5264-80	Рутне дугове зварювання з'єднання шварпальні	Стикове Кутинне Таврове Внапуск	С1 С40 К1 К10 Т1 Т14 В1 В2
14771-76	Дугове зварювання в захисному газі з'єднання зварювальні	Стикове Кутове Таврове Внапуск	С1 С27 К1 К10 Т1 Т9 В1 В4

5. ЗВАРЮВАЛЬНА ДУГА

Зварювальна дуга — це ділянка електричного кола, на якій проходить спад напруги і яка поділяється на три частини: катодну й анодну плями та стовп дуги (рис. 4, в; 5).

Послідовність виникнення дуги постійного струму показано на рис. 6. При цьому відбуваються такі процеси (рис. 4, б): **емісія** — поява електронів провідності; **іонізація** — утворення

позитивно заряджених частинок; **рекомбінація** — з'єднання негативно заряджених електронів і позитивних іонів та утворення нейтральних атомів



Рис. 4. Схеми горіння (а) та процеси, що відбуваються (б)

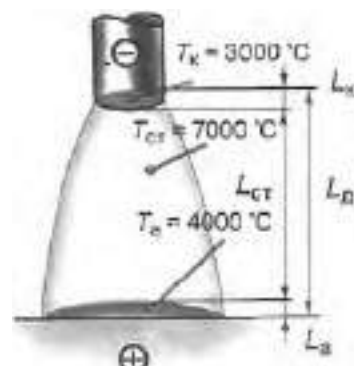


Рис. 5. Будова і характеристики зварювальної дуги.

L_k — катодна область; L_a — анодна область; $L_{ст}$ — стовп дуги; L_d — довжина дуги; $L_d = L_k + L_a + L_{ст}$; $L_a \approx L_k \cdot 10^{-5} + 10^{-3}$ см

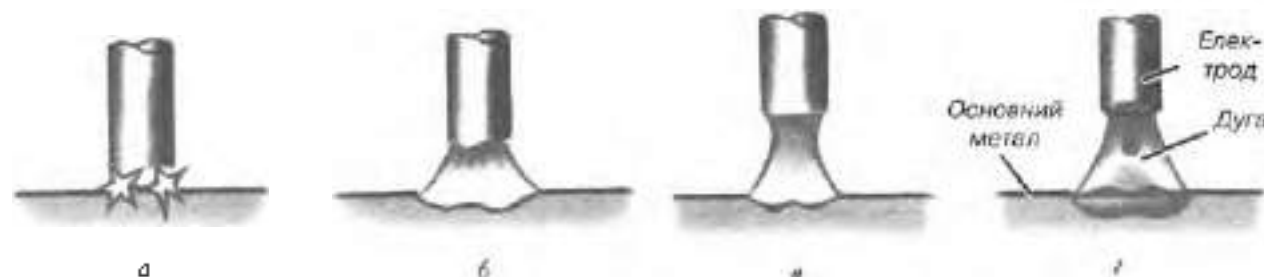


Рис. 6. Запалювання дуги постійного струму

а — коротке замикання; б — утворення прогару з рідкого металу; в — утворення шийки; г — зникнення дуги

Теплова потужність дуги

$$Q = 0,24 k I_{эл} U_d,$$

де Q — теплова потужність, кал/с; 0,24 — коефіцієнт переведення електричних величин у теплові, кал/ (Вт · с); k — коефіцієнт зниження потужності дуги при зварюванні на змінному струмі (0,7–0,97); $I_{эл}$ — струм зварювання, А; U_d — напруга на дузі, В.

Зварювальну дугу класифікують (рис. 7):

за використанням електродів — при плавкому (а) і неплавкому (б) електроді;
за стиснутістю дуги — вільна (в) і стиснута (г);
за полярністю постійного струму — пряма (е) і зворотна (є).

за довжиною (ж) — коротка (2–4 мм), нормальна (4–6 мм), довга (більше 6 мм).

Зворотку полярності використовують при зварюванні тонкої чи високолегированої сталі.

Причини відхилення зварювальної дуги є магнітні дуги (рис. 8), несиметричність обмазки електрода (рис. 9) і хімічна неоднорідність зварюваної сталі (рис. 10).

При несиметричному відносно зварювальної дуги підведенні струму до виробу дуга під впливом магнітних полів викривляється. Причина — наявність феромагнітних мас біля місця зварювання. При цьому стабільність горіння дуги порушується, процес зварювання утруднюється (рис. 11).

Щоб зменшити відхилення зварювальної дуги внаслідок магнітного дуги, застосовують такі заходи: зварювання короткою дугою; підведення зварювального струму в точку, максимально близьку до дуги; зменшення загибу електрода; розміщення біля місця зварювання компенсуючих феромагнітних мас; використання трансформаторів або інверторних джерел живлення.

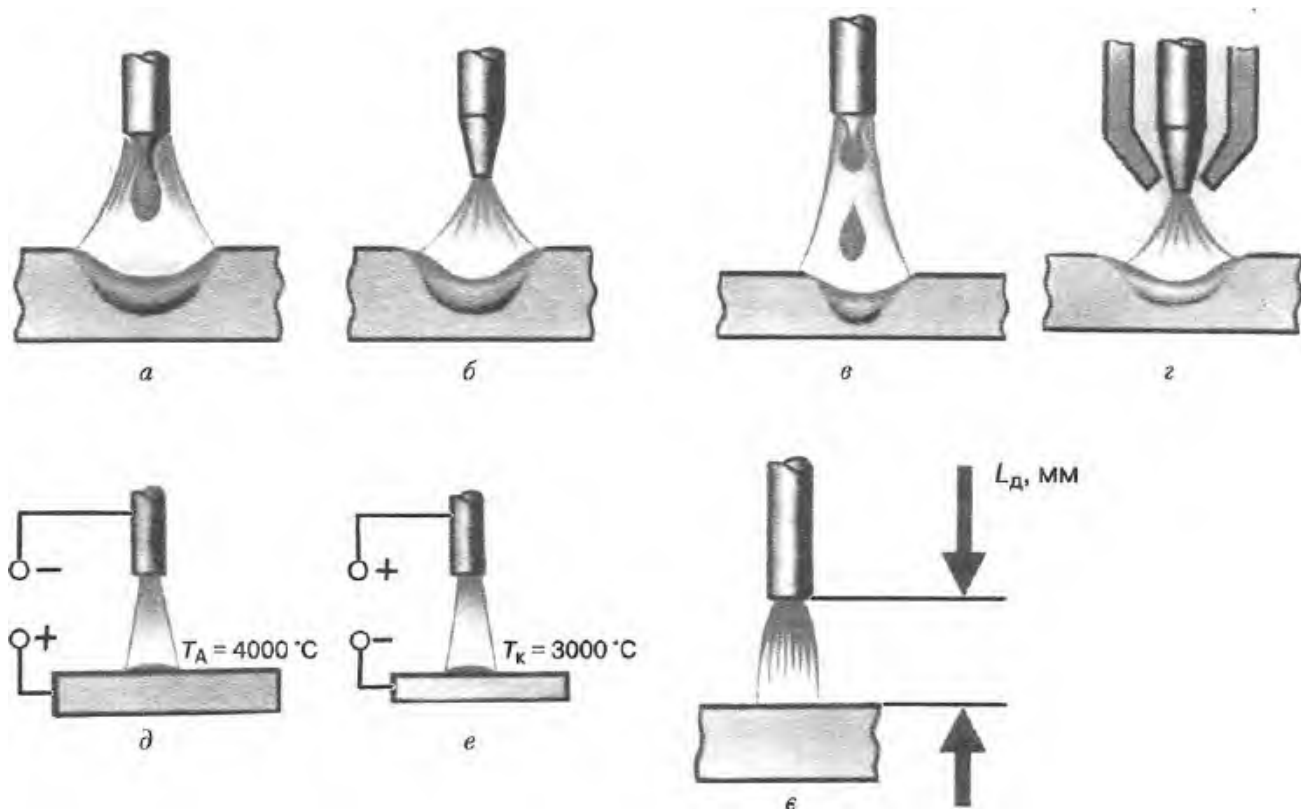


Рис. 7. Класифікація зварювальної дуги

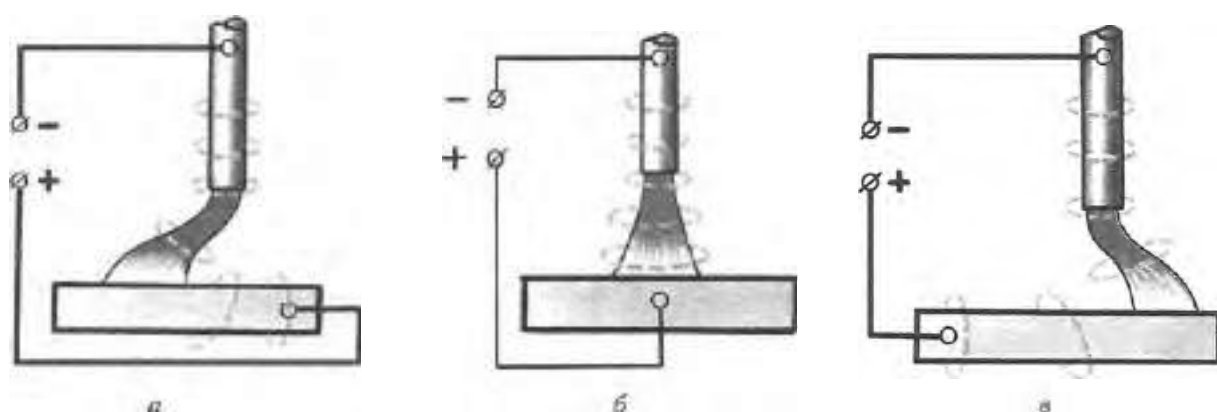


Рис. 8. Магнітне дуття:

а — зміщення вліво; б — нормальне положення дуги, в — зміщення вправо



Рис. 9. Несиметричність обмазки електрода

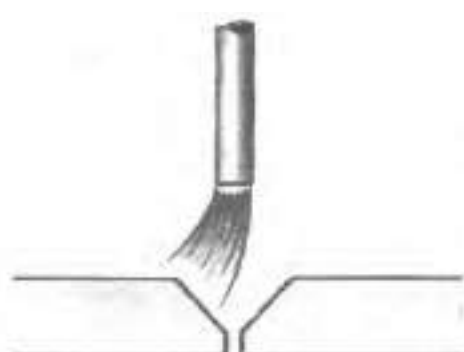


Рис. 10. Хімічна неоднорідність зварюваної сталі

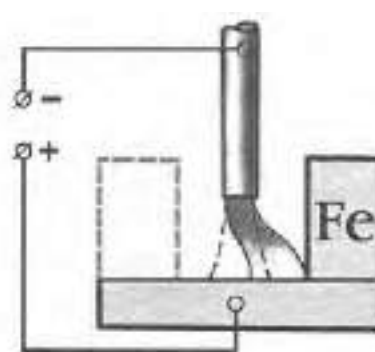


Рис. 11. Дія ферромагнітної маси

Уникнути відхилення дуги через несиметричність обматки електрода можна змінням кута нахилу електрода до виробу; зварюванням короткою дугою; застосуванням інверторних джерел живлення.

Попередити відхилення дуги внаслідок хімічної неоднорідності зварюваної сталі допоможе використання стабілізаторів дуги; зміння кута нахилу електрода до виробу; використання джерел змінного струму або інверторних.

6. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ПОСТ І ЙОГО ОБЛАДНАННЯ. ІНСТРУМЕНТИ Й ПРИЛАДДА ЗВАРНИКА

● **Зварювальний пост** — це робоче місце зварника, обладнане всім необхідним для виконання зварювальних робіт.

Зварювальний пост укомплектовують джерелом живлення, електродотримачем, зварювальними кабелями, щитком із світлофільтрами, різними інструментами для зачищення і вимірювання та іншим приладдям (рис. 12).

Зварювальні пости можуть бути сталінарними й дерев'яними.

Сталінарний пост (рис. 13) — це відкрита зверху кабіна для зварювання виробів невеликих розмірів. Каркас кабіни заввишки 1800–2000 мм виготовляють із сталі. Для кращої вентиляції стінки кабіни піднімають над підлогою на 200–250 мм. Їх виготовляють із сталі, азбестоцементних плит, інших негорючих матеріалів і фарбують вогнетривкою фарбою (цинкової, титанової білої, жовтої хрої), яка добре поглинає ультрафіолетові промені зварювальної дуги. Дверний проріз закривають брезентовою ширмою. Підлогу роблять з бетону, цегли, цементу.

● **Електродотримач** — це пристосування для закріплення електродів і підведення до них струму.

За конструкцією електродотримачі поділяють на такі види:

- *пальцеві* — ЭР-1 (зварювальний струм 300 А), ЭР-2 (500 А);
- *пальцеві* — ЭП-2 (250 А), ЭП-3 (500 А), ЭД-1201 (125 А), ЭД-3102 (315 А), ЭД-5001 (500 А);
- *пальцеві* — ЭДС-1201 (125 А), ЭДС-3101 (315 А), ЭУ-3001 (315 А), ЭУ-5001 (500 А);
- *пальцеві* — ЭВ-2 (125 А), ЭВ-3 (315 А), ЭВ-4 (500 А).

Електродотримачі мають відповідати таким вимогам:

- забезпечувати надійне затискання електродів;
- допускати затискання електрода не менше ніж у двох положеннях — перпендикулярно та під кутом не менше ніж 115° до осі електрода;
- уможлилювати швидку та легку заміну електродів (4 с);

• струмопровідні частини мають бути надійно ізольовані від випадкового стикання із зварюваними виробами або руками зварника;

- опір ізоляції має бути не менше ніж 5 МОм;
- рукоятка має бути виготовлена з ізолюючого матеріалу, її довжина — не менше ніж 120 мм;
- поперечний переріз рукоятки має вписуватися в коло діаметром не більше ніж 40 мм;
- електродотримачі мають втримувати без ремонту 8 тис. затискань

✚ Застосування саморобних електродотримачів забороняється.

● **Зварювальний кабель** — провід, призначений для з'єднання електродотримачів (пальників) із джерелами живлення та підведення зварювального струму.

Використовують гнучкі проводи з мідними або алюмінієвими жилами й гумовою ізоляцією марок РГД, РГДО, РГДВ, КРПГН, КРПТН, ПРН. Довжина кабелю при монтажних роботах може становити 40–50 м, але в таких випадках буде значний спад напруги. Допустимим уважатися спад напруги до 4 В. Якщо спад напруги більший, то джерело живлення наближають до місця зварювання або збільшують переріз зварювального кабелю.

Переріз кабелів вибирають залежно від сили зварювального струму з розрахунку $5\text{--}7\text{ А/мм}^2$. Переріз зворотного кабелю має відповідати перерізу основного. Кабель містить велику кількість відгалужених мідних дрітів діаметром 0,18–0,20 мм і буває одно- й двожильний. Зменшення перерізу кабелю призводить до перегрівання та швидкого руйнування ізоляції.

● **З'єднувальні (сполучні) муфти** — муфти для з'єднання частин зварювальних кабелів між собою.

Використовують муфти марок МС-2, МСТБ-2, М-315, М-500 та ін. Для кероміжного з'єднання кабелів застосовують з'єднувачі типу ССП-2.

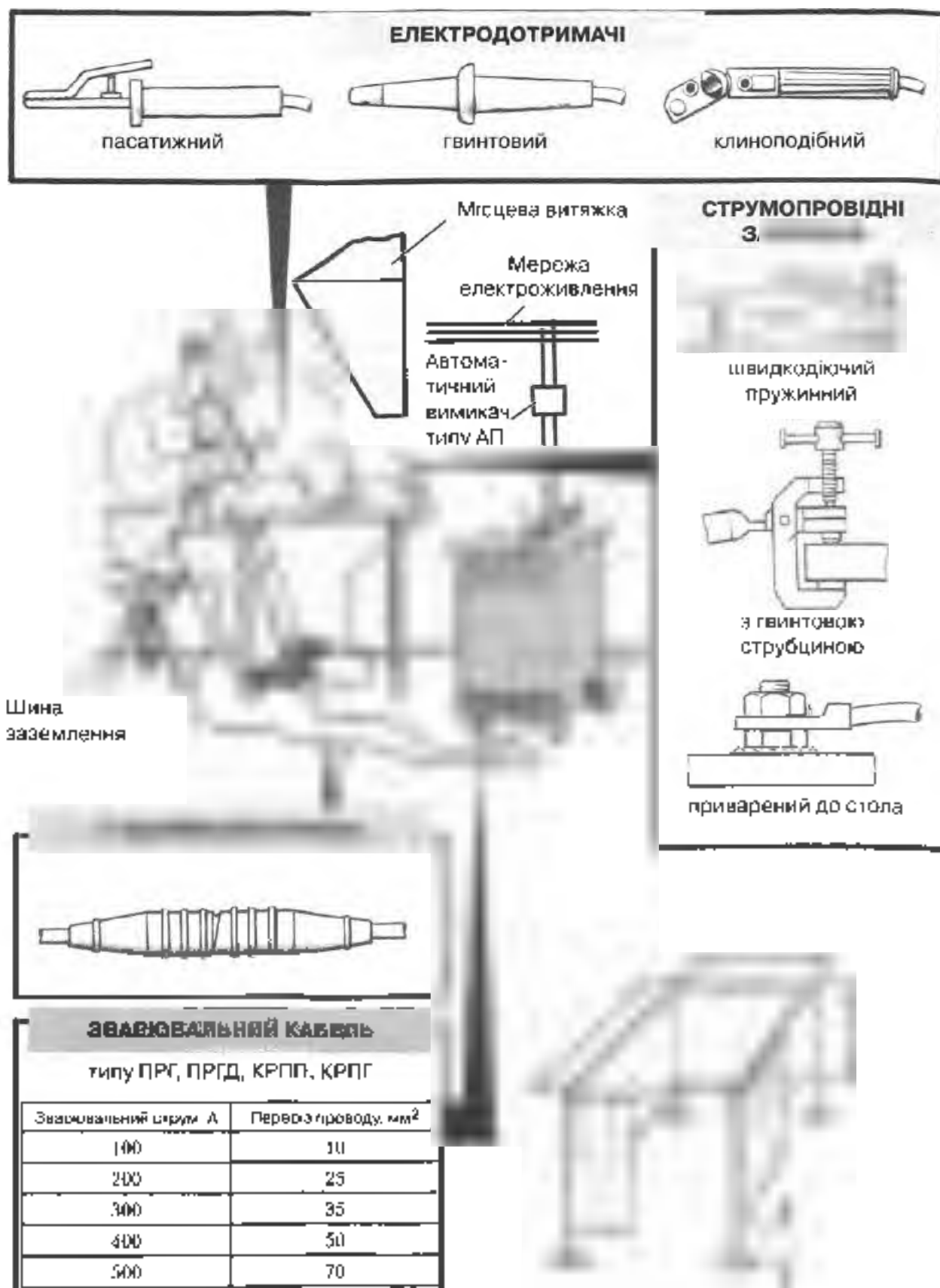


Рис. 12. Зварювальний пост і його обладнання

Рис. 13. Стационарный пост:
1 — сталеві або азбестові листи; 2 — защіпки із бронзи
з магнетитовим просоченням

До джерела живлення кабель може підключатися через приспівувальну муфту МС-3.

Зворотний кабель приєднують клемми заземлення типу КЗ 2 та КЗП 12. Як зворотний провід можуть використовуватися сталеві шини, зварювальні плити, сталеві й газів конструкція в тих випадках, коли їх переріз забезпечує безпечне за умовами нагрівання проходження зварювального струму. Окремі елементи, які використовуються як зворотний провід, мають бути з'єднані між собою болтами, стрічками або затискачами (див. рис. 12). При проведенні зварювальних робіт у пожежо- й вибухонебезпечних приміщеннях зворотний провід від виробу до джерела живлення має бути тільки ізольованим.

Не допускається з'єднання проводів на скрутках. В обортових виробках для під'єднання зворотного кабелю використовують ковзний контакт. Довжина проводів між живильною мережею і пересувними зварювальними агрегатами не повинна перевищувати 10 м.

Проводи (кабелі) необхідно захищати від механічних пошкоджень, стирання з водою, маслами, сталевими канатами, шлангами з горючими газами і гарячими трубопроводами.

Для виконання зварювальних робіт зварник повинен мати **допоміжний інструмент**: молоток, зубило, напилки, сталеву щітку, шиблони, кутник,

метр, висок, лінійку. Інколи зварювальний пост обладнують шліфувальною машинкою, спеціальними кромкорізами, дрелями тощо. Інструменти й електроди потрібно зберігати в ящиках, сумках або пеналах. Для просушування електродів використовують спеціальні **печі, шафи і пенали**.

Щоб захистити очі й лице зварника від променів електричної дуги та бризок розплавленого металу, застосовують **щитки або маски** із спеціальними світлофільтрами (рис. 14). Виготовляють їх із чорної фібри або спеціальної пластмаси. Залежно від сили зварювального струму щитки і маски оснащені світлофільтрами з темно-синього скла марки ТС-3С двох видів: світлофільтри для нормального огляду (розмір 52×102 мм) і збільшеного (90×102 мм), від 1,5 до 4,0 мм завтовшки (табл. 4). Із зовнішнього боку світлофільтри захищають від бризок розплавленого

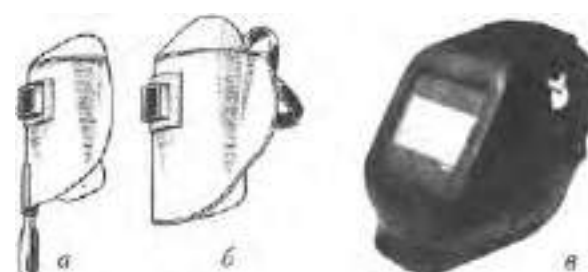


Рис. 14. Щиток (а), маска (б) електрозварника та класична зварювальна маска з автозатемненням оглядового вікна (в)

Табл. 4. Світлофільтри для дугового зварювання

Дугове зварювання металевим електродом										
Сила струму, А	15	30	60	150	275	350	600	700	900	
Позначення світлофільтра	С-3	С-4	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	
Дугове зварювання важких металів металевим електродом у середовищі інертних газів										
Сила струму, А	20	30	50	80	110	200	350	500	700	900
Позначення світлофільтра	С-3	С-5	С-4	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	С-12
Дугове зварювання легких сплавів металевим електродом у середовищі інертних газів										
Сила струму, А	15	30	50	90	150	275	350	600	900	
Позначення світлофільтра	С-4	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	С-12	
Дугове зварювання вольфрамовим електродом у середовищі інертних газів										
Сила струму, А	10	15	20	40	80	100	175	275	300	600
Позначення світлофільтра	С-3	С-4	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	С-13
Дугове зварювання металевим електродом у вуглекислому газі										
Сила струму, А	30	60	100	150	175	300	400	600	700	900
Позначення світлофільтра	С-1	С-2	С-3	С-4	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10
Плазмове зварювання і різання										
Сила струму, А	30	50	100	175	300	350	500	700	900	
Позначення світлофільтра	С-5	С-6	С-7	С-8	С-9	С-10	С-11	С-12	С-13	
Плутинно-дугове поверхневе різання, зварювання і виплавлення										
Сила струму, А	500			700			900			
Позначення світлофільтра	С-11			С-12			С-13			

ного металу віконним склом 2,5 мм завтовшки, яке в міру забруднення міняють.

 Категорично забороняється заміна світлофільтрів саморобним пофарбованим склом.

Світлове випромінювання дуги має послаблюватися світлофільтрами в 102–106 разів. Нині в Україні використовують світлофільтри серії С, які поділяють на 13 класів. Вони забезпечують захист очей від випромінювання при зварюванні на струмах від 5 до 1000 А. Світлофільтри підбирають залежно від характеру робіт і сили зварювального струму.

Для захисту очей робітників – помічників зварників – використовують світлофільтри типу В (В-1, В-2, В-3).

При використанні автоматичного світлофільтра (АСФ) «Хамелеон» зварник може виконувати всі

операції, не піднімаючи маску, адже АСФ «Хамелеон» має потенціометр для плавного регулювання затемнення. Електроживлення АСФ комбінуване: від літійового елемента і сонячної батареї. Час вмикання затемнення залежно від температури навколишнього середовища становить 0,1–1,0 мс.

Для уникнення теплових опіків зварник повинен працювати в *спеціальному одязі, рукавицях, взутті*, які мають бути легкими й термостійкими. Куртку і штани шиють із брезенту, сукни, замши. Кінці рукавів рекомендується зафіксувати, штани носити тільки навіпуск. Голова має бути захищена голівним убором, а при монтажних роботах – шоломом (каскою). Для зменшення шкідливого впливу на організм зварника пилу, шкідливих виділень, аерозолів застосовують місцеву й загальну вентиляцію та індивідуальні *респіратори*.

7. ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ, УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ

Джерела живлення зварювальної дуги класифікують (у дужках наведено їх умовне позначення).

- за *родом струму* – змінного і постійного струму (рис. 15);

- за *типом* – трансформатори (Т), випрямлячі (В), перетворювачі (П), генератори (Г), агрегати (А) установки (У);

- за *вибором* – для дугового зварювання (Д), для плазмового зварювання (П);

- за *способом зварювання* – для ручного, під флюсом (Ф), у захисних газах (Г), універсальні (У), в інертних газах (І), без захисту дуги (О), під флюсом і в захисних газах (ФГ);

- за *кількістю фаз* – однофазні, багатифазні (М);

- за *номінальним струмом* – на 125, 160, 200, 250, 310, 400, 500, 630, 1000, 1250, 1600, 2000, 2400, 3150, 5000 А;

- за *кліматичним виконанням* – для помірного клімату (У), для помірного й холодного клімату (УХЛ), для тропічного клімату (Т);

- за *категорією розміщення* – для роботи на свіжому повітрі (1); для приміщень, де коливання вологості й температури мало відрізняються від свіжого повітря (2); для закритих приміщень, де коливання вологості й температури, вплив шлу менші, ніж на свіжому повітрі (3); для приміщень із шкідливим кліматом (4); для приміщень з великою вологістю (5).

Умовні позначення способів зварювання: MIG – зварювання в інертних захисних газах (аргон, гелій); MAC – зварювання в активних захисних

газах (вуглекислий газ); TIG – аргонодугове зварювання неплавким електродом, ATIG – аргонодугове зварювання неплавким електродом з активованим флюсом; MMA – дугове зварювання покритим електродом; DC – постійний струм, AC – змінний струм.

Правильно вибрати джерело живлення іноді важко через обмежену інформацію про особливості його конструктивного та схемного виконання, технологічні можливості тощо.

Для електродугового зварювання використовують джерела живлення змінного струму (одно- й трифазні зварювальні трансформатори) і постійного струму (зварювальні випрямлячі, генератори, перетворювачі).

Джерела струму характеризують за такими параметрами: номінальний зварювальний струм, межі регулювання струму, напруга холостого (неробочого) ходу; коефіцієнт корисної дії; напруга живильної мережі; коефіцієнт потужності; зовнішня характеристика джерела живлення; режими роботи джерела струму, габарити і маса.

Вибираючи джерело живлення, керуються їх основними параметрами. Головним з них є *номінальний струм*. Джерела живлення для ручного зварювання розраховані на струм від 125 до 500 А, для напівавтоматичного – від 200 до 1000 А, для автоматичного – від 500 до 2000 А, багатифазні – від 1000 до 5000 А. Номінальний струм визначається допустимим нагріванням основних частин джерела живлення.



Рис. 15. Джерела живлення зварювальної дуги

Важливим параметром також є *номінальна робоча напруга*, яка відповідає певному значенню зварювального струму. Однопостові джерела зі спадною характеристикою для ручного зварювання мають номінальну напругу від 25 до 40 В.

Ще одна важлива характеристика — *напруга холостого (неробочого) ходу*. Вона має бути достатньою для легкого запалювання зварювальної дуги. Збудження дуги проходить легше за високої напруги холостого ходу джерела живлення. Залежно від умов зварювання, захисту дуги, складу електродного покриття напруга холостого ходу перебуває в межах від 40 до 90 В. У джерелах живлення для ручного зварювання її значення становить 60–80 В. Установки для плазмового зварювання можуть мати й більш високу напругу холостого ходу.

Визначальною характеристикою джерела живлення є *зовнішня, або вольт-амперна, характеристика*, тобто *зв'язність між напругою на вихідних клеммах джерела та силою зварювального струму*. Вона визначає електричні властивості джерела під час роботи. Зовнішні характеристики можуть бути зростаючими, жорсткими, похило- й крутоспадними. Вимоги до виду зовнішніх характеристик пов'язані з особливостями зварювального процесу, для якого призначене джерело живлення (відкриття дуги, у захисному газі, під флюсом, плавкий або неплавкий електрод). За-

лежно від способу формування зовнішньої характеристики може бути *природною* (завдяки внутрішньому опору силового трансформатора чи інших електромагнітних вузлів) або *штучною*, одержаною за допомогою електронних засобів керування. Зовнішню характеристику джерела живлення потрібно вибирати так, щоб зі зміною довжини дуги режим зварювання не змінювався.

Джерела живлення постійного та змінного струму з крутоспадною характеристикою використовують для ручного дугового зварювання подіфрановим електродом, автоматичного зварювання під флюсом з регулюванням швидкості плавлення електродного дроту залежно від напруги дуги. Завдяки підвищеній напрузі холостого ходу забезпечується надійне початкове й повторне запалювання дуги. У разі поєднання крутоспадної характеристики з похилою або жорсткою забезпечується висока стійкість горіння дуги при коливаннях її довжини (еластичність дуги), на постійному рівні підтримується сила струму та глибина проплавлення. Сила струму короткого замикання порівняно невелика, тому розбризкування електродного металу мале. Джерела живлення для ручного зварювання оснащені регулятором сили струму.

Джерела живлення з похилою характеристикою використовують для механізованого зварювання плавким електродам у захисних газах і для автоматичного зварювання під флюсом з по-

стійкою швидкістю подачі дроту. Вони працюють за принципом саморегулювання дуги. Високі межі коливання сили струму в дузі, викликані зміною її довжини, сприяють стійкому процесу зварювання. Пояснюється це тим, що в разі випадкового збільшення довжини дуги опір її зростає, а сила зварювального струму зменшується, тож дріт плавиться повільніше і при постійній швидкості його подачі обрішу дуги не буде. І навпаки, у разі випадкового зменшення довжини дуги опір її зменшиться, а зварювальний струм збільшиться, дріт буде плавитися швидше, а постійна швидкість його подачі забезпечить початкову довжину дуги.

У джерелах живлення для зварювання під флюсом є регулятор напруги, а сила струму, яка залежить від швидкості подачі дроту, настраюється механізмом подачі дроту. Для механізованого зварювання у вуглекислотному газі нагострюють джерела живлення постійного струму з похилою характеристикою. Постійний струм зворотної полярності поліпшує запалювання та покращує стійкість горіння дуги. Сила зварювального струму регулюється напіваавтоматом, а напруга дуги — джерелом живлення.

У випадках, коли одночасно потрібні виконувати ручне й механізоване зварювання, застосовують універсальні джерела живлення з жорсткими, похилою й крутоспадними довгочасними характеристиками.

Джерела струму повинні мати динамічну властивість швидко реагувати на всі зміни сили струму та напруги дуги в разі зміни режиму її горіння. Вони будуть задовільними, якщо час відновлення напруги після запалювання дуги від 0 до 25 В не перевищуватиме 0,05 с. В іншому разі після відриву електрода від виробу дуга може обірватися.

Робота джерел живлення проходить з по черговими вмиканнями й вимкненнями навантаження (під час очищення шва від шлаку, у разі зміни електрода й т. ін.) і характеризується тривалістю навантаження та тривалістю вимкнення.

Тривалість навантаження (ТН) характеризуються джерела живлення, які під час перерви

не вимикаються від електромережі, а продовжують працювати на холостому ході (при ручному зварюванні). Вона визначається за формулою

$$ТН = \frac{t_n}{t_n + t_{xx}} \cdot 100 \%,$$

де t_n — середній час навантаження (зварювання), хв, t_{xx} — середній час холостого ходу, хв.

Тривалість вимкнення (ТВ) характеризуються джерела живлення, які під час перерви повністю вимикаються від електромережі (при застосуванні механізованих способів зварювання), визначається за формулою

$$ТВ = \frac{t_n}{t_n + t_0} \cdot 100 \%,$$

де t_0 — середній час перерви, хв.

При тривалому режимі роботи джерело живлення працює з навантаженням безперервно (ТВ = 100 %).

Тривалість роботи зварювальних трансформаторів для ручного зварювання вказують такою, що дорівнює 5 хв, а для механізованого — 10 хв. Зазвичай для ручного зварювання $t_n = 3$ хв, а $t_0 = 2$ хв. Трансформатори механізованих способів зварювання виготовляють на ТВ > 60 %, що означає, протягом 10 хв він працюватиме 6 хв, а 4 хв буде вимкнений із мережі.

Максимально допустима сила зварювального струму $I_{\max}$ визначається за формулою

$$I_{\max} = I_{\text{ном}} \sqrt{\frac{ТН_{\text{ном}}}{ТН_{\max}}},$$

де $I_{\text{ном}}$ — номінальний зварювальний струм, А; $ТН_{\text{ном}}$ — номінальне значення тривалості навантаження, $ТН_{\max}$ — максимально допустиме значення ТН.

Визначивши за формулою максимально допустиму силу зварювального струму, можна завжди правильно використовувати джерело живлення, без перенавантаження (без перегрівання).

 **Неправильна експлуатація джерела живлення може призвести до передчасного виходу його з ладу!**

8. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР

 **Зварювальний трансформатор — електричний прилад, призначений для зниження напруги з 220 або 380 В до безпечної напруги, але достатньої для легкого запалювання та стійкого горіння електричної дуги (не більше 80 В) і регулювання сили зварювального струму залежно від діаметра електродного дроту й товщини зварюваного металу.**

Джерела змінного струму широко використовують для ручного дугового зварювання по-

критими електродами, на автоматах для зварювання під флюсом, для зварювання несплавленими

електродами в інертних газах (для алюмінію та його сплавів), у спеціальних установках і при електрошлаковому зварюванні. Джерела змінного струму порівняно дешеві та надійні в роботі.

Принцип дії зварювального трансформатора (рис. 16) ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Він складається з корпусу, усередині якого міститься магнітопровід (осердя), зібраний з тонких (0,5 мм) заложаних пластин електротехнічної сталі й на якому розміщені первинна та вторинна обмотки.

Якщо по первинній обмотці з більшою кількістю витків пропустити змінний струм (напругою 220 або 380 В), то він буде намагнічувати осердя трансформатора, створюючи в ньому змінний магнітний потік. Цей потік, впливаючи на вторинну обмотку з меншою кількістю витків, створюватиме (індукуватиме) у ній змінний струм меншої напруги.

Знижуючи напругу за допомогою трансформатора, у стільки ж разів збільшуватиме струм у вторинному колі, який у 3–6 разів більший, ніж первинний.

Котушки первинної обмотки вмикають у мережу змінного струму, а від котушок вторинної обмотки зварювальний струм подається на електрод і виріб. У момент підключення первинної обмотки до електромережі (вторинна обмотка розімкнута) установлюється *режим холостого (неробочого) ходу* трансформатора. Напруга вторинної обмотки під час холостого ходу є максимальною, її називають *напругою холостого ходу*. Відношення напруги первинної обмотки до напруги вторинної на холостому ходу називають *коефіцієнтом трансформації*. Ніяк до рідкісності відношення кількості витків первинної обмотки до кількості витків вторинної. Отже, у трансформаторах знижується напруга з 220 або 380 В до 60–90 В, тому їх називають *знижувачами*. Коли під час запалювання дуги коло вторинної обмотки замкнеться, установлюється *режим навантаження*.

Силу зварювального струму регулюють зміною напруги холостого ходу й опір трансформатора.

Плавне регулювання сили струму можна забезпечити пересуванням рухомих обмоток за допомогою гвинтового механізму і рукоятки, збільшуючи або зменшуючи відстань між первинною і вторинною обмотками. Зі збільшенням відстані магнітний зв'язок між обмотками зменшується (збільшується індуктивний опір) і, відповідно, зменшується зварювальний струм, а зі зменшенням відстані між обмотками зварювальний струм збільшується.

Регулювання струму можна здійснювати введенням магнітного шунта між обмотками, що збільшить магнітний потік розсіювання і зменшить струм. Знижуючи розташування шунта, за-

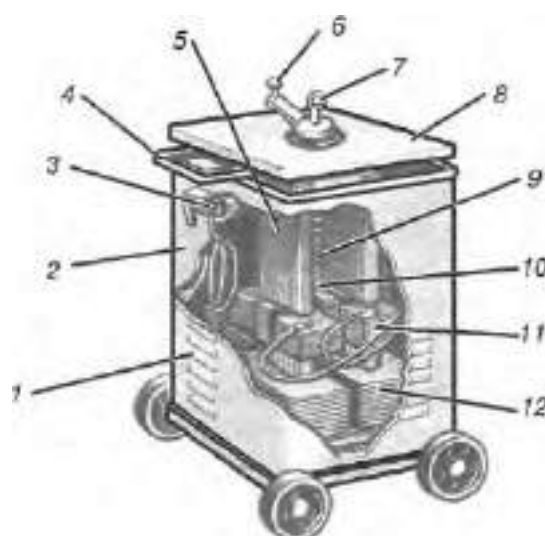


Рис. 16. Зварювальний трансформатор.

1 — отвори охолодження; 2 — корпус; 3 — затискач для приєднання проводів до зварювального кола; 4 — ручка; 5 — з'єднаний магнітопровід (осердя); 6 — рукоятка; 7 — рим-болт; 8 — кришка корпусу; 9 — вертикальний гвинт із стрічковою різьбою; 10 — лодова гайка гвинта; 11, 12 — вторинна й первинна обмотки трансформатора.

безпечують плавне регулювання зварювального струму. Використовують також і нерухомий магнітний шунт, який підмагнічується обмоткою керування постійного струму. Якщо в цій обмотці струм збільшити, то магнітний вплив шунта зросте, магнітний потік розсіювання зменшиться, а зварювальний струм збільшиться.

Змінюючи способи з'єднання обмоток, можна змінювати опір трансформатора ступінчасто. При послідовному з'єднанні первинних обмоток і послідовному з'єднанні вторинних опір трансформатора збільшується, а при паралельному з'єднанні первинних обмоток і паралельному з'єднанні вторинних загальний опір трансформатора зменшується. Коли використовується одна первинна й одна вторинна обмотки, то опір трансформатора дорівнює індуктивному опору. Отже, змінюючи з'єднання обмоток, отримують три ступені регулювання, тобто чотирикратну зміну струму.

Для *ручного дугового зварювання* використовують трансформатори типу ТД, ТДП, ТСП з рухомими котушками; СТШ, ТДМ — з рухомими магнітними шунтами; ТСМ — з намотуванням кабелю безпосередньо на кожух трансформатора для регулювання струму. Деякі типи трансформаторів оснащують пристроями для зниження напруги холостого ходу із збудником-стабілізатором ВСС і конденсаторами для підвищення коефіцієнта потужності.

Для *металізованого зварювання* використовують трансформатори типу ТДФ, ТДФЖ з тиристорним регулюванням; для електрошлакового — трансформатори типу ТСШ, ТРМК.

Конструктивні й технологічні особливості будови та роботи зварювального обладнання позначають, так: Ш — пунтований; К — з конденсатором; С — зварювальний; М — з механічним регулюванням струму; Е — з електричним регулюванням струму; Ж — з жорсткою зовнішньою вольт-амперною характеристикою; П — з похилою характеристикою; Б — агрегати з бензиновим двигуном; Д — агрегати з дизельним двигуном; И — імпульсно-дугове зварювання; Ч — частотні джерела живлення; П — напівавтомат; А — автомат.

В умовних позначеннях можливі інші літери, які означають конструктивні особливості, принцип роботи, підприємство, де виготовляється дже-

делю живлення, тощо. Наприклад, ВДУ-506УЗ розшифровується так: В – випрямляч, Д – дуговий, У – універсальний, 50 – на номінальний струм 500 А, 6 – модифікація, У – для помірного клімату, З – для закритих приміщень, де коливання температури, вологості, вплив пилу й пилу с меншими, ніж на свіжому повітрі.

Обладнання, яке виготовляють в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, позначають інакше. Наприклад, А-1416УХЛ4 розшифровується так: А – автомат, 1416 – номер проекту, УХЛ – для помірного та холодного клімату, 4 – для приміщень із штучним регулюванням клімату; ПШ112: П – напівавтомат, Ш – шланговий, 112 – реєстраційний номер розробки

9. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ВИПРЯМЛЯЧ

● Зварювальний випрямляч — прилад, призначений для перетворення змінного струму на постійний і живлення ним зварювальної дуги.

Випрямлячі класифікують

- за *кількістю об'єднаних постів* — однопостові багатопостові;
- за *кількістю фаз живлення* — однофазні;
- за *типом вентилів* — діодні, тиристорні, інверторні;
- за *способом регулювання струмом або напругою* — з механічним регулюванням ручними обмотками (типу ВД для ручного зварювання), з регулюванням зміною коефіцієнта трансформації силового трансформатора (типу РС для механізованого зварювання у вуглекислому газі), з регулюванням методом магнітної комутації (типу ВСЖ), з регулюванням за допомогою дроселя насичення (типу ВДГ), з регулюванням тиристорами (універсальні випрямлячі);
- за *схемою випрямлення* — одношівні періодні, трифазні, шестифазні;
- за *призначенням* — для ручного дугового зварювання (зі спадними зовнішніми характеристиками), для механізованого зварювання під флюсом (зі спадними зовнішніми характеристиками), для механізованого зварювання у вуглекислому газі (з похилоспадними зовнішніми характеристиками), універсальні (для всіх видів зварювання з крутоспадними й похилоспадними характеристиками).

Основними елементами випрямляча є трансформатор, регулюючий пристрій і напівпровідникові чечилді (селенові, кремнієві або германієві), які пропущають струм тільки в одному напрямку (рис. 17). Для зменшення розбризкування електричного металу та укладування

пульсації струму в коло постійного струму деяких випрямлячів зникають дроселі.

Розрізняють нерегульовані й регульовані випрямлячі.

Блок *регульованого випрямляча* (рис. 18) складається із силових діодів. Регулювання режимів зварювання комбіноване: ступінчасте — перемиканням обмоток із «зірки» на «трикутник» і плавне — зміною зазору між обмотками трансформатора.

Блок *регульованого випрямляча* (рис. 19) складається з тиристорів. Регулювання режимів зварювання комбінуване: ступінчасте — перемиканням обмоток із «зірки» на «трикутник» і плавне — блоком керування.

Випрямлячі малих струмів (не більш як 315 А) виготовляють за трифазною мостовою схемою; середніх струмів (до 500 А) – за шести-фазною схемою із зрівняльним реактором; великих струмів (понад 1000 А) – за шестифазною кільцевою схемою випрямлення.

Для ручного дугового зварювання використовують випрямлячі типу ВД-102, ВД-201, ВД-306 Д (БУСП-ТІГ) (ТІГ-ДС), ВД-506 Д (ММА-ДС) та ін., де: БУСП — блок керування зварювальним процесом; ТІГ — режим аргонодугового зварювання неплавким електродом; ДС — постійний струм; ММА — режим дугового зварювання покритим електродом.

Для механізованого лікування використовують випрямлячі типу ВС 300, ВДГИ 301, ВСЖ-303, ВДГ-401 та ін.

До джерел живлення універсального призначення належать випромінювачі типу ВДУ-504.

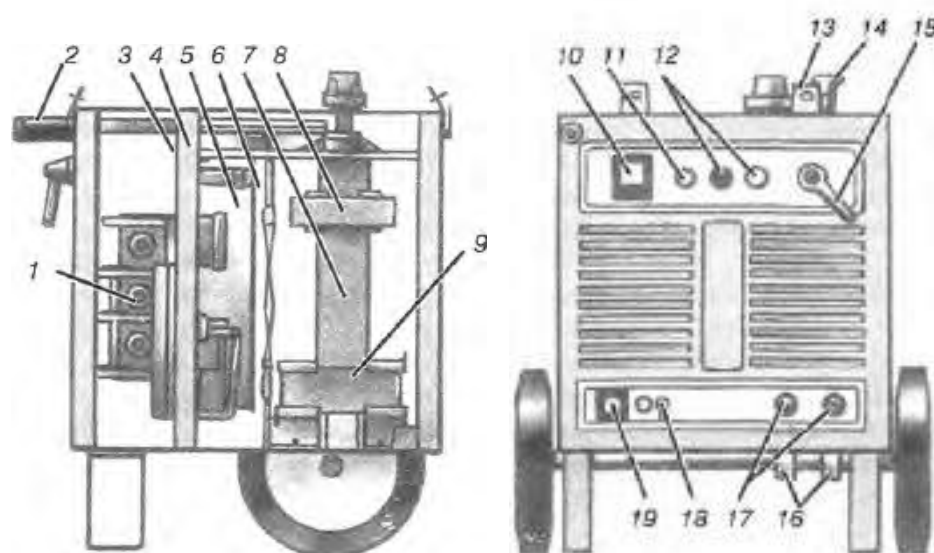


Рис. 17. Зварювальний випрамляч.

1 — блок випремляча, 2 — вигук-и ручки; 3 — запобіжники; 4 — блок апаратури; 5 — вентилятор; 6 — теплове реле; 7 — силовий трансформатор; 8 — вторинна обмотка; 9 — первинна обмотка; 10 — амперметр; 11 — лампа; 12 — кнопки вимикача; 13 — скоби; 14 — рукоятка регулювання струму; 15 — перемикач ділянок струму; 16 — шини заземлення зворотного проводу; 17 — струмові роз'єми; 18 — болт заземлення; 19 — штепсельний роз'єм для підключення до електричної мережі

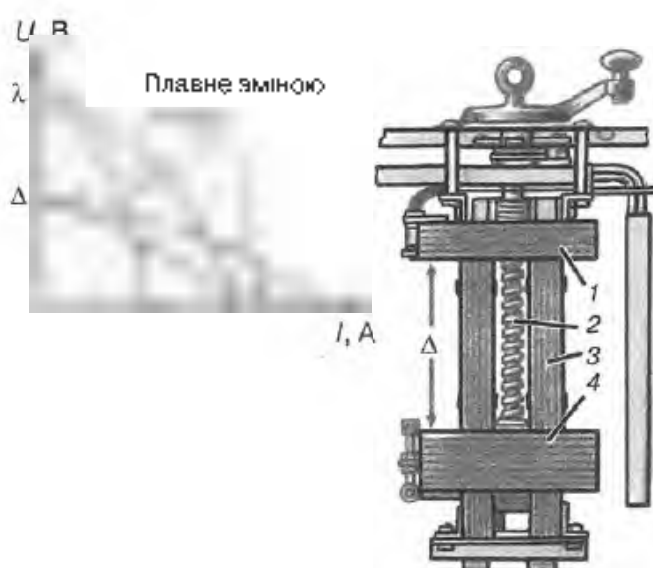


Рис. 18. Нерегульований випрамляч:

1 — вторинна обмотка; 2 — ходовий гвинт; 3 — осередок трансформатора; 4 — первинна обмотка

ВДУ-506С (МИГ/МАГ) ВДУ-601, ВДУ-1250, а також інверторні Лирс-160, Рісо-140, ВДУ2-301УХЛ4, де МИГ/МАГ режим напіва-автоматичного зварювання плавним електродом у середовищі захисних газів

У багатопостових випрамлячах типу ВДМ-1001, ВДМ-1601, ВДМ-3001 та ін. струм регулюється баластним реостатом РБ-301, РБ-501, а напруга зварювальної дуги при механізованому зварюванні у вуглекислому газі — баластним реостатом РБГ і дроселем ДГ-301, що з'єднані паралельно та вмикаються послідовно з дугою.

Особливістю інверторних випрамлячів є те, що трансформація (перетворення) напруги здійснюється на підвищеній частоті. Це дає можливість у 4–5 разів знизити масу джерела живлення, у 7–8 разів — габарити устаткування, на 7–10% збільшити коефіцієнт корисної дії, підви-



Рис. 19. Регульований випрамляч:

ЗТ — зварювальний трансформатор; БВ — блок випремляч; БК — блок керування; БЗН — блок задання напруги

щити зварювальні властивості порівняно із звичайними джерелами живлення струму.

У тиристорних випрамлячах регулювання режиму зварювання і створення зовнішніх характеристик здійснюють за допомогою тиристорного вирівнювального блока. Тиристор керується кремнієвий вентиль. Він має третій керуючий електрод і застосовується для випремлення та регулювання сили струму. Керування тиристорами здійснюється фазозсувним пристроєм, яким можна змінювати по фазі кут відкриття тиристора відносно початку синусоїди напруги живильної сітки і тим самим регулювати середнє значення випрамленого струму. Фазозсувний пристрій має малу потужність, невеликі розміри та масу. Випускають тиристорні універсальні випрамлячі типу ВДУ-504, ВДУ-505, ВДУ-506, ВДУ-601, ВДУ-1201. Для плазменого

різномі розроблено тиристорні випрямлячі типу ВПТМ-500 та ін.

Для *маломощної дуги з непласким електродом на постійному або імпульсному струмі* випускають транзисторні випрямлячі АПІ-4, АПІ-5, у яких регулювання струму здійснюється транзисторами. *Трехжестор* керований напівпровідниковий вентилятор, у якому шпр змінюється під впливом керуючого сигналу. Їх умикають у зварювальне

коло послідовно з випрямлячем. Зварювальний струм регулюється плавно та безперервно зміню струму керування транзистора. Він не залежить від коливань напруги живильної сітки та зміни напруги на дузі. Транзисторні випрямлячі безпечно в роботі, тому що напруга холостого ходу не перевищує 40 В. Такі джерела живлення застосовують для аргондугового зварювання вольфрамовим електродом будь-якого металу малої товщини.

10. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

● **Зварювальний перетворювач — це машина, призначена для перетворення змінного струму на постійний зварювальний струм.**

Усі перетворювачі оснащені привідними асинхронними двигунами з короткозамкнутим ротором.

Зварювальний перетворювач ПСГ-500 (рис. 20) перетворює механічну енергію електродвигуна на електричну з необхідним для зварювання діапазоном струмів і напруг. Він складається з генератора постійного струму ПСГ-500-1 з привідного трифазного асинхронного електродвигуна А типу АВ2-71-2С, розміщених на одному валу й змонтованих на одному загальному корпусі.

Генератор складається з корпусу 11 із закріпленнями на ньому магнітними полюсами 10 та якоря 12, що набрані із лакованих пластин електротехнічної сталі. У пазах якоря розміщені витки обмотки. Обидва кінці кожної групи витків якоря припаяні до мідних пластин колектора 1. У розподільному пристрої 4 розміщені пакетний вимикач, регулювальний реостат 3, вольтметр 6, затискачі 5 та інша апаратура. Магнітне поле в генераторі створюється магнітними полюсами обмоток збудження, які живляться постійним струмом від щок генератора 2.

З увімкненням електродвигуна якор починає обертатися в магнітному полі. У його витках виникає змінний струм, який за допомогою колектора перетворюється на постійний. Вугільні щітки генератора знімають з колектора постійний струм, що підводиться до затискачів 5, до яких приєднуються і зварювальні проводи. Для охолодження перетворювача на валу є вентилятор 7. Зварювальний струм регулюється зміною струму в колі обмоток збудження за допомогою

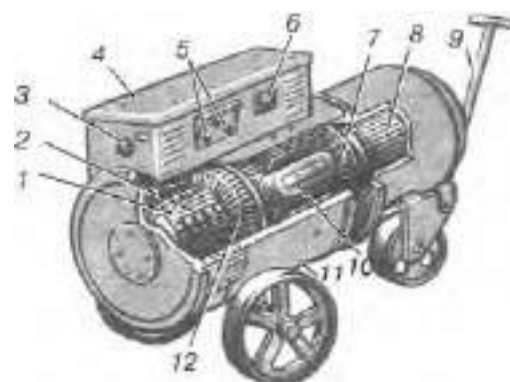


Рис. 20. Зварювальний перетворювач ПСГ-500.

1 — мідні пластини колектора, 2 — щітки генератора; 3 — регулювальний реостат; 4 — розподільний пристрій; 5 — затискачі, 6 — вольтметр, 7 — вентилятор, 8 — трифазний асинхронний двигун; 9 — тяга, 10 — магнітні полюси, 11 — корпус, 12 — якор.

маховика реостата 3, при обертанні якого за годинниковою стрілкою збільшується струм збудження, магнітний потік зростає і зварювальний струм збільшується. Якщо ж крутити маховик проти руху годинникової стрілки, зварювальний струм зменшується. Для переміщення перетворювача передбачені колеса з тягою 9.

Для *лучного зварювання* використовують перетворювачі типу ПСГО-300-2, ПСГО-315М, ПД-502 з колекторними генераторами й типу ПД-305 з вентильним генератором.

Для *механізованого зварювання* *плазменним електродом* у вуглекислотному газі використовують перетворювачі типу ПСГ-500.

11. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ГЕНЕРАТОР

● **Зварювальний генератор — це апарат, призначений для перетворення механічної енергії привідного двигуна на електричну.**

Зварювальний генератор (рис. 21) є складовою частиною зварювальних перетворювачів і

зварювальних агрегатів. Принцип дії генератора ґрунтується на законі електромагнітної індукції

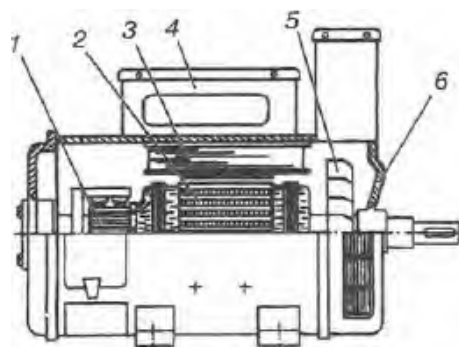


Рис. 21. Зварювальний генератор:

1 — колектор з струмознімачем; 2 — якорі; 3 — полюси з підмогутю збудження; 4 — пристрій керування; 5 — вентилятор; 6 — корпус з підшипниковими підставками

Змінний струм, що утворюється в рухомій частині — якорі при обертанні в постійному магнітному полі, випрямляють за допомогою колекторно-пристрою або вентильного випрямного блоку.

Зварювальні генератори бувають одно- й багатопостові. Їх виготовляють із спазними або жорсткими зовнішніми характеристиками. Генератори, які входять у комплект зварювальних агрегатів і перетворювачів, мають спадну зовнішню характеристику (типу ПСЧ). Генератор перетворювача типу ПСУ має жорстку вольт-амперну характеристику. Універсальні генератори можуть мати спадну й жорстку характеристики (типу ПСУ).

Розрізняють **генератори з незалежним збудженням**, у яких намагнічувальна обмотка живиться від стороннього джерела, та із **самозбудженням**, де намагнічувальна обмотка живиться від обмотки якоря паралельно навантаженню.

За способом виконання зварювальні генератори бувають **однокорпусні** (генератор і двигун розміщені на одному валу в одному корпусі) і **роздільні** (генератор і двигун на загальній рамі, а їх вали з'єднані через спеціальні муфти).

Універсальні зварювальні генератори марки ГД-304 і ГД-502 випускають без двигунів для ручного зварювання, напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі та зварювання під флюсом. Вони приводяться в дію двигуном через вал відбору потужності й редуктор.

Вентильні зварювальні генератори ГД-311, ГД-312, ГД-314, ГД-316 складаються з генератора змінного струму та випрямного блоку з кремнієвих вентилів. Вентильний генератор не має ковзних контактів і тому надійніший в експлуатації. Крім того, він забезпечує високу стійкість горіння дуги, менше розбризкування металу, вищий коефіцієнт корисної дії, має менші розміри та масу порівняно з генераторами самозбудження типу ПСЧ і ГД. Вентильні генератори не мають обмоток на роторі-індукторі (рухома частина). Обмотки якоря збудження закріплюються на статорі (нерухома частина).

12. ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АГРЕГАТ

Зварювальний агрегат — це апарат, призначений для зварювання постійним струмом джерелами живлення дуги.

Зварювальний агрегат (рис. 22) перетворює механічну енергію двигуна внутрішнього згоряння на електричну з необхідним для зварювання діаліазом струмів і напруг. Конструктивно складається із двигуна внутрішнього згоряння і зварювального генератора із самозбудженням.

Зварювальні агрегати використовують у польових умовах та в разі значного коливання напруги електромережі.

Електромашинні джерела живлення, основними вузлами яких є генератори постійного струму і привідні двигуни, класифікують:

- за типом палива — з бензиновим, дизельним або електричним двигуном;
- за конструктивним виконанням генератора — колекторні, вентильні й асинхронні;
- за способом установки — стационарні та пересувні.

Експлуатуються також агрегати з колекторними зварювальними генераторами (хоча про-

мисловістю вони практично не випускаються). вентильні зварювальні генератори постійного струму, а також агрегати на базі асинхронних генераторів.

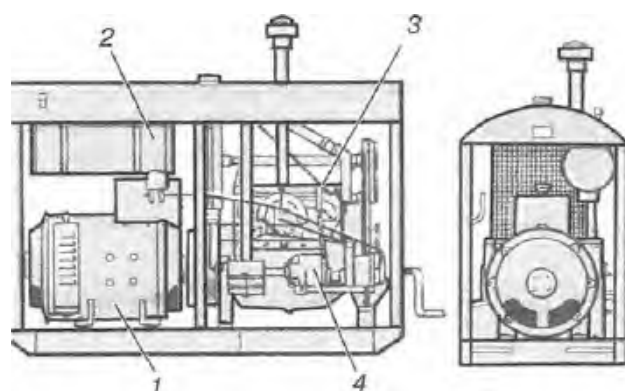


Рис. 22. Зварювальний агрегат АД5-311:

1 — генератор; 2 — бак з паливом; 3 — регулятор швидкості обертання; 4 — двигун

До зварювальних агрегатів з колекторними генераторами та бензиновими двигунами належать агрегати марок:

- АСБ 300-7 з колекторним генератором ГСО-300-5, змонтованим на одній рамі з двигуном внутрішнього згоряння ЗМЗ-320-01;
- АДБ-309 — з генератором ГД-303 і двигуном ЗМЗ-320-51;
- АДБ 311 з генератором ГД-305 і двигуном ЗМЗ-320-01;
- АСБ-300М — з генератором ГСО-300М і двигуном АБ-8М «Місевич-408»;
- АДБ-318 — з генератором ГД-312 і двигуном ЗМЗ-320-01;
- АДБ-3120 — з генератором ГД-314 і двигуном ЗМЗ-320-01;
- ПАС 400V і ПАС 400VIII з генератором СПГ-3-VI і двигуном ЗИЛ-164 (для зварювання й різання на повітрі та під водою).

Зварювальний агрегат АДБ-311 складається з бензинового двигуна ЗМЗ-320-51 та зварювального генератора ГД 305, змонтованих на одній рамі з чотирма амортизаторами. Генератор чотирьохполюсний із самозбудженням і послідовною різмагнічувальною обмоткою; має п'ять діапозонів регулювання зварювального струму, яке здійснюється вмиканням частини або всіх витків послідовної різмагнічувальної обмотки та вмиканням у коло якоря додаткових баластних опорів, розміщених на корпусі генератора. На дошці затискачів є додаткові затискачі з позначками граничних значень струму кожного діапазону, перехідна перемичка та відповідні затискачі приєднання зварювальних кабелів. За допомогою перемикачів встановлюють певний діапазон струмів. Для плавкого регулювання зварювального струму в окремому кожусі вмонтований реостат.

Обертковий момент від двигуна до генератора передається за допомогою з'єднувальної муфти. На двигуні розміщені: стартер, генератор підзарядки, котушка запалювання, розподільник запалювання, свічки, датчики. Для пуску двигуна використовують акумуляторну батарею 6СТ-60ЭМ.

На пульті керування розміщені вимірювальні прилади, вимикачі, розетки, тяги дросельної та повітряної заслінок, ліхтар підсвічування.

Бензиновий бак ємністю 60 л забезпечує безперервну роботу протягом 7–8 год. Маса агрегату — 800 кг.

До зварювальних агрегатів з дизельними двигунами належать агрегати марок:

- АДД-303 — з генератором ГСО-300-12 і двигуном Д144;
- АДД-305 з генератором ГД-310 і двигуном Д144;
- АДД-3112 з генератором ГД-3120 і двигуном Д144;
- АДС 300М — з генератором ГСО 300 і двигуном 4 ч 8,5/11;
- АСД-300Т — з генератором ГД-309 і двигуном 4 ч 8,5/11;
- АДД-304 — з генератором ГД-307 і двигуном 4 ч 8,5/11;
- АСДП-50 і АДС-3-1 з генераторами СПГ-3-VIII і двигунами ЯАЗ-М204Г;
- АСДП-500Г — з генератором ГСМ-500 і двигуном ЯАЗ-М204Г.

Дизельні агрегати можуть бути однокотловостові, стаціонарні й пересувні. Їх установлюють на майданчиках у кузовах автомобілів, на причепах. До складу зварювального агрегату входять: дизельний двигун, зварювальний генератор, з'єднувальна муфта, реостат для регулювання зварювального струму, пульт керування, паливний бак, акумуляторна батарея, халот.

До зварювальних агрегатів з вентиляторними генераторами належать агрегати марок:

- АДБ-3120 — з вентиляторним генератором ГД-314 і бензиновим двигуном ЗМЗ-320-01;
- АДД-501 — з двоштовпним вентиляторним генератором і дизельним двигуном Д144;
- АДБ-3122 з вентиляторним генератором ГД-3121 і бензиновим двигуном ЗМЗ-320-01;
- АДД-4002 — з генератором ГД-4002 і двигуном Д144;
- АДД-3114 — з генератором ГД-3122 і двоциліндровим дизельним двигуном Д214А;
- АДД-4-2501 — з чотирьохштовпним генератором і дизельним двигуном Д240.

Для зварювання й різання під водою використовують агрегати з електроприводом марок:

- САМ-300 — з генератором ГСО-300М і двигуном постійного струму П 62М;
- САМ-400 — з генератором СПГ-3-V і двигуном постійного струму ПП-290;
- САМ-400-1 з генератором СПГ-3-V і трифазним асинхронним двигуном типу МАФ-82-73/4;
- АСУМ 400 — з генератором ГСУМ-400 і двигуном змінного струму типу МАФ-82-73/4.

13. ІНВЕРТОРНІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ

● **Інвертор** — це пристрій силової електроніки, який працює на великих струмах, високих частотах і різницях потенціалів (напругах).

В інверторах (рис. 23) вхідна напруга перетворюється двічі: зі змінного (230 В) на постійний струм і на високочастотну напругу зі змінним струмом і частотой 200 кГц. Перетворення частоти здійснюється імпульсним модулятором, основою якого є високочастотні перетворювачі — модулі (біполярний транзистор з ізолюваним затвором або полярний транзистор на основі переходу метал-оксид-полісидний). Проїшовши трансформатор, високочастотна змінна напруга ланцюг випрямляється і подається на зварювальну дугу. Координування роботи всіх елементів, контроль параметрів і зворотний зв'язок зі зварювальною дугою здійснюються цифровими процесорами на програмованих мікросхемах.

Переваги інверторів:

- споживання електричної енергії майже одиначенше, ніж у звичайних зварювальних трансформаторів чи випрямлячів;
- маса в 5–10 разів менша від маси інших джерел живлення;
- стабільний постійний струм на виході, який не залежить від перепадів вхідної напруги;
- вихідний струм плавно й точно регулюється;
- дуже незначне розбризкування металу;
- інвертори працюють у мережах з недостатньою напругою, не реагують на перепади напруги.



Рис. 23. Інвертор

ти з мережі, можуть працювати від бензинового генератора;

- у побутових умовах інвертори не перевантажують мережу і практично не миготять.

Сфера застосування зварювальних інверторів — усі види електродугового та плазмового зварювання і різання:

- ручне дугове зварювання штучними електродами (MMA — metal manual arc);
- аргондугове 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).

14. ДОДАТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ

- **Баластний реостат (рис. 24) — пристрій, який формує спадну вольт-амперну характеристику джерела живлення, ступінчасто регулює режим зварювання, компенсує постійну складову струму при зварюванні від трансформатора.**

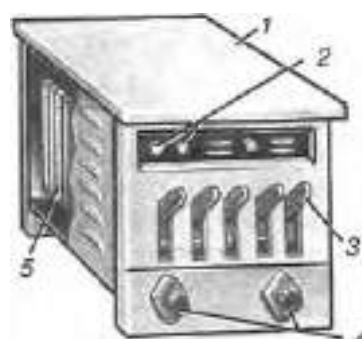


Рис. 24. Баластний реостат

1 — корпус; 2 — тумбери діапазону регулювання; 3 — рубильники секцій опору; 4 — клемні дуги зварювального кабелю; 5 — секції ніхромових провідників стрічки

Складається з набору ніхромових провідників різного типу, з'єднаних паралельно.

- **Осцилятор (рис. 25) — пристрій, що забезпечує безконтактне запалювання дуги та стабілізує горіння при зварюванні.**

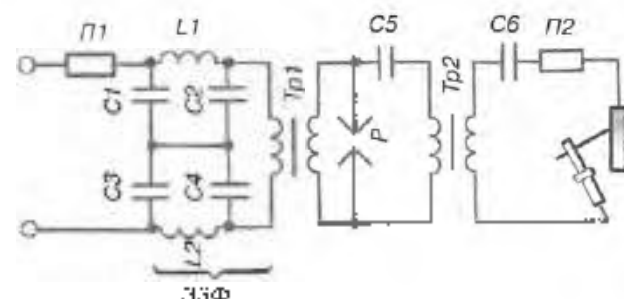


Рис. 25. Осцилятор.

P1 — мережний запобіжник; P2 — запобіжник трансформатора Tr2; Tr1 — трансформатор, що підвищує напругу до 3–10 кВ; D — діод; C5, Tr2 — коливальний контур, який підвищує частоту до 200–400 кГц; C6 — фільтр низьких частот; 33Ф — індуктивно-емісійний фільтр (C1, C2, C3, C4, L1, L2).

13. СТАЛЕВИЙ І САМОЗАХИСНИЙ ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРОТ

● **Сталевий зварювальний дріт — дріт, призначений для всіх видів зварювання плавленням і виготовлення електродів.**

Марки дроту, відповідно до ГОСТ 2246-70, наведені в табл. 5. Стандарт поширюється на холоднотягнутий гладкий дріт з низьковуглецевої і легированої сталі, яка постачається в мотках із внутрішнім діаметром від 150 до 750 мм, масою від 1,5 до 40 кг. Кожен моток перебівають м'яким дрітом у трьох місцях. Мотки однієї партії зв'язують у бухти масою не більш як 80 кг. Їх обгортають водонепроникним папером і чіпляють металеву бирку, на якій зазначають назву заводу, умовне позначення дроту, клеймо технічного контролю. За узгодженням з постачальниками, дріт може надходити в мотках прямокутного перерізу на катушках і касетах.

Якість дроту контролюють на відсутність іржі, масла, графітового мастила. Бирка на мотках не повинна зніматися до повного використання дроту. Зберігають дріт у сухих приміщеннях, захищених від атмосферних опадів, забруднень та іржавіння. Для захисту від іржі та кращого електричного контакту випускають обміднений зварювальний дріт.

У дротах з низьковуглецевої сталі вміст вуглецю становить майже 0,12 %. Зварювальний дріт марок Св-08, Св-08А, Св-08АА виготовляють з киплячої сталі ($S_i < 0,03\%$), а дріт марок Св-08Г, Св-10Г, Св-10Г2 — із напівспокійної сталі. У кислих сталях концентрація вуглецю більш висока, ніж кремнію, що сприяє утворенню CO і CO_2 при високих температурах і кращому їх виходу із зварювальної ванни ще до повного загардіння металу шва. Дроги із спокійної сталі спричиняють пористість (гази CO

і CO_2 залишаються у вигляді зовнішніх відкритих пор), менше проплавлення, сильне розбризування і гірше формування шва. При газовому та електрошлаковому зварюванні охолодження зварювальної ванки більш повільне, тому використання дроту із спокійної сталі пористості не спричиняє.

Для заповнення зазору між кромками зварюваних деталей і утворення валика шва у зварювальну ванну вводять присаджувальний метал у вигляді дроту, прутків, який за хімічним складом має бути таким самим, як і основний метал. Для покращення властивостей металу шва в присаджувальний метал додають легуючі елементи.

Сталевий зварювальний дріт виготовляють діаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 мм.

Позначення зварювального дроту складається з букв і цифр. Букви Св позначають зварювальний, цифри після букв Св вказують на вміст вуглецю в сотих частках відсотка. Наступні букви — умовні позначення легуючих елементів, а цифри після них — вміст легуючого елемента у відсотках. Відсутність цифр означає, що цього елемента в дроті близько 1 %. Буква А в кінці умовного позначення вказує на підвищену чистоту металу, а спарена буква А — на поміщений вміст сірки та фосфору порівняно з дротом, у позначенні якого одна буква А. Якщо дріт обміднений, то наприкінці марки ставлять букву О. Наприклад, марка дроту Св-08ГА розшифровується так: Св — зварювальний дріт, 08 — 0,08 % вуглецю, Г — 1 % марганцю, А — підвищена чистота металу дроту.

Табл. 5. Сталевий зварювальний дріт (ГОСТ 2246-70)

Дріт	Марка дроту
Низьковуглецевий (6 марок)	Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08Г, Св-10Г, Св-10Г2
Легований (32 марки)	Св-08ГС, Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-10ГН, Св-08ГСМТ, Св-15ГСТЮЦА, Св-08ГСМТ, Св-15ГСТЮЦА, Св-20ГСТЮА, Св-18Х1С, Св-10ГМА, Св-08МХ, Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХНМ, Св-08ХМФА, Св-10ХМФТ, Св-08ХТ2С, Св-08ХГСА, Св-10ХТ2СА, Св-08ХТСМФА, Св-13Х2МФТ, Св-04Х2МА, Св-06ХМНФА, Св-06ХН2М, Св-10ХН2ГМТ, Св-08Х3Г2СМ, Св-08ХН2ГМА, Св-08ХН2ГМЮ, Св-06ХН2Г2СМЮ, Св-06Н3, Св-10Х5М
Високолегований (41 марка)	Св-12Х11НМФ, Св-10Х11НВМФ, Св-12Х13, Св-20Х13, Св-06Х14, Св-10Х17Т, Св-13Х25Т, Св-01Х19Н9, Св-04Х19Н9, Св-08Х16Н8М2, Св-08Х18Н8Г2Б, Св-07Х18Н9ТЮ, Св-05Х19Н19Ф3С2, Св-07Х19Н10Б, Св-08Х19Н10Г2Б, Св-06Х19Н10М3Т, Св-04Х19Н11М3, Св-06Х20Н11М3ТБ, Св-10Х20Н13, Св-07Х25Н12Г2Т, Св-06Х25Н12ТЮ, Св-08Х25Н13БТЮ, Св-13Х25Н13, Св-08Х20Н9Г7Т, Св-08Х21Н10Г6, Св-30Х25Н16Г7, Св-10Х16Н25АМ6, Св-09Х16Н25М6АФ, Св-01Х23Н28М3Д3Т, Св-30Х15Н35В3Б3Т, Св-08Н50, Св-06Х15Н60М15, Св-08Х14Н1ГГ, Св-06Х19Н9Т, Св-04Х19Н9С2, Св-08Х19Н19Ф2С2, Св-05Х20Н19ФБС та ін.

Самозахисний дріт — дріт суцільного перерізу без додаткового захисту.

Самозахисний дріт використовують у монтажних умовах (на вітрі, протягах), а також у цехових умовах, коли використання захисних газів неможливе.

При звичайному зварюванні відкритою дугою вигорять легуючі елементи й шов насичується повітрям. У самозахисному дроті вигоряння компенсується підвищенням умістом елементів, які більше споріднені з киснем, ніж ті, що вигорять. Такими легуючими елементами є алюміній, титан, церій, цирконій, лантан, селен та ін. Завдяки наяв-

ності цих елементів кисень і азот сполучаються в стійкі неметалеві включення, які мало впливають на зниження пластичності й в'язкості металу шва. Самозахисним дротом можна зварювати метали, що покриті іржею, маслом, окатиною (F_2O_3).

Для металізованого зварювання використовують самозахисні дроти таких марок Ся-20ГСТЮА з додаванням церію для зварювання вуглецевих сталей; Св-5ГСТЮЦА — з додаванням церію та цирконію для зварювання вуглецевих і легованих сталей.

 **Не можна зварювати метал дротом невідомої марки!**

16. ПОРОШКОВИЙ ДРІТ І СТРІЧКА

 **Порошковий дріт для зварювання сталі — це дріт, що складається з низьковуглецевої сталевий оболонки, усередині якої заповнюються порошки феросплавів (для легування металу), залізні порошки (для підвищення продуктивності, вони є наповнювачем), газо- й шлакутворювальні компоненти (для захисту розплавленого металу від повітря шляхом виділення газів при розплавленні осердя).**

Порошковий дріт виготовляють на спеціальних верстаках безперервним зворотним у грубу стрічку 8–20 мм завширшки і 11,2–1 мм завтовшки і протягуванням через фільтри з одночасним заповненням порошком. Порошковий дріт виготовляють діаметром від 1,6 до 3,6 мм різних конструкцій. Найчастіше використовують дроти циліндрового перерізу (рис. 26). Для підвищення коефіцієнта наплавлення застосовують дріт з однією або двома загнутими кромками. Крайній захист зварювальних ванн від зовнішнього середовища й вищі механічні властивості шва одержують при застосуванні двохшарових порошкових дротів. Як порошки (шихту) використовують рутило-целюлозні, карбонатно-флюоритні (флюорит-кальциєвий шпат CaF_2), флюоритні, рутитові, рутило-флюоритні компоненти. Останні два види застосовують для зварювання з додатковим захистом у вуглекислотному газі.

Порошковим дротом зварюють у захисних газах, під шаром флюсу або відкритою дугою. При зварюванні порошковим дротом у захисних газах добре розкиснюється метал зварювальної ванни і зменшується кількість газових пор, що підвищує пластичність швів. Зварювання відкритою дугою застосовують у випадках, коли викристання ручного, дугового або механізованого зварювання в захисних газах і під флюсом утруднене. Порошковий дріт використовують для зварювання і наплавлення сталей, зварювання з примусовим формуванням металу шва, заварювання дефектів сталевих й чавунних лиття, наплавлення міді, бронзи й нікельованих сплавів на сталь тощо.



Рис. 26. Поперечний переріз порошкових дротів:
а — циліндровий; б — з однією загнутою кромкою;
с — з двома загнутими кромками; г — двошаровий

Після тривалого зберігання порошковий дріт перед зварюванням необхідно просушити при температурі 200–250 °С протягом 1,5–2 год, щоб уникнути утворення у шві пор.

Для зварювання сталей використовують порошкові дроти таких марок:

- самозахисні дроти загального призначення — ЛП-АН1, ЛП-ГДСК, ЛП-АН3, ЛП-АН7, ЛП-АН11, ЛП-АН2М, ЛП-АН23, ЛП-ГДСК, СП-1, СП-2, ЛПН-4, ЛПН-5;

- порошкові дроти загального призначення для зварювання у вуглекислотному газі — ЛП-АН6, ЛП-АН10, ЛП-АН21, ЛП-АН13, ЛП-АН14, ЛП-АН19, ЛП-АН18, ЛП-АН20, ЛП-АН22, ЛП-АН54;

- самозахисні дроти для зварювання з примусовим формуванням шва (з формувальними підкладками) — ЛП-АН15, ЛП-АН19, ЛП-АН19Н, ЛП-АН19С, ЛП-ГДСК, ЛП-АН24;

- порошкові дроти для зварювання у вуглекислотному газі з примусовим формуванням шва — ЛП-АН5, ЛП-АН3С;

- порошкові дроти спеціального призначення — ЛП-АН1 (для зварювання під водою), ЛП-АН6 (для зварювання труб теплообмінників).

- порошкові дроти для зварювання легированих сталей ПП-АНВ1, ПП-АНВ2, ПП-АНВ3, ПП-АІІ-А1 (дріт ПП-АН-А1 — для зварювання у вуглекислородному газі, решта — самозахисні),

- самозахисний порошковий дріт фторидно-карбонатного типу марки ПП-АН60 для зварювання в усіх просторових положеннях низьковуглецевих і низьколегованих сталей (забезпечує високу міцність, ударну в'язкість, добре відокремлення шлаку, мале розбризкування й низьке виділення зварювального диму).

Порошкова стрічка — електродна стрічка для одержання широкого шару наплавленого металу та підвищення продуктивності наплавлення поверхонь великих розмірів (рис. 27).



Рис. 27. Порошкова стрічка:

1 — нижня стрічка, 2 — шар порошку, 3 — оболонка

Залежно від призначення застосовують електродну стрічку різного хімічного складу від 0,2

до 1,0 мм завтовшки й від 1,5 до 100 мм завширшки. Порошкова стрічка покращує легування наплавленого металу.

Для наплавлення використовують електродні порошкові стрічки марок ПЛ-У25Х25Г3Ф2Р, ПЛ-АН171, ПЛ-У40Х38Г3РГК) та ін., а також спечені електродні стрічки марок ЛС 5Х4В3ФС, ЛС-70Х3НМ, ЛС 10Х14Н3, ЛС-20Х10Г10Т та ін.

У маркуванні букви означають: ПП — порошковий дріт, ПЛ — порошкова стрічка, ЛС — стрічка зварювальна; наступні букви — умовні позначення легуючих елементів, а цифри після букв — їх уміст у відсотках. У деяких марках дротів і стрічок після дефіса вказують умовне позначення сплаву, що складається з букв і цифр.

Порошкоподібні зварювальні матеріали — це матеріали, які використовують для зварювання під флюсом низьковуглецевих і низьколегованих сталей.

Їх подають у зварювальну ванну одночасно з подачею дроту для покращення якості зварних швів і підвищення продуктивності зварювання. Порошкоподібний пригараючий матеріал (ПМ) виготовляють у вигляді агломерованих кульок або рубленого дроту (2,5 мм) — крупки із зварювального дроту марок Св-08А, Св-08Г2С, Св-08ГА.

17. ДРОТИ І ПРУТКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТА НАПЛАВЛЕННЯ

Для зварювання та наплавлення чавуну і кольорових металів промисловість випускає різноманітні дроти і прутки.

Порошкові самозахисні дроти:

- ППА114-2, ППЧ-3 — для гарячого зварювання крупних дефектів, які не зазнають поверхневого гартування;

- ППЧ-3М, ППЧ-6 — для гарячого зварювання крупних дефектів, які зазнають поверхневого гартування;

- ППЧВ-1 — для гарячого зварювання дефектів рідкою й напіврідкою ванною або валиками;

- ППАНЧ-5 — для гарячого зварювання дефектів даліками або напіврідкою ванною;

- ППЧН-7 — для холодного зварювання наскрізних і ненаскрізних дефектів на оброблюваних поверхнях;

- ППЧМ11-8 — для холодного зварювання ненаскрізних дефектів на оброблюваних поверхнях.

Порошкові дроти застосовують без додаткового захисту на постійному струмі зворотної полярності (300–500 А)

Чавунні прутки, відлиті із сірого чавуну:

- А — для гарячого зварювання чавуну;

- Б — для зварювання чавуну з місцевим підігрівом (діаметром 4, 6, 8, 10, 12 мм);

- НЧ-1 — для низькотемпературного зварювання теплостійких відливок;

- НЧ-2 — для низькотемпературного зварювання товстостінних відливок;

- БЧ, ХЧ — для зносостійкого наплавлення чавунів;

- ПАНЧ-11 (самозахисний) — високонікельний сплав для холодного зварювання та зварювання дефектів тонкостінних деталей із сірого, ковкого й високоміцного чавуну (на постійному струмі прямої полярності).

Дріт для зварювання алюмінію та його сплавів (ГОСТ 7871-75):

- Св-А97, Св-А85Т, Св-А5 (технічний алюміній);

- Св-АМц (алюмінієво-марганцевий);

- Св-АМц3, Св-АМц4, Св-АМц5, Св-АМц63, Св-АМц61, Св-1557 (алюмінієво-магнієві);

• Св-АМг6(Sc) зі скандієм та цирконієм – для зварювання алюмінієвих сплавів, які не містять багато міді. Він підвищує міцність зварного з'єднання на 15–20 % і запобігає утворенню гарячих тріщин у металі шва;

• Св-АК5, Св-АК10 (алюмінієво-кремнієві);

• Св-1201 (алюмінієво-мідний) зі скандієм і цирконієм – для зварювання алюмінієвих сплавів, які містять багато міді, а також інші компоненти. Він забезпечує високі стійкість металу шва проти утворення гарячих тріщин. Границя міцності на 10–15 % вища, ніж при зварюванні без скандію.

Діаметри дроту, мм: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0.

Алюмінієвий дріт постачають в упаковці термін його зберігання – не більше 1 року з дня виготовлення.

Підбір зварювального дроту проводять за умови однорідності з основним металом або з підвищеним вмістом деяких елементів, які в процесі зварювання можуть вигорати або виларовуватися.

Дріт для зварювання міді та її сплавів (ГОСТ 16130-72):

• М1, М1Р – для зварювання невідновдальних конструкцій з міді;

• МСр1 – для зварювання електротехнічних виробів з міді;

• Бр.КМц3-1 – для зварювання міді плавленням різними способами;

• Бр.ОЦ4-3 – для зварювання міді в захисних газах і автоматичного зварювання міді й латуні під флюсом;

• МНЖТ5-1-0,2-0,2 – для зварювання міді й мідно-нікелевих сплавів у захисних газах, зокрема в середовищі азоту; зварювання міді з латунями, бронзи зі сталями, зварювання мідно-нікелевих сплавів з латунями, бронзами і сталями;

• Бр.АМц9-2 – для зварювання алюмінієво-марганцевої бронзи, муніжової латуні, міді й мідно-нікелевих сплавів з алюмінієво-марганцевою бронзою;

• Бр.ОФ6,5-0,15 – для зварювання в захисних газах і електродами олов'яних і олов'яно-фосфорних бронз;

• Бр.ОФ9-0,3; Бр.ОФ6,5-0,4 – для зварювання міді вугільним або графітовим електродом;

• Бр.Х0,7; Бр.ХНТ; Бр.НЦрГ – для зварювання бронзи в захисних газах;

• Бр.Х0,7; Бр.ХТ0,6-0,5 – для автоматичного зварювання під флюсом хромистої бронзи;

• ЛМц58-2; ЛЖМц59-1-1; ЛОК59-1-0,3 ЛК80-0,3 – для зварювання латуні;

• МРзТБ0,1-0,1-0,08; МРзТЦрБ0,1-0,1-0,1 – для зварювання міді в захисних газах.

• МРзКМцГ0,3-0,3-0,1-0,3 – для зварювання міді не більш як 10 мм за допомогою незахищеної дуги.

Дріт для зварювання титану і його сплавів
Суцільні дроти:

• ВТ1-00 – для зварювання технічного титану;

• ВТ1-П, ВТ2св, ВТ20-1св – для зварювання низьколегованих титанових сплавів.

Порошкові дроти:

• ВТ1св; СПТ-2 – для зварювання високоміцних титанових сплавів;

• ППТ-1, ППТ-2 – для зварювання низьколегованих титанових сплавів;

• ППТ-3 – для зварювання високолегованих титанових сплавів.

Дроти і прутки для зварювання нікелю, свинцю, цинку, срібла і магнієвих сплавів

Для зварювання нікелю та його сплавів використовують дріт такого самого хімічного складу, як і основний метал, або нікель, легований елементами-розкиснювачами (кремнієм, марганцем, титаном) марок: Н1; НП-1; НП-2; НМц2,5; НМцАТ3-1,5-0,6; НМцТК1,5-2,5-0,15; Х20Н80 (ніхром) та ін.

Для зварювання свинцю і його сплавів застосовують дріт такого самого хімічного складу, як і основний метал.

При зварюванні цинкових сплавів використовують однорідні за хімічним складом дроти і стрічки марок: ЦАМ4, ЦАМ4-1 – для ливарних сплавів; ЦАМ9-1,5; ЦАМ10-5 – для антифрикційних сплавів.

Для зварювання срібла використовують срібний дріт з 0,5–1,0 % алюмінію (розкиснювач) або дріт, що містить рідкоземельні матеріали.

Дріт для зварювання магнієвих сплавів випускають марок: МА1; МА2-1; МА13 і підбирають за хімічним складом основного металу.

18. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКРИТИХ ЕЛЕКТРОДІВ

● **Електрод** — це металевий або неметалевий стрижень, призначений для підведення струму до зварювальної дуги.

При ручному дуговому зварюванні використовують **покривні електроди** – стрижні кругло-

го перерізу різного діаметра, покриті спеціальною обмазкою.

Покриття електродів класифікують: за призначенням і видом покриття (табл. 6), за товщиною покриття (табл. 7), за допустимими просторовими положеннями зварювання (табл. 8), за видом і полярністю струму (табл. 9), за діаметром (1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 мм), а також за іншими ознаками.

У склад покриття (обмазки) вводять стабілізуючі, шлако- й газотворювальні, рихлишковальні, легуювальні та інші компоненти.

Стабілізуючі речовини призначені для забезпечення стійкого горіння дуги (погані: сода, польовий шпат, мармур, хрейд та ін.).

Шлакотворювальні речовини сприяють утворенню шлаку, який захищає зварювальну ванну від окислення (марганцева руда, граніт, мармур, кремнезем, польовий шпат, плавиковий шпат та ін.).

Газотворювальні речовини при нагріванні утворюють газ, який захищає зварювальну ванну від навколишнього середовища (мармур, доломіт, магнезит та ін.).

Рихлишковальні речовини розкислюють метали-оксиди (феромарганець, феросиліцій, феротитан, фероалюміній).

Легуювальні речовини надають металу шва задані механічні та експлуатаційні властивос-

Табл. 6. Класифікація покритих електродів за призначенням і видом покриття

Застосування	Тип (вид)	Позначення
За призначенням		
Зварювання вуглецевих і калійлегированих конструкційних сталей з опором розриву не більше як 600 МПа	9 типів: Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60	У
Зварювання легированих конструкційних сталей з опором розриву понад 600 МПа	5 типів: Э70, Э85, Э100, Э125, Э150	Л
Зварювання титанових і титанових сплавів	9 типів: Э09М, Э09МХ та ін.	Т
Зварювання нісхологованих сталей з особливими властивостями	19 типів: Э12Х13, Э06Х10М, Э10Х17Т та ін.	В
Надплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями	11 типів: Э10Г2, Э11Г3, Э10Г2ХМ та ін.	Н
За видом покриття		
Зварювання в усіх просторових положеннях постійним і змінним струмом. Не рекомендується для сталей з підвищеним вмістом сірки та вуглецю. Недолік: можливі тріщини у швах, сильне розбризкування	Кислі	А (А)*
Зварювання в усіх просторових положеннях постійним і змінним струмом	Рудові	Р (Р)
Зварювання постійним струмом зворотної полярності в усіх просторових положеннях металу великої товщини	Основні	Б (В)
Зварювання в усіх просторових положеннях постійним і змінним струмом. Додатковий монтаж. Не допускають перегріву. Великі втрати на розбризкування	Целюлозні	Ц (С)
Зварювання конструкцій і трубопроводів у всіх положеннях шва, крім сталевих, при низькій витраті на 1 кг наплавленого металу	Змішаного типу	РЦЖ**

Примітки: * У дужках - умовні позначення виду покриття електродів за сучасною класифікацією.

** Ж - у покритті більше як 20 % залізного порошку.

Табл. 7. Класифікація покритих електродів за товщиною покриття

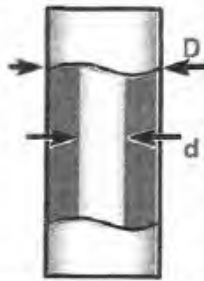
	Покриття електрода		Позначення
	Тонке	$D/d \leq 1,2$	М
	Середнє	$1,2 < D/d \leq 1,45$	С
	Товсте	$1,45 < D/d \leq 1,8$	Л
	Особливо товсте	$D/d > 1,8$	Г

Табл. 8. Допустимі просторові положення зварювання

Призначення	Позначення
Для зварювання в усіх положеннях	1
Для зварювання в усіх положеннях, крім вертикального зверху вниз	2
Те саме, крім вертикального зверху вниз і стельового	3
Для швів нижнього й нижнього куту зовні	4

ті (хром, нікель, вольфрам, молибден, ванадій та ін.).

Зв'язуювачи речовини з'єднують усі компоненти покриття (обмазки) в однорідну масу (натрієве рідке скло $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$, калієве скло $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$). Для кращого формування покриття вносять пластифікатори (каолін, декстрин тощо).

Шлаки, що утворюються при плавленні порошків, можуть бути короткими і довгими. У коротких шлаках в'язкість із зниженням температури швидко зростає. Тому для зварювання в різних просторових положеннях використовують електроди з короткими шлаками (рутилове й основне покриття). У довгих шлаках при охолодженні в'язкість зростає повільно (містять кремнезем). Електроди з довгими шлаками не використовують для зварювання вертикальних і стельових швів, тому що зварювальна ванна тривалий час перебуває в рідкому стані.

Для кращого відокремлення шлаку від поверхні шва його коефіцієнт лінійного розширення має бути відмінним від коефіцієнта лінійного розширення металу.

За товщиною покриття бувають якісні (товсті) і стабілізуючі (тонкі). Якісні покриття мають товщину 0,5–2,5 мм і складають 20–40 % маси електродного дроту а із залізним порошком відповідно 3,5 мм і 50 %. Їх використовують для одержання швів такої якості, як і основний метал. Стабілізуючі покриття мають товщину 0,1–0,3 мм і не впливають на якість, а тільки підсилюють стабільність горіння дуги (застосовують рідко).

Тип електроди характеризує мінімальний гарантований тимчасовий опір наплавленого металу електродами цього типу. Умовне позначення: Е – електрод, число після букви означає мінімальний опір, а буква А після них – виходу пластичності наплавленого металу. Наприклад: Е46А означає тип електроди за ГОСТ 9467-75 з мінімальним

Табл. 9. Вид і полярність зварювального струму

Змінний струм $U_{\text{ср}}, \text{В}$	Постійний струм (полярність)	Позначення
Не застосовується	Зворотня	0
50 ± 5	Будь-яка	1
	Пряма	2
	Зворотня	3
70 ± 10	Будь-яка	4
	Пряма	5
	Зворотня	6
90 ± 5	Будь-яка	7
	Пряма	8
	Зворотня	9

тимчасовим опором 460 МПа ($46 \text{ кгс}/\text{мм}^2$) і якими пластичними властивостями наплавленого металу порівняно з електродами відповідного типу без цієї букви. В умовних позначеннях теплотійких, легуваних і для наплавлення титану електроди цифри після дефіса вказують вміст вуглецю в сотих частках відсотка, а наступні букви і цифри – умовні позначення легувальних елементів та їх вміст у відсотках. Так, умовне позначення типу електроди Е-08Х20Н9Г2В означає хімічний склад наплавленого металу: 0,08 % С, 20 % Сг, 9 % Ні, 2 % Мп, 1 % В.

Марка електроди характеризує склад порошків, марку електродного дроту, властивості металу шва. Кожному типу може відповідати одна або декілька марок електродів. Наприклад марки АНО-21, УОНИ-13/45, ОЗС-3 відповідають типу електроди Е46.

Якість електроди залежить від вмісту шкідливих домішок (сірки, фосфору), точності виготовлення, стану поверхні покриття, суцільності виклианого цим електродом металу шва і класифікується на групи 1, 2 і 3. Чим вища група, тим краща якість електроди.

Група індексів, що установлюється за ГОСТ 9467-75, вказує характеристики наплавленого металу і металу шва. В умовному позначенні перші дві цифри після букви Е означають тимчасовий опір розриву $\sigma_{\text{в}}$ – 370, 410, 430 і 510 МПа (відповідно 38, 42, 44 і 52 $\text{кгс}/\text{мм}^2$), третя відносне відокремлення δ у % і критичну температуру хрихкості $T_{\text{х}}$. Третя цифра характеризує одночасно δ і $T_{\text{х}}$, а якщо ці показники відносяться до різних індексам, то третій індекс установлюють за δ і в дужках наводять додатковий четвертий індекс, який характеризує $T_{\text{х}}$; $T_{\text{х}}$ – мінімальна температура, за якої ударна в'язкість на зразках з V подібним склом кромки не перевищує 0,35 МДж/м² ($3,5 \text{ кгс} \cdot \text{м}/\text{см}^2$). В умовному по-

значенні електродів з $\sigma_B \leq 600$ МПа після букви Е тире не ставиться (табл. 10). Так індекси Е 412 (5) означають: 41 — $\sigma_B = 410$ МПа; 2 — $\sigma \geq 22\%$ (5) — $T_x = -20^\circ\text{C}$. Приклад умовного позначення електрода зображено на рис. 28.

В умовному позначенні електродів для зварювання легированих конструкційних сталей з $\sigma_B \geq 600$ МПа (60 кгс/мм²) група індексів металу шва подвійна. Спочатку вказується хімічний склад шва (принцип маркування для легированих сталей) а потім через дефіс — цифра, яка характеризує T_x . Наприклад індекс 09Г2Н10МХ-3 означають: 09 — 0,09 % С, Г2 — 2 % Мп, Н10 — 10 % Ні, М — 1 % Мп, Х — 1 % Сі, 3 — $T_x = -20^\circ\text{C}$.

Індекс металу шва для зварювання легіюваних теплоустійких сталей згідно з ГОСТ 9467-75 є двозначним. Перша цифра характеризує T_x , а друга — максимальну робочу температуру, при якій регламентовані показники тривалої міцності наплавленого металу і металу шва (табл. 11). Так індекси 27 означають: 2 — $T_x = 0^\circ\text{C}$; 7 — тривала міцність регламентована до 585 $^\circ\text{C}$.

Група індексів металу шва для зварювання високілегованих сталей з особливими властивостями (ГОСТ 10052-75) складається з чотирьох цифр для електродів, які забезпечують аустенітно-феритну структуру наплавленого металу

(табл. 12), із трьох цифр — для решти електродів. Індекси характеризують стійкість до міжкристалітної корозії, жароміцність, жаростійкість і кількість фериту в металі шва.

Перша цифра характеризує наплавлений метал і метал шва, не схильний до міжкристалітної корозії при випробуваннях (ГОСТ 6032-75), друга — максимальну робочу температуру, при якій регламентований показник тривалої міцності, $^\circ\text{C}$; третя — максимальну робочу температуру зварних з'єднань, при якій допускається нагосування електродів при зварюванні жаростійких сталей, $^\circ\text{C}$; четверта — вміст фериту в аустенітно-феритному наплавленому металі, %.

Залежно від складу покриття розрізняють такі його види: кислі, основні, рутілові, целюлозні та ін.

Кисле покриття складається з кислих компонентів (кремнезем, марганцева руда, феромарганець, гематит). Електроди з тонкою і середньою товщиною покриття використовують у всіх просторових положеннях, а з великою товщиною — тільки для зварювання в нижньому положенні. Зварювання виконують постійним і змінним струмом, довгою дугою, на кромках з іржею, без утворення пор. Наявність феромарганцю й оксидів заліза сприяє виділенню токсичних газів, тому виробництву електродів з кислими покриттям скоротилося

Табл. 10. Індекси металу шва, виконаного електродами для зварювання конструкційних сталей з $\sigma_B \leq 600$ МПа

Показник механічних властивостей	Перші дві цифри індексу	Третя цифра індексу							
		0	1	2	3	4	5	6	7
δ , %	37	Кожні		—	—	—	—	—	—
	41 або 43	20	20	22	24	24	24	24	24
	51	15	15	15	20	20	20	20	20
T_x , $^\circ\text{C}$	Кожні	Нерегламентовані	-20	0	-20	-30	-40	-50	-60

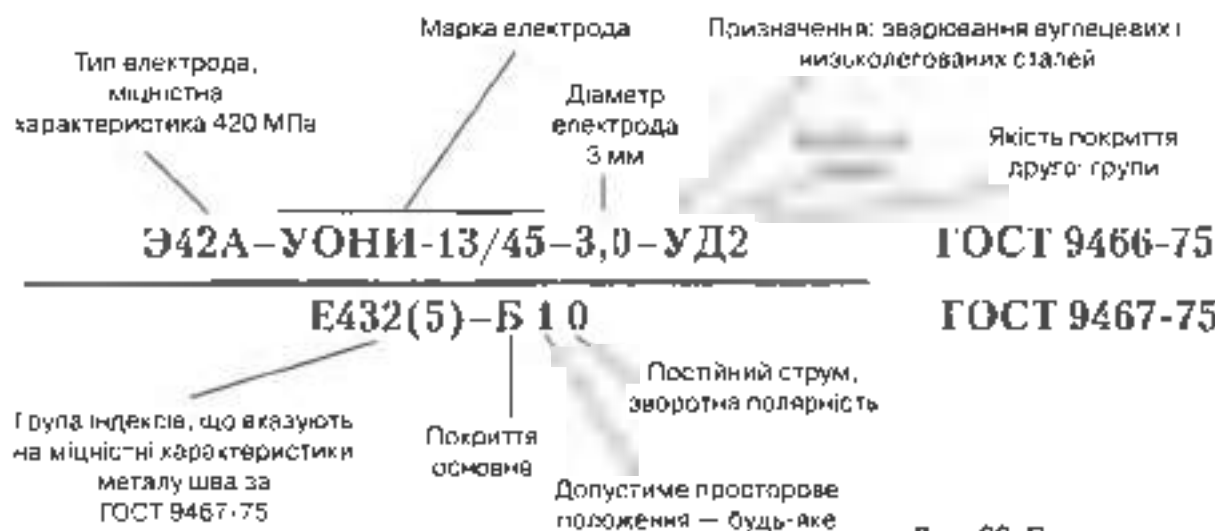


Рис. 28. Приклад умовного позначення електрода

Табл. 11. Позначення другої цифри індексу для зварювання теплостійких сталей

Температура, °C	Друга цифра індексу
< 450	0
450–465	1
470–485	2
490–505	3
510–525	4
530–545	5
550–565	6
570–585	7
590–600	8
> 600	9

Основне покриття складається з плавикового шпату, карбонатів кальцію і магнію (крейда, магнезит, мармур). Метал шва характеризується високою ударною в'язкістю, стійкістю до утворення кристалізаційних тріщин. Використовують для зварювання товстих металів з надвищенням вмісту сірки та фосфору, жорстких конструкцій виробів. Зварюють на постійному струмі зворотної полярності. Електроди з домішкою хлоридів використовують на змінному струмі. Недоліком є висока чутливість до утворення пор у разі збільшення довжини дуги, за наявності іржі, масла, окислини або вологоти на кромках металу.

Рутилінове покриття складається з титанових д'юданів (рутил, титановий концентрат, сіммент), що призначені для шлакового захисту, і целюлози, крейди, мармuru, декстрину - для газового захисту. Розкиснення і легування проводиться феромарганцем. Рутилінове покриття забезпечує стабільне горіння дуги на змінному та постійному струмі, легке відокремлення шлаку, якісне формування шва, низькі витрати металу на розбризкування. Метал шва мало схильний до утворення пор при зварюванні іржавого, вологого і окисненого металу при змінах довжини дуги.

Табл. 12. Значення цифр індексу електродів для зварювання високолегованих сталей

Цифра індексу	Значення цифр індексу електродів			
	Перша	Друга	Третя	Четверта
0	—	—	—	Нерезагаментована
1	A	< 500	< 800	0,5–1
2	AM	510–550	610–650	2–4
3	B	560–600	660–700	2–5,5
4	C	610–650	710–750	2–8
5	—	660–700	760–800	2–10
6	—	710–750	810–900	4–10
7	—	760–800	910–1000	5–15
8	—	810–850	1010–1100	10–20
9	—	> 850	> 1100	—

Целюлозне покриття складається з органічних складових (целюлоза, крохмаль, харчове борошно, декстрин), що призначені для газового захисту і шлакоутворювальних складових (рутил, карбонати, марганцева руда, алюмосілікати, титановий концентрат). Електроди цього типу мають тонке покриття, тож їх використовують для зварювання в усіх просторових положеннях на змінному та постійному струмі. Недоліком електродів з целюлозним покриттям є вигорання органічних компонентів і великі витрати на розбризкування.

Електроди змішаного покриття мають подвійне умовне позначення, що складається з двох букв. Наприклад, РА - змішане рутилінове і кисле покриття.

Закордонне умовне позначення роду і полярності струму: АС - змінний струм; DC - постійний струм; DC- - постійний струм, зворотна полярність; DC+ - постійний струм, пряма полярність.

ГОСТ 9466-75 визначає класифікацію розміри та загальні технічні вимоги на покриті металеві електроди для ручного дугового зварювання.

ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 або ГОСТ 10052-75 регламентують вимоги до розглядуваного типу електрода.

19. УМОВИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПІДГОТОВКА ЕЛЕКТРОДІВ ДО ЗВАРЮВАННЯ

Неправильне транспортування та зберігання електродів впливає на якість зварних з'єднань, спричиняючи появу в металі шва пор, тріщин та інших дефектів.

Найвагомішими факторами, які погіршують якість електродів, є: механічні пошкодження покриття, насичення покриття атмосферною вологою та старіння покриття.



Кожен зварник повинен дотримуватися правил зберігання і підготовки електродів до зварювання!

Унаслідок недбалого користування електродами покриття може отримати *механічне пошкодження* або зазнати руйнування. Особливо небезпечні відколи покриття на торці електрода, які в момент зацілювання дуги викликають утворення «стартової» пористості шва. У процесі зварювання пошкоджене покриття може відокремлюватися від стрижня, поліруючи торіальну дугу, спричиняючи утворення пор і шлакових включень.

Міцність покриття електродів зменшується зі збільшенням діаметра електрода і товщини покриття. Електроди з механічним пошкодженням покриття основного виду на практиці вибраковуюють, а інших видів - використовують тільки для зварювання невідповідальних виробів.

На якість шва значно впливає *відношений вміст вологості в покритті електродів*, що погіршує зварювальні властивості електродів і викликає появу тріщин і пор. Основним джерелом вологості є поглинання її з навколишнього середовища, залишки вологості після термообробки і волога зв'язувальних речовин (рідкого скла).

Вміст вологості в покритті залежить від призначення електрода, виду покриття, термообробки і становить від 0,1 до 2 % (допустимий вміст вологості в покритті зазначають на етикетці кожної марки електрода). Найчутливіше до поглинання вологості електроди з основним видом покриття, менш чутливі - з рутильовим, кислим і змінним (вміст вологості 0,5-0,9 %). В електродах з целюлозовим покриттям вологість має бути 1,0-2,0 %, бо нижча вологість може призвести до появи пор і розбризкування металу.

Старіння електродів залежить від впливу вологості на покриття та стрижень і виявляється в утворенні білого нальоту на поверхні покриття та корозії стрижня. Білий наліт є наслідком взаємодії дуги з рідким склом з вуглекислим газом покрива та утворення карбонатів натрію і калію. Наліт не міцний, на зварювальні властивості більшості марок електродів, але посилює поглинання вологості, зменшує механічну міцність покриття. Корозія стрижня (іржавіння) знижує міцність покриття (викликає відшарування), спричиняє утворення пор. Тому низькоякісні електроди покриття іржеві, не можна використовувати для зварювання.

При транспортуванні та складанні електродів забороняється кидати пачки, зв'язувати їх в одну купу, укладати в стопи більш як 600 мм заввишки. Особливо чутливі до появи дефектів електроди з основним видом покриття (міцність їх в 1,5-2 рази менша від електродів з рутильовим покриттям). Електроди складають за марками, діаметром і

партіями на стелажах, при цьому перевіряють етикетки на пачках і сертифікати на відповідність їх умовам стандартів і технічних умов.

Зберігати електроди треба в сухих опалюваних приміщеннях при температурі не нижче -10°C для електродів з рутильовим і кислим покриттям і не нижче $+15^{\circ}\text{C}$ для електродів з основним видом покриття. Відносна вологість не повинна перевищувати 60 %.

Щоб зменшити поглинання вологості з навколишнього середовища, електроди упаковують у двошаровий папір, поліетиленові плівки, пластмасові або металеві пенали. Упаковка з полімерної плівки не виключає можливість насичення покриття вологою. У неопалюваному приміщенні через різницю температур в нічний і денний час можливе утворення конденсату на поверхні електродів. Для уникнення конденсації застосовують вакуумування і заповнення упаковки сухим газом перед її герметизацією.

Особливо відповідальною операцією з підготовки електродів до зварювання є просушування, яке треба виконувати відповідно до режимів, зазначених на етикетках. Просушують електроди в електричних, які підключають до джерела, а за її відсутності - відкривають двері печі, щоб забезпечити відведення утвореної пари. Температуру просушування вище $400-420^{\circ}\text{C}$ встановлювати не рекомендується через можливість втрати механічної міцності покриття і порушення металургійних характеристик електродів. Просушування електродів може проводитися не більше 3 разів.

На робочому місці зварник повинен захистити електроди від потрапляння води. Для цього використовують металеві ящики, пенали. Електроди з покриттям основного виду рекомендується тримати в термичних шафах при температурі $40-80^{\circ}\text{C}$.

У польових умовах електроди зберігають у контейнерах (герметичних) при температурі $50-100^{\circ}\text{C}$ (незалежно від виду покриття). Для просушування електродів використовують сушильні шафи типу СНО, ЕОС, СНОЛ та електротермічні печі СНОП, які застосовують у виробничих зварювальних приміщеннях з підвищеними умовами. Як нагрівальні елементи використовують ніхромовий дріт або трубчасті електронагрівачі. Не рекомендується зберігати електроди там, де зберігається і просушується робочий одяг.

Перед зварюванням перевіряють стан поверхні електродів: відсутність тріщин, здуття, напівів, відколів, концентричності покриття, відсутність іржі на торцях.



Правильне зберігання і підготовка електродів до зварювання запобігають утворенню дефектів у металі шва та гарантують високу якість зварних виробів!

Для захисту покриття зварювальних електродів розроблена *спеціальна захисна оболонка*, яка наноситься на обмазку та контактні поверхні стержня електрода, забезпечуючи необмежений термін їх зберігання. Така оболонка складається з гліцерину, фталевого ангідриду

кислоту смоли К-421-02, кальцинованої соди, сикативу ИСК-1, крейди ММС-1 та інших компонентів які забезпечують захист поверхні обмазки і не перешкоджають нормальному горінню дуги. При цьому міцність покриття становить 200 %

20. ПІДГОТОВКА ТА СКЛАДАННЯ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

Підготовка деталей до зварювання полягає в їх очищенні, випрямленні, розмічанні, різанні й складанні.

Кромки та прилеглу зону (20–30 мм з кожного боку) очищують від іржі, фарби та інших забруднень до металевого блиску шпатлем, полум'ям, а при відповідальних з'єднаннях використовують травлення, знежирення, ліксоструменеву обробку. Деталі з ум'ятинами, хвилястістю, жолобленнями та викривленнями обов'язково випрямляють. Листовий і сортовий прокат випрямляють у холодному стані ручним і машинним способами. значно деформований метал — у гарячому стані. Для випрямлення застосовують молотки, преси, пружинні машини.

Для перенесення розмірів деталі з креслення на метал використовують розмічання. При цьому користуються інструментами: лінійкою, кутиком, циркулем, рисуwalkою, шаблонами. У процесі розмічання необхідно враховувати укорочення загострок при зварюванні. Тому передбачають припуск з розрахунку 1 мм на кожний поперечний стик і 0,1–0,2 мм на 1 м поздовжнього шва.

Після розмічання застосовують термічне або механічне різання для надання заготовкам необхідних розмірів. Кромки розчищають вручну напилками, зубилом або механічним способом на фрезерних, стругальних чи інших верстатах.

Технологічним процесом електрозварювання передбачається розчищення однієї (рис. 29, а, б) і двох (рис. 29, в, г, д) кромок. Під час зварювання плавким електродом зазор b і притуплення c виконуються залежно від товщини зварюваного металу і дорівнюють відповідно 0,5 мм і 1–3 мм. Чим більший зазор, тим глибше проплавлення металу.

X-подібне розчищення кромок порівняно з V-подібним дає змогу зменшити об'єм наплавленого металу в 1,6–1,7 раза.

Зварювання стикових з'єднань деталей зі зміщенням кромок одна відносно одної (рис. 30) виконується з урахуванням наведених у табл. 13 значень. При зварюванні деталей різної товщини на деталі більшої товщини має бути зроблений скіс однієї або двох кромок до товщини тонкої деталі (рис. 31).

Підготовлені деталі складають під зварювання. Точність складання контролюють шаблонами, вимірними приладами і щупами (рис. 32).

Складання деталей виконують у пристроях — кондукторах, кантувачах, на стелажах (рис. 33) або з використанням *прихватки* — коротких швів (рис. 34).

Прихватки ставлять з лицьового боку з'єднання. Поверхню прихватки очищають від шлаку. Під час зварювання прихватку видаляють або повністю переплавають.

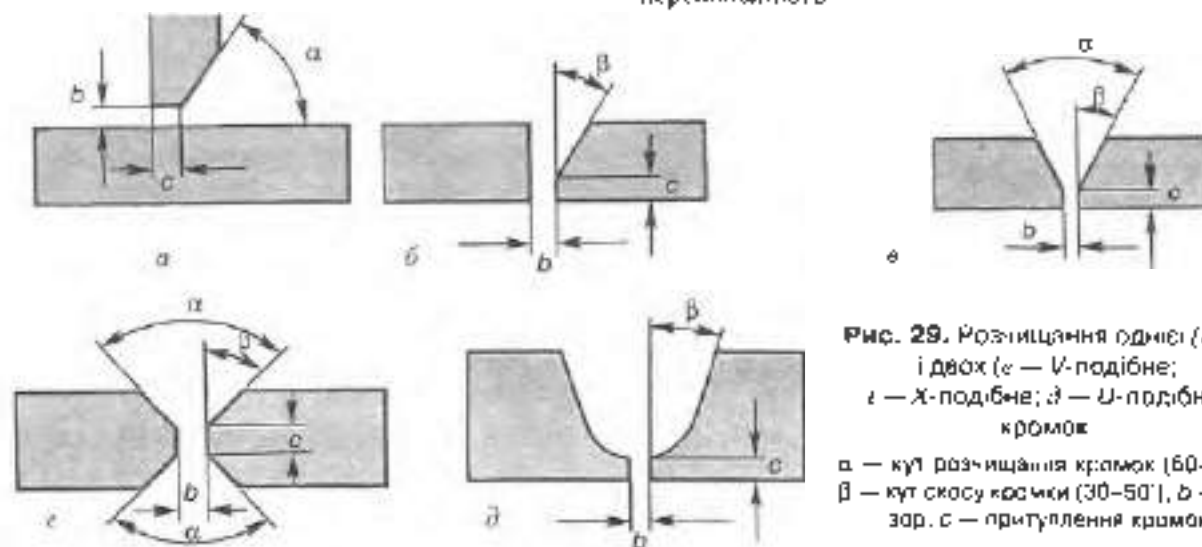


Рис. 29. Розчищення однієї (а, б) і двох (в — V-подібне; г — X-подібне; д — U-подібне) кромок

α — кут розчищення кромок (60–90°);
 β — кут скосу кромки (30–50°); b — зазор; c — притуплення кромок

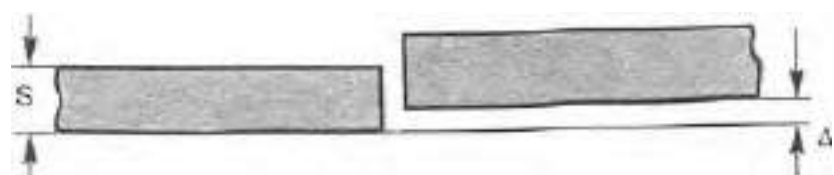


Рис. 30. Зміщення зварювальних кромки:

Δ — зміщення кромки одна відносно одної

Табл. 13. Допустимі зміщення кромки

Товщина четверу, мм	Найбільше допустиме γ , мм
Не більше 4	0,5
4 - 10	1,0
10 - 100	0,1S, але не більше 3 мм
Понад 100	$0,01S + 2$, але не більше 4 мм

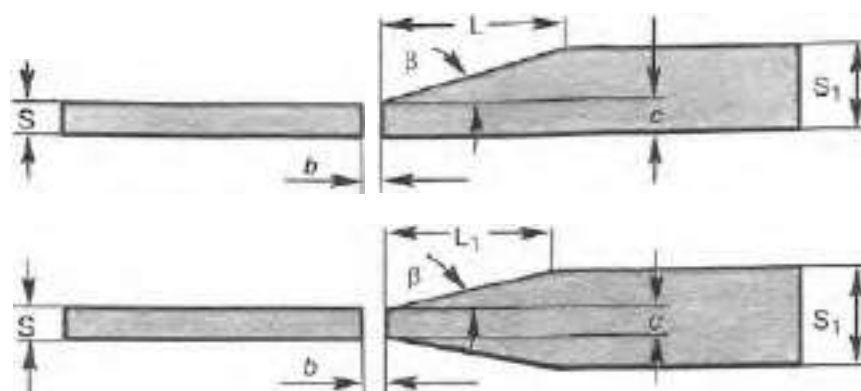


Рис. 31. Розчищення кромки
листів різної товщини

$L = 5(S_1 - S)$, $L_1 = 2,5(S_1 - S)$



Рис. 32. Контроль точності складання.

a, b — шаблоном; c — щуп-шаблоном; d — шаблоном з поділками; e — щуп-шаблоном таврового з'єднання; f — набором щупів стикового з'єднання

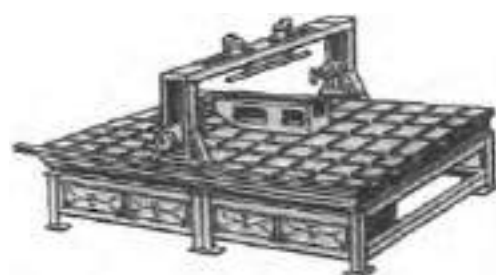


Рис. 33. Пристрій для складання

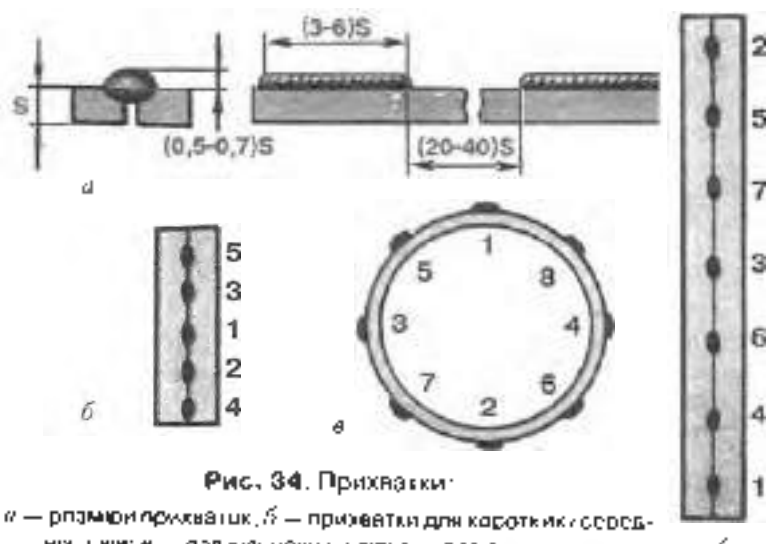


Рис. 34. Прихватки

a — розміри прихватки; b — прихватки для коротких / середніх швів; c — для кильових швів; d — для довгих швів

21. ПАРАМЕТРИ РЕЖИМУ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУ І РОЗМІРИ ШВА

Розрізняють основні й додаткові параметри режиму ручного дугового зварювання.

До основних параметрів належать: сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість зварювання, рід і полярність струму.

Додатковими параметрами вважають положення шва в просторі, кількість проходів, температуру навколишнього середовища, термічну обробку, попередній і супровідний підігрів.

Силу зварювального струму встановлюють залежно від діаметра електрода, а діаметр електрода вибирають залежно від товщини зварюваного металу (табл. 14).

Табл. 14. Залежність діаметра електрода від товщини металу

Товщина металу, мм	1-2	3	4-5	6-8	9-12	13-15	16 і більше
Діаметр електрода, мм	1,6-2	3	3-4	4	4-5	5	6

Орієнтовний розрахунок сили зварювального струму виконують за формулами:

для електродів діаметром $d = 3-6$ мм

$$I = (20 \cdot k \cdot d) dk$$

для електродів діаметром $d < 3-6$ мм

$$I = 30dk$$

Значення коефіцієнта k для різних способів зварювання становить: нижній шов — 1; вертикальний шов — 0,9; стельовий шов — 0,8.

Густина струму зі збільшенням діаметра електрода та при незмінному зварювальному струмі зменшується, що призводить до блукання дуги, збільшення ширини шва та зменшення глибини проварювання. Чим більший діаметр електрода, тим меншою буде допустима густина струму, тому що погіршуються умови охолодження (табл. 15).

Табл. 15. Допустима густина струму, А/мм², залежно від покриття електрода

Вид покриття	Діаметр електрода, мм			
	3	4	5	6
Кисле рутилове	14-20	11,5-16	10-13,5	9,5-12,5
Основне	13-18,5	10-14,5	9-12,5	8,5-12,5

Із збільшенням зварювального струму глибина проварювання збільшується, ширина шва майже не змінюється (рис. 35).

Напруга на дузі залежить від її довжини. Оптимальна довжина дуги вибирається між мінімальною і максимальною: мінімальна довжина дуги $L_{d\min} = 0,5 d_e$, максимальна $L_{d\max} = d_e + 1$ (d_e — діаметр електрода, мм).



Довгу дугу застосовувати не рекомендується.

З підвищенням напруги ширина шва різко збільшується, а глибина проварювання зменшується. Це важливо враховувати під час зварювання тонкого металу. Деяко зменшується і в'язкість (підсилення) шва. При одній і тій самій напрузі ширина шва під час зварювання на постійному струмі (особливо зворотної полярності) значно більша, ніж ширина шва під час зварювання на змінному струмі.

Рід струму й полярність встановлюють залежно від зварюваного металу і його товщини (табл. 16). При зварюванні звичайних вуглецевих сталей застосовують змінний струм як дешевий порівняно з постійним. Застосовуючи постійний струм, встановлюють пряму або зворотну полярність. На прямій полярності зварюють товсті метали, тому що на основному металі виділяється більше тепла.

Зворотну полярність використовують для зварювання тонких металів, щоб уникнути пропалів, і при зварюванні високолегованих сталей для зменшення їх перегрівання.

Швидкість зварювання встановлюється залежно від вибраного способу зварювання, властивостей основного металу, характеристики електрода тощо.

Швидкість зварювання вибирається так, щоб зварювальна ванна заповнювалась електродним металом і підвищувалася над поверхнею кромок з плавним переходом до основного металу без подрізів і наплівів.

Із збільшенням швидкості зварювання глибина проварювання спочатку зростає (до 40-50 м/год), а потім зменшується. При цьому ширина шва зменшується постійно. Якщо швидкість зварювання перевищує 70-80 м/год, основний метал не встигає прогріватись і з обох боків шва можливі подрізи.

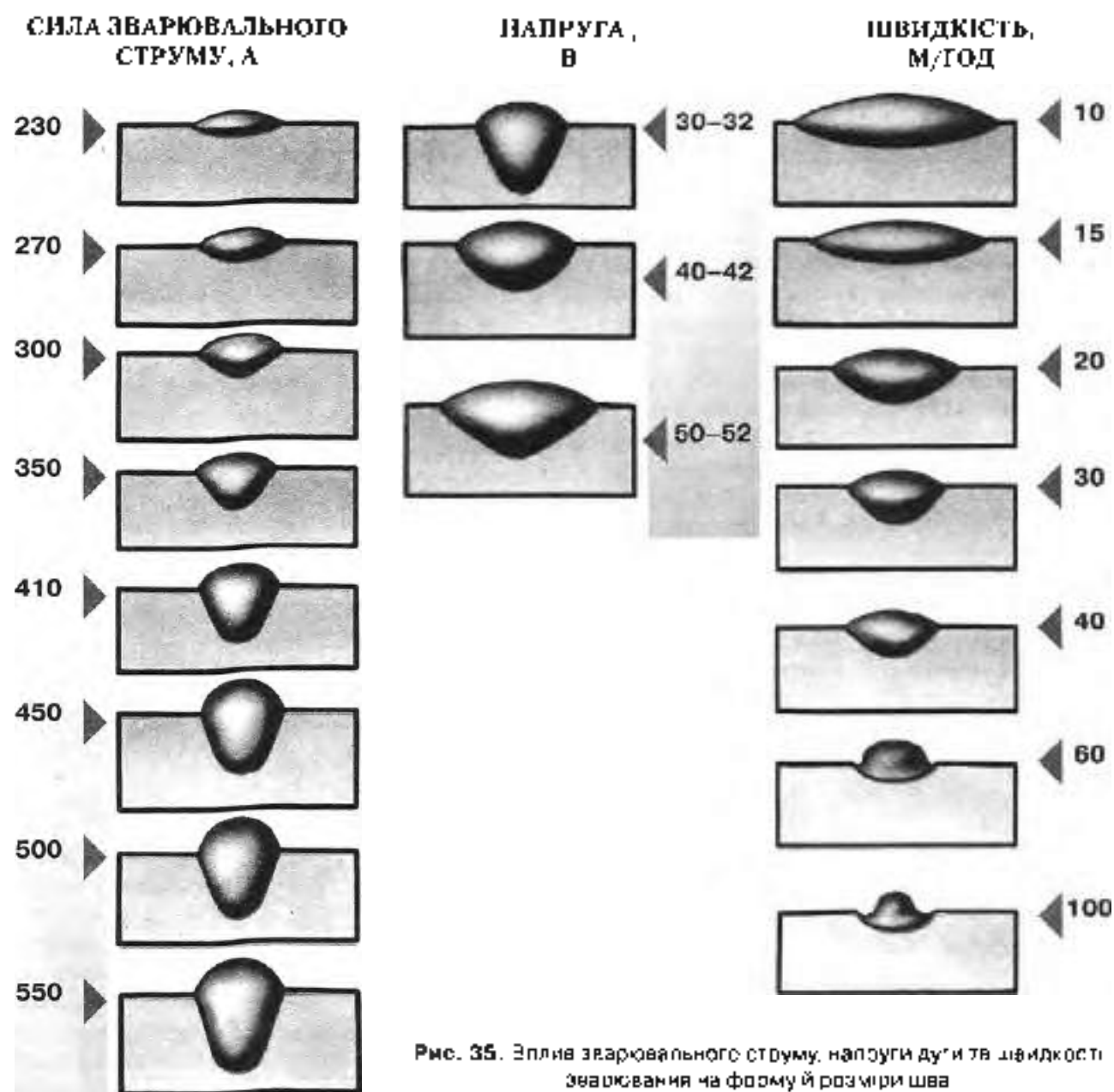


Табл. 16. Рід струму і полярність

Полярність	Постійний струм	Змінний струм
Према 	- Зварювання з глибоким проварюванням основного металу; - зварювання низько- й середньовуглецевих і низьколегованих сталей завтовшки 5 мм і більше електродами з фтористо-кальцієвим покриттям: УОНИ-13/55 та ін.; - зварювання чавуку	- Зварювання низьковуглецевих і низьколегованих сталей (типу 09ГС) у будівельно-монтажних умовах електродами з рутилевим покриттям; - зварювання при виникненні магнітного дугтя; - зварювання товстостінних конструкцій із низьковуглецевих сталей
Зворотня 	- Зварювання з підвищеною швидкістю плавлення електродів; - зварювання низьколегованих низьковуглецевих сталей і сплавів; - зварювання тонкостінних листових конструкцій	

2.2. СПОСОБИ ЗАПАЛЮВАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ДУГИ

Дугу запалюють коротким дотиком електрода до виробу (виряту) або чирканням кінцем електрода по поверхні металу («стрічком») (рис. 36). Другий спосіб кращий, однак він незручний у вузьких, важкодоступних місцях.

Під час зварювання електрод може перебувати в різних положеннях: *кутом вперед* (горизонтальні, вертикальні, стельові шви, зварювання неізоіромних стиків труб); *під прямим кутом* (зварювання у важкодоступних місцях); *кутом назад* (кутові та стикові з'єднання) (рис. 37).

Під час *зварювання кутом вперед* (рис. 38, а) зменшуються глибина проварювання і висота випуклості шва, але помітно зростає його ширина. Це має змогу використовувати цей спосіб для зварювання металу невеликої товщини. Краї проплавляються кромки, тому можливе зварювання на підвищених швидкостях.

Під час *зварювання кутом назад* (рис. 38, б) глибина проварювання і висота випуклості збільшуються, але зменшується ширина. Прогрівання кромки недостатнє, тому можливі несплавлювання та утворення пор.

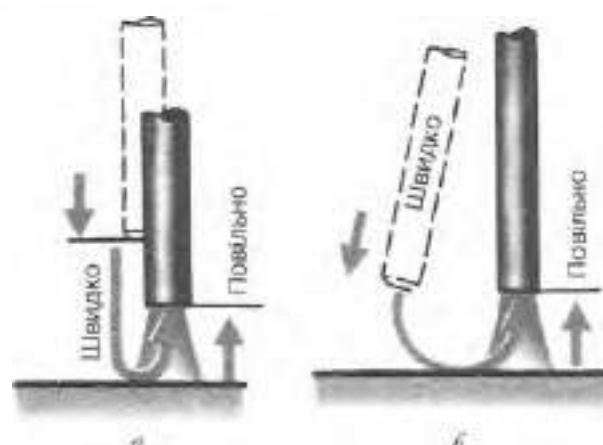


Рис. 36. Запалювання зварювальної дуги дотиком (а) і чирканням (б)

При *зварюванні на спуск* (рис. 38, в) глибина проварювання зменшується, ширина шва збільшується, а при *зварюванні на підйом* (рис. 38, г), навпаки, глибина проварювання збільшується, а ширина шва зменшується.

Закінчення зварювання має свої особливості. На кінці шва дугу не можна обривати різку.

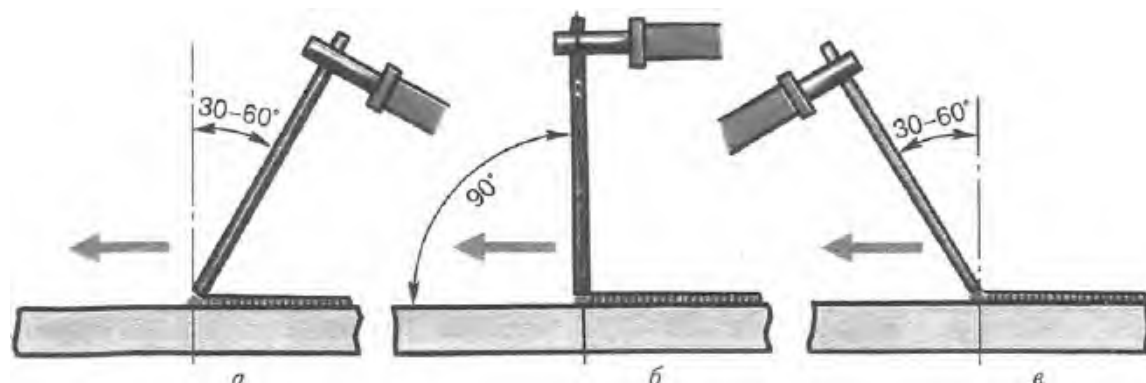


Рис. 37. Положення електрода при зварюванні: а — кутом вперед; б — під прямим кутом; в — кутом назад

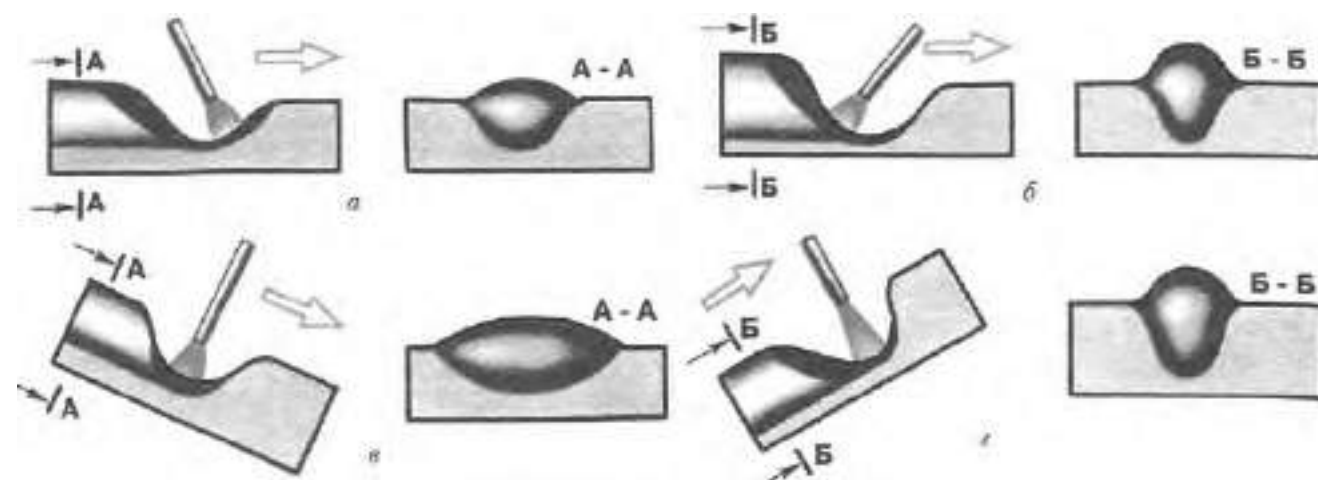


Рис. 38. Вплив кута нахилу електрода: виробу



Рис. 39. Обрив дуги

Електрод переміщують на верхній край зварювальної шани (1-2) і потім швидко відводять від кратера (3) (рис. 39). Заварювання кратера здійснюється різними способами. Перший спосіб (рис. 40, а) — дугу обривають на кінці зварювального шва (1), а потім повторно запалюють (2) для формування необхідної висоти шва. Другий спосіб (рис. 40, б) — із положення 1, не обриваючи дуги, змищують електрод на 10–15 мм у положення 2, а потім у положення 3, після чого дугу обривають.

Електрод переміщують у трьох основних напрямках (рис. 41):

- *поступальному* 1 — уздовж осі електрода (забезпечує подачу електрода, постійність довжини дуги і швидкість плавлення);
- *прямолінійному* 2 — уздовж осі шва (забезпечує необхідну швидкість зварювання і якість формування шва);
- *коливаючому* 3 — уперек осі шва для прогрівання кромки.

Цікми рухами за один прохід утримують шов, ширина якого може дорівнювати чотирьом діаметрам електрода, а без них — 1,5 діаметра. Поверхні рухи можна виключити при зварюванні тонких листів або при проходженні першого (кореневого) шва багатопшарового зварювання.

Розрізняють різні види коливальних рухів кінця електрода:

- *прямі по ламаній лінії* (рис. 42, а) — застосовують для отримання наплавок при зварюванні встик без скосу кромки у нижньому положенні, якщо немає ймовірності пропалити деталь;

крок 2–3 мм



Рис. 42. Види коливальних (поперечних) рухів кінця електрода:

а — прямі по ламаній лінії (зигзагоподібні); б — пісмисцем уперед; в — пісмисцем назад; г — трикутником; д — трикутником із затримкою електрода в корені шва; е — петлеподібні

Рис. 40. Заварювання кратера



Рис. 41. Маніпулювання електродом

- *пісмисцем уперед* (рис. 42, б) — для стикових швів зі скосом кромки і для кутових швів з катетом менше за 6 мм, що виконуються в будь-якому положенні електродами діаметром не більше ніж 4 мм;

- *пісмисцем назад* (рис. 42, в) — для зварювання в нижньому положенні, а також для вертикальних і стельових швів із випуклою зовнішньою поверхнею;

- *трикутником* (рис. 42, г) — для кутових швів з катетом понад 6 мм завдовжки і стикових швів зі скосом кромки у будь-якому просторовому положенні. Дас добре проварювання кореня шва;

- *трикутником із затримкою електрода в корені шва* (рис. 42, д) — для зварювання товстостінних конструкцій з гарантованим проплавленням кореневої ділянки шва;

- *петлеподібні* (рис. 42, е) — для підсиленого прогрівання кромки шва, особливо при зварюванні високолегітованих сталей. Електрод затримують на краях, щоб не було пропалювання в центрі шва або витікання металу при зварюванні вертикальних швів.

23. ВИКОНАННЯ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ У РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОЛОЖЕННЯХ

За розташуванням швів у просторі в момент їх виконання розрізняють нижні, горизонтальні, вертикальні й стельові шви.

У **нижньому положенні** виконують стикові, кутові, таврові та з'єднання внапуск.

Стикові з'єднання однібічні без скосу кромки виконують електродами діаметром, що дорівнює товщині металу, якщо вона не перевищує 4 мм (рис. 43, а).

Листи без скосу кромки 2–8 мм завтовшки зварюють двобічним швом, а до 6 мм — однібічним (рис. 43, б).

Метал товщиною якого перевищує 8 мм, зварюють з розчищенням кромки. Для уникнення пропалювання зварювання виконують на знімних (керамічних) або незнімних (сталевих) підкладках (рис. 43, в).

Кутові з'єднання виконують двома способами: симетричним «човником» (рис. 44, а) і несиметричним «човником» (рис. 44, б).

Щоб уникнути недоварювання металу та подріза кромки, зварювання «човником» краще

виконувати електродом, що допускає опирання покриття на кромки (рис. 44, в).

При накладанні кутових швів похилим електродом (також і «човником») зварювання краще виконувати кутом уперед.

Таврові й кутові шви без скосу кромки з катетами понад 10 мм завдовжки виконують в один шар поперечними рухами електрода трикутником із затримкою в корені шва (рис. 45).

Дугу збуджують на горизонтальній полиці, а не на вертикальній, щоб уникнути натікання металу.

При виконанні з'єднання внапуск кутові шви в нижньому положенні з катетом, довжина якого не перевищує 10 мм, накладають в один шар електродами діаметром не більше ніж 5 мм без поперечних колдань (рис. 46).

Зварювання **вертикальних швів** виконують із силою струму, на 10–15 % меншою, ніж при зварюванні в нижньому положенні. Щоб метал не вистікав із зварювальної ванни, потрібно підтримувати коротку дугу. З цією метою викорис-

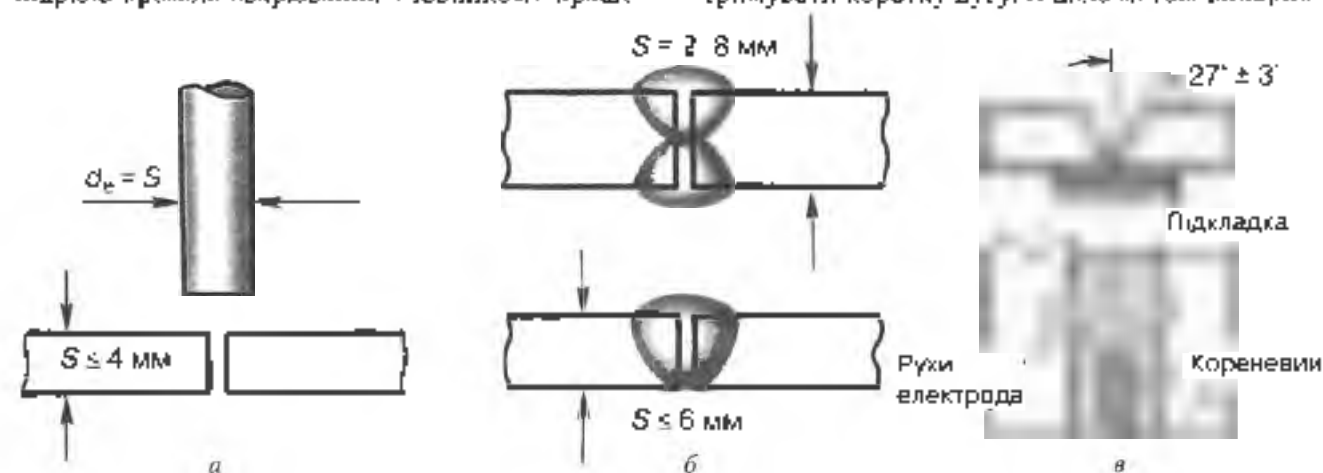


Рис. 43. Виконання стикових з'єднань

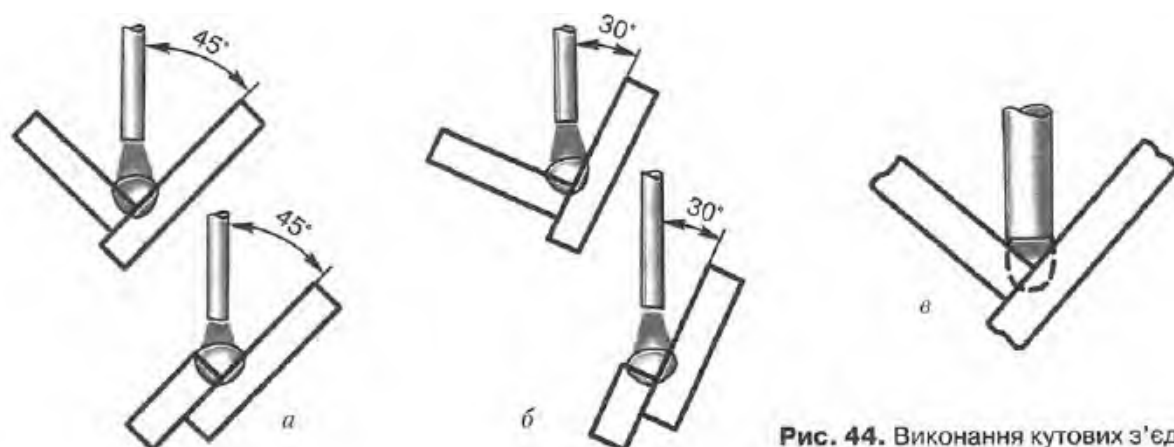


Рис. 44. Виконання кутових з'єднань

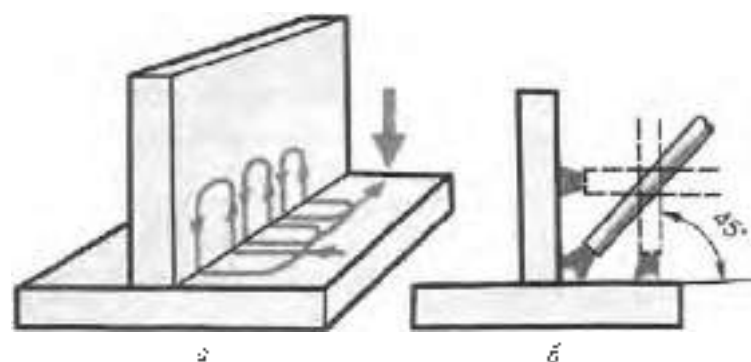


Рис. 45. Таврове з'єднання



Рис. 46. З'єднання в напуск

товують електроди, що дають швидко тверднучий тонкий шар шлаку («хиротки» шлаки).

Вертикальні шви виконують двома способами: знизу вгору, або на підйом, і зверху вниз, або на спуск.

Спосіб знизу вгору (рис. 47, а) — найбільш зручний, поширений і продуктивний спосіб. Використовуються електроди діаметром не більше ніж 4 мм. Поперечні коливання електрода кутом, півмісяцем, «ялилкою». Дугу збуджують у нижній точці шва. Зварюванням підготовляють горизонтальну площадку перерізом, що дорівнює перерізу шва. При цьому електрод виходить поперечні коливання. Найкраще проварювання досягається при положенні електрода, перпендикулярному до вертикальної осі. Стіканню розплавленого металу запобігають нахилом електрода вниз.

Спосіб зверху вниз (рис. 47, б) рекомендують для зварювання тонких (не більше ніж 3 мм) листів з розчищенням кромки. Використовуються електроди з целюлозним покриттям (ЦЦ-9, АЦО-9, ВСЦ-2, ВСЦ-3). Дугу збуджують у верхній точці шва. Після утворення краплі рідкого металу електрод нахилиють так, щоб дуга була спрямована на рідкий метал.

При виконанні проходів застосовують такі рухи електрода:

по спіралі, півмісяцем (рис. 48, а, б) — спочатку наплавляють полум'я на зварюванні кромки,

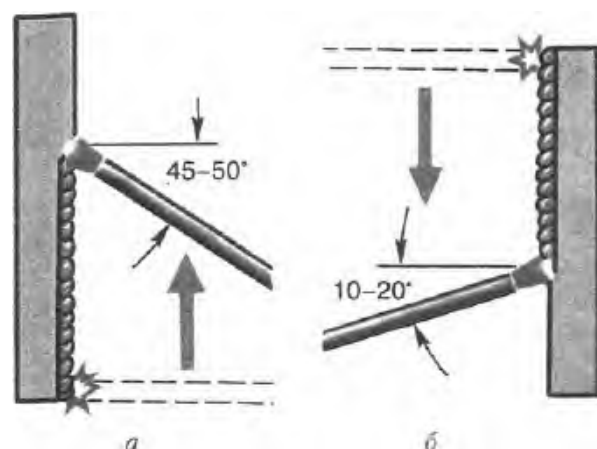


Рис. 47. Виконання вертикальних швів:

а — знизу вгору (на підйомі), б — зверху вниз (на спуск)

а потім невеликими порціями наплавляють метал, маніпулюючи електродом усе вище, залишаючи зразу зварний шов;

кутом (рис. 48, в) — електрод постійно піднімають уверх-униз безперервно наплавляючи метал на кромки та рівномірно переносачи його вгору електродом;

«ялилкою» (рис. 48, г) — спочатку електрод піднімають угору вправо, а потім опускають униз. Крапля рідкого металу застигає між кромками. Потім електрод піднімають уліво і знову опускають униз, залишаючи нову порцію металу

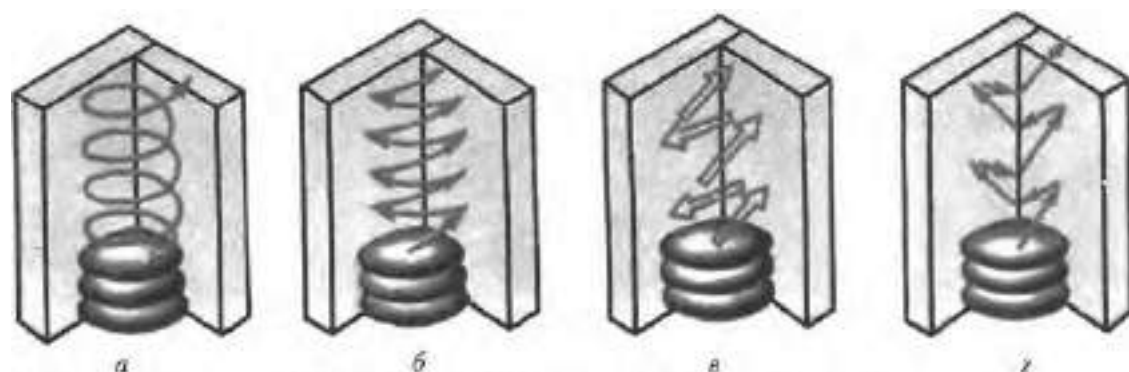


Рис. 48. Рухи електрода при виконанні проходів:

а — по спіралі; б — півмісяцем; в — кут; г — «ялилкою»

При зварюванні *горизонтальних стикових швів* необхідне розчищення тільки верхньої кромки (рис. 49, а). Дугу збуждають на нижній горизонтальній кромці 1, а потім електрод переводять на верхню кромку 2.

Зварювання можна виконувати вертикально розташованим електродом, а також кутом уперед і кутом назад (рис. 49, б) або спіральним рухом (рис. 49, в). Черговість виконання проходів 1–6 показано на рис. 49, г.

Для виконання *стельових швів* використовують тільки добре просушені електроди, тому що газ, який виділяється покриттям електрода, піднімається вгору і може залишитись у шві.

Вузькі валики накладають трьома способами: *драбинкою* (рис. 50, а) – електрод розміщують під кутом 90–130° до стельової площини, підводять до виробу й запалюють дугу. Після утворення маленької порції розплавленого металу електрод відводять на 5–10 мм від стельової площини і повертають, перекриваючи закристалізовану порцію металу розплавленим приблизно на $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ її довжини;

півмісяцем (рис. 50, б) – електрод розміщують під кутом 90–130° до стельової площини і, маневруючи по схемі півмісяця, безперервно заходять електродом на закристалізовану частину металу

зворотню поступально (рис. 50, в) – кінцем електрода зварник безперервно повертається назад на закристалізовану поверхню металу, постійно підозжуючи валик.

При зварюванні стельових і горизонтальних швів рідкий метал ламається витікати із зварювального ванни. Тому зварювання виконують короткою дугою. Силу зварювального струму зменшують на 15–20 % порівняно із зварюванням у нижньому положенні. Метал, товщина якого перевищує 8 мм, зварюють багатопрохідними швами (табл. 17).

Табл. 17. Діаметри електрода, мм, для виконання проходів

Шов	Прокід	
	перший	наступні
Стельовий	3	4
Горизонтальний	4	5

Понижені режими й незручність зварювання швів у різних просторових положеннях зменшують продуктивність зварювання. Тому, по можливості, вироби розташовують так, щоб зварювання проходило в нижньому положенні.

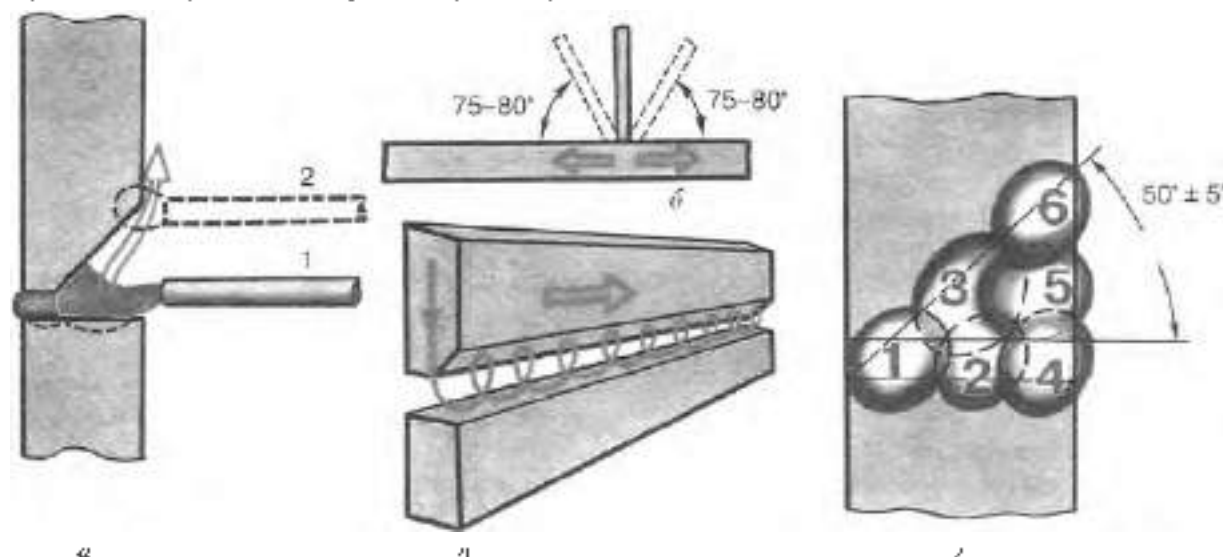


Рис. 49. Виконання горизонтальних швів

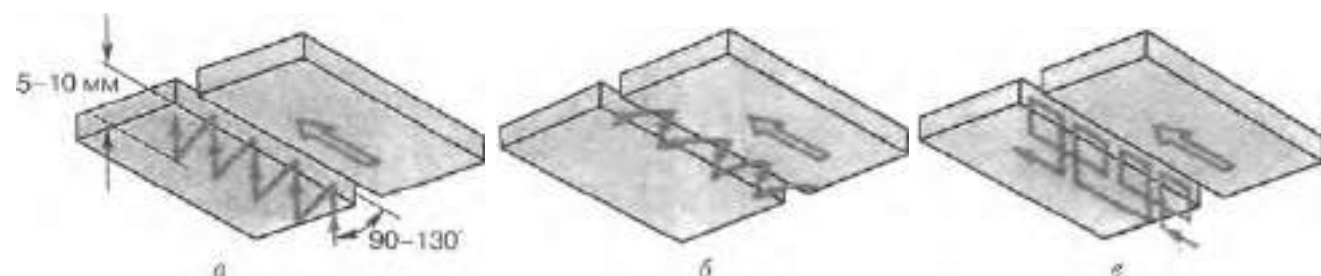


Рис. 50. Виконання стельових швів

а – драбинкою; б – півмісяцем; в – зворотню-поступально

24. ЗВАРЮВАННЯ ТОВСТОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Однобічний однопрохідний шов виконується за один прохід. При зварюванні металу великої товщини шов виконують шарами, кожен з яких накладають за один прохід — *багатошаровий шов* (рис. 51, а) або за кілька проходів — *багатошаровий багатопрохідний шов* (рис. 51, б).

Зварюванню за один прохід надається перевага при зварюванні шва не більше як 14–16 мм, тому що шов дає менше залишкових деформацій. При товщині металу понад 15 мм зварювання кожного шару «на прохід» небажане: перший шар встигає охолонути, і в ньому виникають тріщини.

Багатошарове виконання швів частіше застосовують для стикових швів, а багатошарове багатопрохідне — для кутових і твароки швів.

Декоративний (відплатковий) шов накладають електродом діаметром 5–6 мм при струмі 200–300 А. Підварний шов накладають електродом діаметром 3 мм при струмі 100 А. Перед цим коріння шва зачищають. Схеми виконання декоративного і підварного швів зображено на рис. 52.

Для рівномірності прогрівання металу на всій довжині шви накладають, подвійним ша-

ром, каскадом, блоками, гіркою або поперечною гіркою.

При способі *подвійного шару* другий шар накладають на неохолодлий перший після видалення зварювального пілаку в протилежному напрямі на довжині 200–400 мм.

При *каскадному* методі (рис. 53, а) шов розбивають на ділянки завдовжки 200 мм. Після зварювання першого шару першої ділянки, не зупинючись, продовжують накласти перший шов на сусідній ділянку. Тоді кожен наступний шар накладається на неохолодлий метал попереднього шару.

Зварювання «гіркою» (рис. 53, б) — різновид каскадного методу. Ведеться двома зварюваннями одночасно від середини до країв.

Обидва методи це зворотньо-поступальне зварювання не тільки за довжиною, а й за перерізом шва, причому зона зварювання завжди залишається гарячою.

При *зварюванні блоками* (рис. 53, в) шов заповнюють окремими ділянками по всій висоті перерізу шва. Застосовують при з'єднанні деталей із сталей, що гартуються при зварюванні.

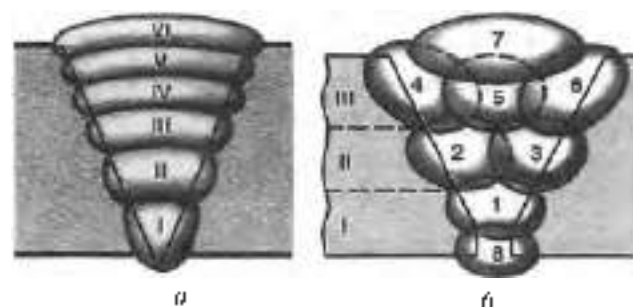


Рис. 51. Виконання швів:

а — багатошарового зварювання, б — багатошарового багатопрохідного двобічного, 1–VI 1–II — черговість на-кесення шарів, 1–8 — черг. овість накладання швів

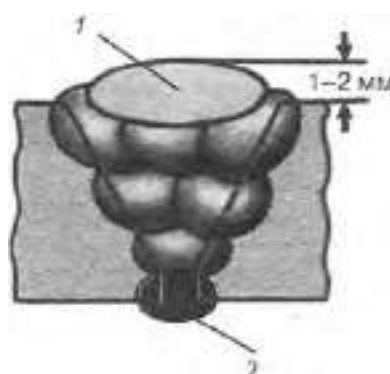


Рис. 52. Виконання декоративного (1) і підварного (2) швів

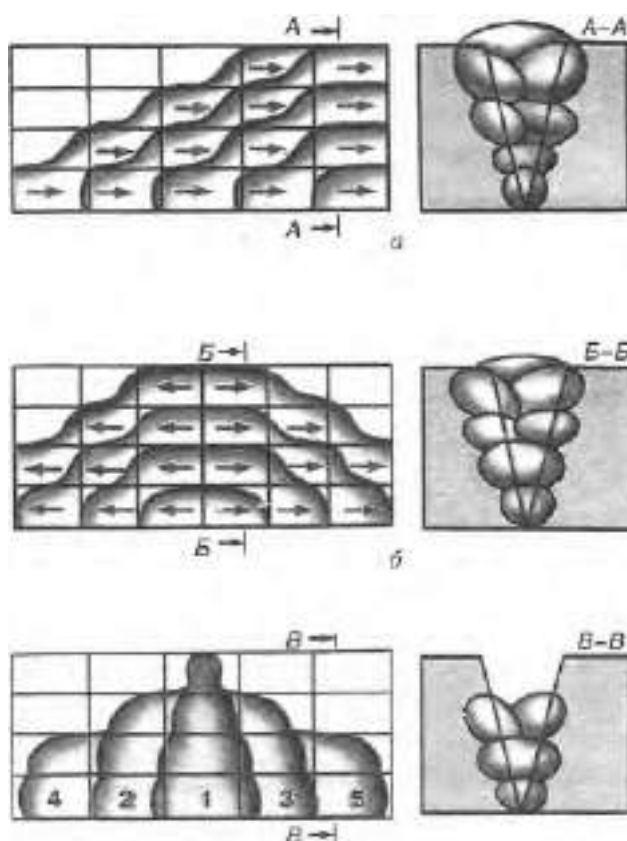


Рис. 53. Накладання швів при товщині металу понад 15 мм

2.5. СПОСОБИ ВИКОНАННЯ ШВІВ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ

Для уникнення деформацій металу залежно від довжини шва застосовують такі способи зварювання (рис. 54):

- *на прохід* — для коротких (до 250 мм) швів;
- *від середини до країв* — для середніх (250–1000 мм) швів (працюють два зварники);
- *зворотньо-ступінчастий* — для довгих (понад 1000 мм) швів. Шов розбивається на окремі ділянки по 150–200 мм завдовжки. Зварювання

на кожній із них ведеться в напрямі, протилежному до загального напрямку зварювання.

Довгі шви зворотньо-ступінчастим способом від середини до країв зварюють одночасно два зварники. Якщо зварник один, застосовують зворотньо-ступінчастий спосіб урізки, де шов розбивають на окремі ділянки і зварюють у різних напрямках.

Зворотньо-ступінчасте зварювання ефективно зменшує напруги й деформації.

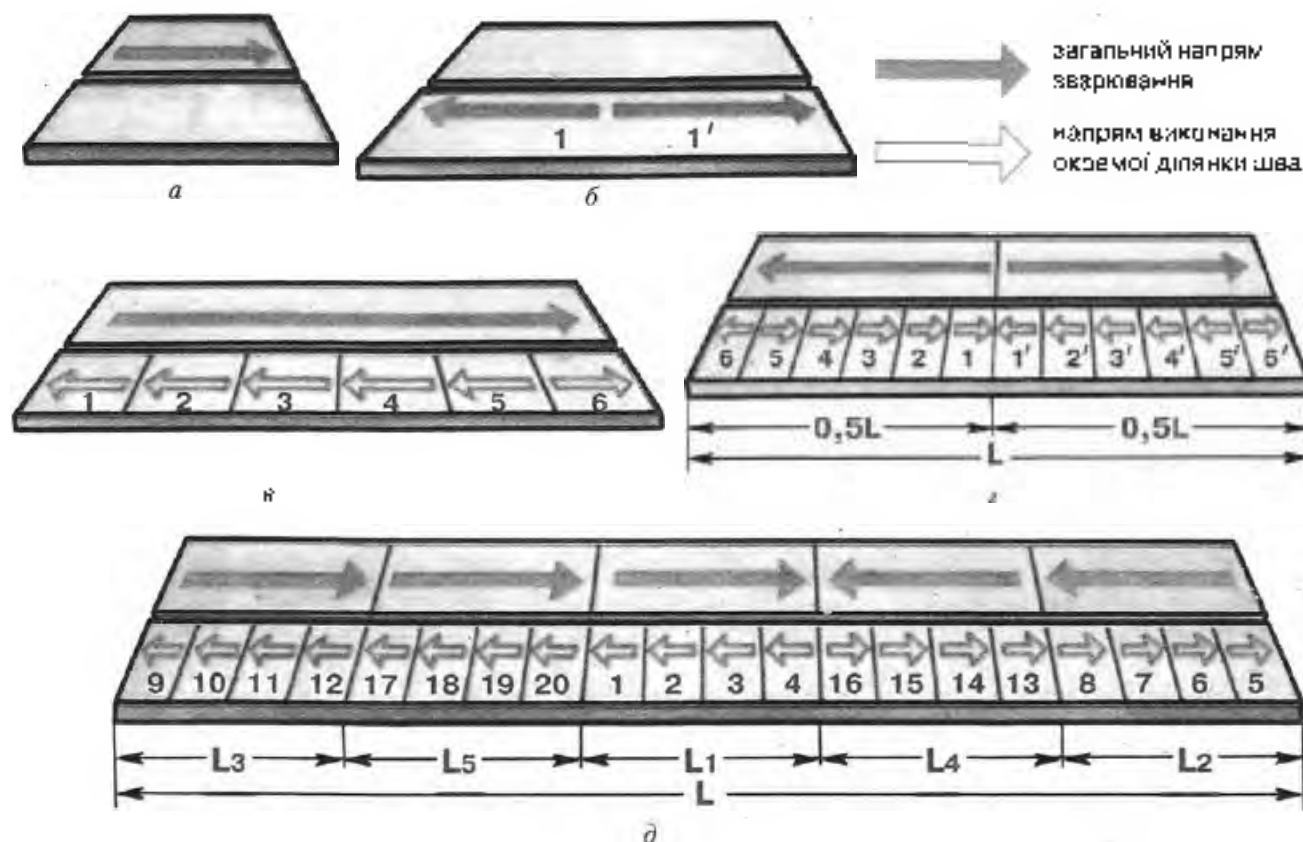


Рис. 54. Способи виконання швів різної довжини:

а — «на прохід»; б — «від середини до країв»; в — зворотньо-ступінчастий; г — зворотньо-ступінчастий від середини до країв; д — зворотньо-ступінчастий урізки (кутові шви).

2.6. СТРУКТУРА ШВА ТА ЗОНА ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ

Зварне з'єднання поділяють на чотири зони: метал шва, зона сплавлення, зона термічного впливу і основний метал.

Зона термічного впливу має декілька структурних ділянок, які відрізняються за формою і будовою зерен (рис. 55). Характеристики кожної ділянки наведено в табл. 18.

Циркон біляшовної зони становить: при ручному зварюванні — 3–6 мм; при зварюванні під флюсом — 2–4 мм; при зварюванні в захисних газах — 1–3 мм; при електрошлаковому зварюванні — 11–14 мм; при газовому зварюванні — 8–28 мм; при імпульсно-магнітному зварюванні — 0,01 мм.

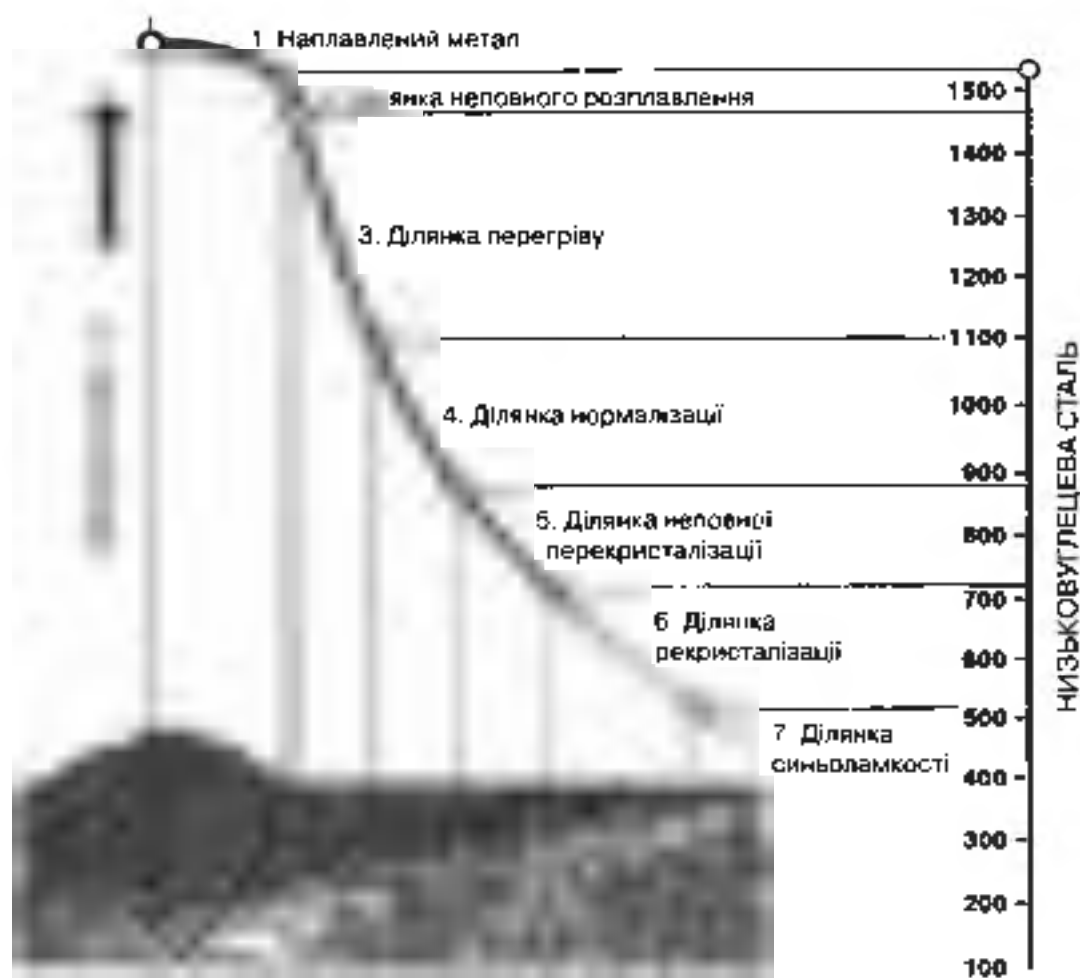


Рис. 55. Структура шва та зона термічного впливу

Табл. 18. Характеристики ділянок

№ ділянки	Структура металу	Температура, °C	Ширина, мм
1	Стойка частина дуги, з підвищеними механічними властивостями	1530 ± 5	1/2 ширини шва
2	Ріст зерна, утворення слякстистої структури з підвищеною крихкістю	1530–1470	0,1–0,4
3	Крупнозерниста будова із зниженою ударною в'язкістю та пластичністю	1470–1100	3–4
4	Подрібнення зерна, підвищення механічних властивостей	1100–880	0,2–4,0
5	Змішана будова із дрібних і крупних зерен з підвищеними механічними властивостями	880–720	0,1–3,0
6	Відновлення форми й розмірів зерен металу	720–510	0,1–1,5
7	Структурних змін немає	510–200	0,8–12

27. НАПРУГИ ТА ДЕФОРМАЦІЇ ЗВАРИНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Основними причинами деформації є нерівномірне нагрівання металу, ливарна усадка розплавленого металу та зміни в структурі металу.

При наплавленні валика на кромку смуги валик і нагріта зона смуги розширюються і роз-

тягують холодну частину смуги, створюючи в ній розтяг зі згиним. Валик і нагріта зона будуть стиснутими, бо їх тепловому розширенню перешкоджає холодний метал. Смуга прогнеться випуклістю вгору (рис. 56). При остиганні валик і

нагріта зона смуги, які отримали пластичні деформації, укорочуватимуться. Але цьому знову перешкоджатиме холодний метал. Валик і нагріта зона смуги стягуватимуть верхні волокна, і смуга прогинатиметься випуклістю вниз.

Усадка відбувається при остиганні металу. Метал стає щільнішим, його об'єм зменшується.

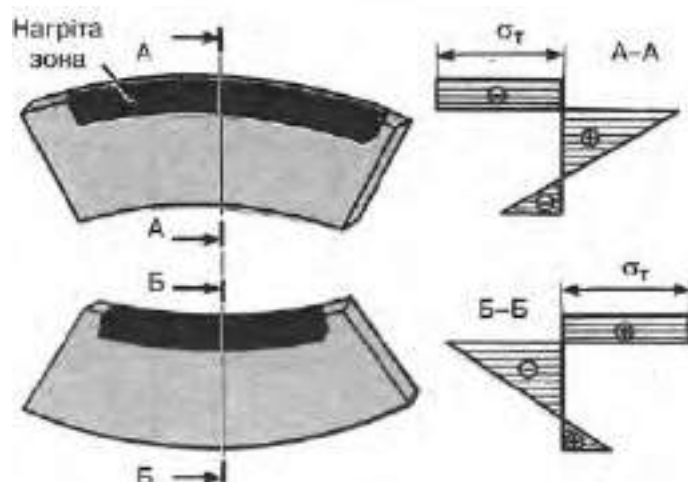


Рис. 58. Нерівномірне нагрівання металу:
 σ_T — напруження течучості, + — розтяг, — — стиск

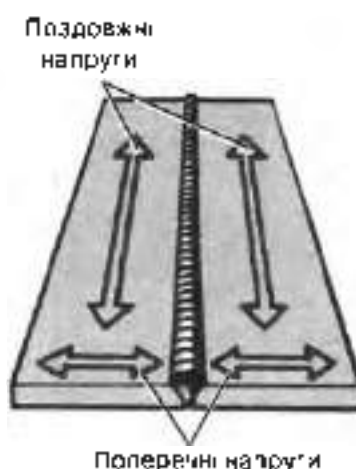


Рис. 57. Липарна усадка розплавленого металу

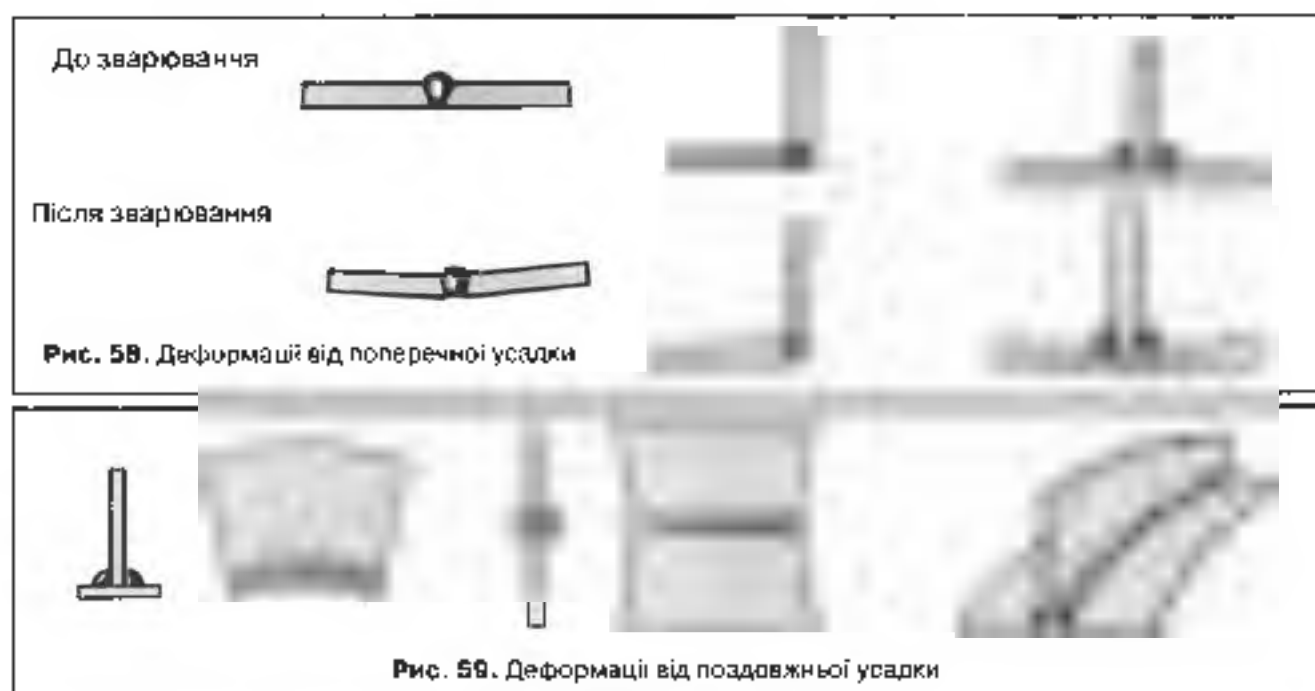


Рис. 59. Деформації від поздовжньої усадки

2.8. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Висока температура колумів досягається спалюванням горючого газу або парів рідких в кисні

● **Кисень у чистому вигляді при температурі 20 °C і атмосферному тиску — це прозорий газ без запаху, кольору та смаку.**

Маса 1 м³ становить 1,33 кг. Зріджується при нормальном тиску і температурі -182,9 °C. Рідкий кисень прозорий, має блакитний відтінок. Маса 1 л рідкого кисню становить 1,14 кг; при випаровуванні 1 л кисню утворюється 860 л газу.

Кисень одержують розкладанням води електричним струмом або глибоким охолодженням

атмосферного повітря. Сорти кисню наведено в табл. 19.

Табл. 19. Кисень рідкий і газоподібний

Кисень	Вміст кисню %, на мінус	Примітка
Технічний		Залишок складають азот і аргон
Сорт 1	99,7	
Сорт 2	99,5	
Сорт 3	99,2	
Медицинський	99,5	

Технічний кисень 3-го сорту поставляють тільки газоподібним. Вміст парів води в газоподібному кисні — не більше ніж 0,07 г/м³.

Чистота кисню має велике значення, особливо для кисневого різання. Зниження чистоти кисню погіршує заварювання, підвищує його витрати.

 При стиканні стиснутого кисню з маслами, жирами відбувається їх окиснення з великою швидкістю, що призводить до самозагоряння або вибуху. Треба уникати забруднень кисневих балонів маслами.

 **Ацетилен C_2H_2 (технічний) — газ без кольору з різким неприємним запахом, в 1,1 раза легший за повітря, розчиняється в рідинах. При згорянні дає найбільшу температуру полум'я (3050–3150 °C).**

Ацетилен є вибухонебезпечним: під тиском 0,15–0,20 МПа вибухає від електричної іскри або вогню і при швидкому нагріванні вище за 200 °C, а при температурі вище за 530 °C проходить вибухово-розкладання ацетилену.

Ацетиленокиснева суміш здатна вибухати за наявності в ній 2,8–93 % ацетилену. Тому зварникам необхідно дотримуватись обов'язкових правил експлуатації газового обладнання. Самозагоряння суміші ацетилену і кисню, що виходять з патника, відбувається при температурі 428 °C.

Одержують ацетилен трьома способами:

- розкладанням карбіду кальцію (CaC_2) водою;
- термоокислювальним піролізом (розкладанням) нагрітого природного газу в суміші з киснем;
- розкладанням рідких вуглеводнів (нафти, газу) електричною дугою.

Технічний карбід, з якого одержують для зварювання ацетилен, має шкідливі домішки. Вони переходять в ацетилен у вигляді сірководню, аміаку, фосфористого й кремнієвого водню, погіршуючи якість зварювання. Тому їх треба видаляти промиванням водою або хімічним очищенням.

Як заміники ацетилену можуть використовуватися гази: пропан-бутан, природний, водень та ін.

ГАЗИ — ЗАМІННИКИ АЦЕТИЛЕНУ

 **Пропан-бутан — це суміш пропану з бутаном (5–30 %), яку називають технічним пропаном.**

Одержують пропан-бутан при добуванні природних газів і при переробці нафти. Температура полум'я становить 2400 °C, тому його використовують для зварювання сталі до 3 мм завтовшки. Доцільно використовувати для різання, теплового випрямлення, очищення металу. Для зварювання пропан-бутан поставляють у зрідженому стані. Перехід з рідкого стану в газоподібний відбувається самовільно у верхній частині балона через меншу питому вагу газу. Він важчий за повітря і має неприємний специфічний запах.

Природний газ складається з метану (77–98 %) і незначної кількості бутану, пропану тощо. Він не має запаху, для виявлення його витікання додають спеціальні різкопахучі речовини. Температура полум'я становить 2100–2200 °C. Використовують обмежено, в основному для різання. Для утворення газового полум'я використовують також інші гази: **водень, коксовий, нафтовий, сланцевий, піролізний.**

Горючі рідини менш дефіцитні, але потребують спеціальної тари. При зварюванні й різанні внаслідок нагрівання нахилених патника або різаків горюча рідина перетворюється в пару. Температура полум'я становить: газокисневого 2400–2450 °C, бензино-кисневого 2500–2600 °C. Використовуються в основному для різання і поверхневої обробки металів. У разі роботи на тракторному гасі температура збивається смаком.

 **Забороняється використовувати етилований бензин через його токсичність!**

Коефіцієнтом заміни ацетилену β називається відношення витрат газу-замінника V_2 до витрат ацетилену V_1 при однаковій ефективній тепловій потужності полум'я:

$$\beta = \frac{V_2}{V_1}$$

Ефективною потужністю полум'я називається кількість тепла, що вводить в метал за одиницю часу. Коефіцієнт заміни ацетилену використовують для розрахунків заміни ацетилену іншим газом-замінником.

Для газоплазменної обробки металів розроблено новий енергетичний продукт — **метилациленатенова фракція (МДФ).**

Температура згоряння МАФ у кисні (2927 °С) близька до температури горіння ацетилену. Газ МАФ можна закачувати в пропанові балони. У 50-літровий балон масою 22 кг закачується 20–22 кг газу. Тому при виконанні зварювальних робіт один балон з МАФ замінює три балони з ацетиленом. Газ МАФ мало схильний до зворотного удару, забезпечує більш м'яке подум'я порівняно з ацетиленом, що суттєво при зварюванні металу малої товщини та різанні заготовок по контуру.

Характеристики ацетилену та його замінників і їх застосування наведено в табл. 20, 21.

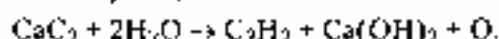
Карбід кальцію CaC_2 — тверда речовина темно-сірого або коричневого кольору, її питома густина становить 2,26–2,4 г/см³.

Одержують карбід кальцію в електричних печах сплавлянням вапняку коксу:



Технічний карбід містить майже 90 % чистого карбиду, решта — вапно. Після охолодження, дроблення і сортування його завантажують до 100–130 кг у герметичні барабани з покрівельної сталі або бідони місткістю 80 і 120 кг.

Одержання ацетилену з карбиду кальцію відбувається за реакцією



Теоретично для розкладання 1 кг CaC_2 витрачається 0,562 кг води, при цьому одержують 0,406 кг (372,5 л) ацетилену і 1,156 кг гашеного вапна Ca(OH)_2 . Під час реакції виділяється тепло, яке може призвести до вибуху. Практично

Табл. 20. Застосування ацетилену та його замінників при газовому зварюванні

Зварювальні матеріали	Ацетилен	Водяний	Природний газ	Пропан-бутан	Газ, бензин
Вуглецеві сталі	+	–	±	–	+
Леговані сталі	+	–	–	–	–
Чавун	+	±	+	+	+
Алюміній	+	±	±	+	–
Магнієві сплави	+	–	–	+	–
Мідь	–	–	–	–	–
Латуні	+	–	+	+	–
Бронзи	+	+	+	+	+
Нікель	+	–	–	–	–
Свинцеві	+	–	–	+	–
Цинк	+	+	–	+	–
Срібло	+	–	–	–	–

Примітка: + — доцільне використання; ± — обмеження використання; – — недоцільне використання.

Табл. 21. Характеристика горючих газів

Горючий газ	Температура полум'я при згорянні, °С		Маса 1 м ³ газу при температурі 20 °С і атмосферному тиску, кг	Коефіцієнт залучення ацетилену	Кількість кисню, що подається з пальника на 1 м ³ газу, м ³
	у повітрі	у кисні			
Ацетилен	2325	3050–3150	1,09	1	1,0–1,3
Водень	–	2400–2600	0,084	5,2	0,3–0,4
Ізопропановий	–	2300	0,65–0,85	1,6	1,2–1,5
Нафтовий	–	2300	0,65–1,45	1,2	1,5–1,6
Пропан	1925	2400–2500	1,9	0,6	3,4–3,8
Метан	1875	2100–2200	0,7–0,9	1,6–1,9	1,5–2,0
Бутан	–	2400–2500	1,9	0,45	3,5–4,0
Коксовий	–	2000	0,4–0,5	3,2–4,0	0,6–0,8
Сланцевий	–	2000	0,7–0,9	4,0	0,7
Парі газу	1930	2400–2450	800–840*	1,0–1,3	1,7–2,4 на 1 кг
Парі бензину	1970	2500–2600	700–760*	1,4	1,1–1,4 на 1 кг
МАФ	2165	2927	–	–	–

Примітка: * — маса 1 м³ рідини

витрата води становить 5–15 л залежно від конструкції ацетиленових генераторів.

Вихід ацетилену з карбіду кальцію становить 250–280 л на 1 кг CaC_2 (табл. 22).

Карбід кальцію випускають у шматках такої грануляції: 2×8; 8×15; 15×25; 25×80 мм. Чим більші за розміром шматки, тим більший вихід ацетилену. Інколи в карбідному барабані накопичується мідь, який можна використовувати тільки в генераторах особливої конструкції. Із іншого випадку може статися вибух.

 Щоб уникнути іскроутворення, карбідні барабани необхідно відкривати латунним зубилом і дерев'яною молотком або спеціальним ножем.

 **Флюс** — це порошок або паста, яку використовують для видалення з металу шва неметалевих включень, захисту від окиснення країв металу і присаджувального дроту. Флюс розчиняє оксиди й неметалеві включення, утворюючи легкоплавку суміш, яка легко піднімається в шлак.

Флюси не застосовують для зварювання низьковуглецевих сталей через утворення легкоплавких оксидів заліза, що вільно виходять на поверхню шва. З флюсами зварюють чавуни, кольорові метали, високолеговані сталі.

Зварювальний флюс має відповідати таким вимогам: бути більш легкоплавким, ніж основний і присаджувальний метал; мати достатню рідкотекучість; не спричиняти корозію швів; активно розкиснювати оксиди й переводити їх у більш легкоплавкі хімічні сполуки або видаляти їх із зварювальної ванни; утворений шлак має добре захищати метал від окиснення киснем і азотом повітря, добре відокремлюватися від шва після зварювання. Густина флюсу має бути меншою від густини основиного й присаджувального металу, щоб шлак добре спливав на поверхню зварювальної ванни і не залишався в металі шва.

 **Склад флюсу** вибирають залежно від властивостей зварюваного металу.

У зварювальній ванні утворюються основні й кислотні оксиди. Якщо утворюються основні оксиди, то застосовують кислотний флюс, а якщо кислотні, то основний. В обох випадках реакція відбувається за схемою



При зварюванні чавуну утворюється кислотний оксид SiO_2 , для розчинення якого вводять основні оксиди — K_2O , Na_2O . Як основні флюси застосовують вуглекислий натрій Na_2CO_3 , вуглекислий кальцій CaCO_3 і буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$.

При зварюванні міді, латуні утворюються кислотні оксиди Cu_2O , ZnO , FeO та ін., тому для їх розчинення вводять кислотні флюси (сполуки бору).

Табл. 22. Властивості карбіду кальцію

Позначки	Розмір шматків, мм				Змішан
	2×8	8×15	15×25	25×80	
Вихід ацетилену, л/кг, не менше:					
Сорт 1	255	265	275	285	275
Сорт 2	240	250	255	265	255
Час розкладання, хв	5,5	6,5	8	13	

2.9. АЦЕТИЛЕНОВИЙ ГЕНЕРАТОР АСП-10

 **Ацетиленовий генератор** — пристрій для одержання ацетилену шляхом взаємодії карбіду кальцію і води.

Ацетиленовий генератор АСП-10 використовують для живлення ацетиленом апаратури газополум'яної обробки металів при температурі навколишнього середовища від -30 до $+40$ °C. За способом взаємодії карбіду кальцію з водою генератор належить до типу К (контактний) у подвійній процесу витискання води.

Технічні характеристики генератора АСП-10 наведено в табл. 23.

Генератор забезпечує автоматичне регулювання кількості ацетилену та стійку роботу продуктивністю в межах 0,3–1,65 м³/год (залежно від споживання ацетилену). Запобіжний клапан КІА-1,25-77 відрегульований на відкривання при тиску $0,15 \pm 0,03$ МПа ($1,5 \pm 0,3$ кгс/см²).

У корпусі генератора АСП-10 (рис. 69) розташовані газоутворювач 1, витискач 2 і газозбірник 3. Газоутворювач 1 з'єднаний з витискачем 2

Табл. 23. Характеристики генератора АСП-10

Характеристики	Показники
Продуктивність, м ³ /год	(1,5±10) %
Робочий тиск, МПа (кгс/см ²)	0,01 0,15 (0,1 - 1,5)
Завантаження карбіду кальцію, кг, не більше ніж	3,2
Розмір шматків карбіду кальцію, мм	25-80
Опір захисного пристрою потоку газу, мм вод. ст., не більше	850
Габаритні розміри, мм	400×500×1000
Маса комплекту, кг, не більше	16,5

передливним патрубком 4, а з газозбірним трубкою 5. Корпус закривається кришкою 6 і герметизується прокладкою 7, яка вставляється в паз кришки. Траверса 8 уставляється у вушко гайки. Обертанням гайки 23 за допомогою рукоятки 22 створюється зусилля притискання кришки до горловини. У кришку вмонтований рухомий шток 9 з коромислом 20, на яке підв'язується завантажувальний кошик 10. Герметизацію штока 9 забезпечує гумове кільце 11, що вставляється в гніздо кришки. Зусилля герметичного ущільнення забезпечується різьбовою пробкою 12. Фіксатор 13 має різні за глибиною внутрішні пази з позначками О, М, С і Б, що відповідає малому, середньому і великому змочуванню кошика. Переміщення кошика в нижнє положення здійснюється введенням рукоятки-кнопки 21 у паз Б фіксатора, у верхнє — у паз О. Переставляючи рукоятку-кнопку в пази різної глибини фіксатора, регулюють глибину залушчування кошика, а значить, і карбіду кальцію у воду.

Пробка 14 і ущільнювальне кільце 25 призначені для герметизації штуцерів заливання ламулу

(води) з витискача і промивача, причому для промивача штуцер є контрольно-зливним. На корпус генератора встановлюється манометр 15, запобіжний клапан 16, захисний пристрій 17 з вентилем 18.

Вода в газотворювач заливається при знятій кришці до кінця трубки 5, а в промивач — до отвору контролю рівня. Кришка з кошиком, завантаженим карбідом кальцію, встановлюється на горловину генератора. Після герметизації кришки шток з кошиком опускається (з положення О рукоятка-кнопка переводиться в положення на фіксаторі С, М або Б) і кошик занурюється у воду.

Ацетилен, який утворюється в ході реакції карбіду кальцію з водою, по трубці 5 потрапляє в газозбірник, проходячи крізь шар води, охолоджується, промивається і через вентиль 18 і захисний пристрій 17 подається для споживання.

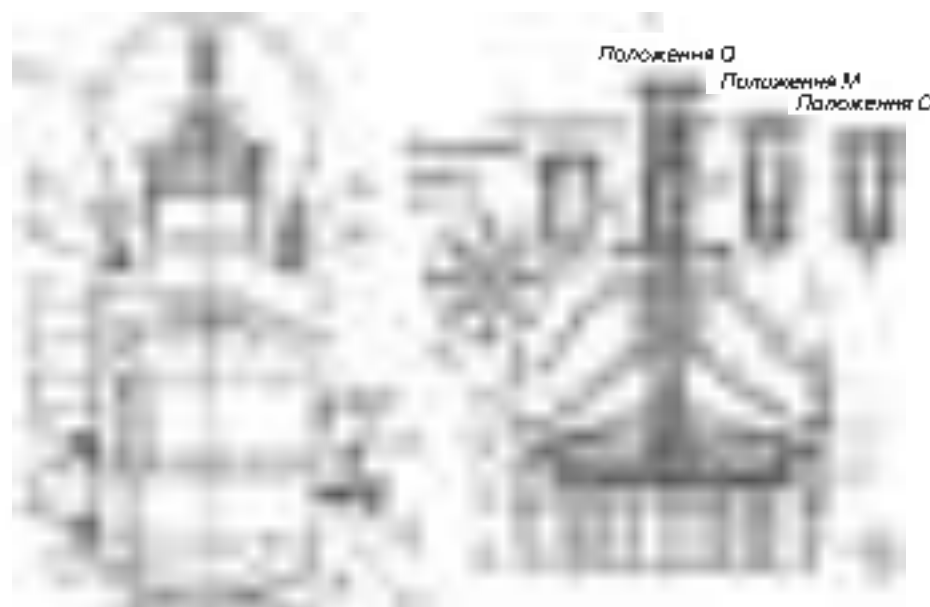
У разі зменшення відбору ацетилену і підвищення тиску в генераторі вода з газотворювача 1 перетискається у витискач 2, об'єм змоченого карбіду кальцію зменшується і тим самим зменшується газоутворення; у разі зниження тиску відбувається зворотний процес. Отже, газоутворення проходить в автоматичному режимі.

Застосування чотирьохпозиційного фіксатора дає змогу регулювати кількість змочуваного карбіду кальцію в процесі роботи генератора вручну фіксувати кошик над поверхнею води при встановленні кришки, ливодити кошик із зони реакції під час перерв у відборі ацетилену, що виключає непродуктивні втрати ацетилену і забруднення напильничного середовища.

Зі збільшенням тиску в генераторі вище допустимого (робочого) спрацьовує запобіжний клапан 16, випускаючи ацетилен в атмосферу. Для регулювання клапана 16 потрібно витягнути вісь важеля, зняти важіль і шайбу та, обертаючи регульовальну гайку, установити поча-

Рис. 50. Будова ацетиленового генератора АСП-10:

1 — газотворювач, 2 — витискач; 3 — газозбірник (промивач); 4 — патрубок переливний; 5 — трубка передливача; 6 — кришка, 7 — прокладка, 8 — траверса, 9 — шток, 10 — кошик, 11, 25 — кільця ущільнювальні; 12, 14 — пробки, 13 — фіксатор, 15 — манометр, 16 — запобіжний клапан, 17 — захисний пристрій, 18 — вентиль, 19 — опора, 20 — коромисло; 21 — рукоятка-кнопка, 22 — рукоятка, 23 — гайка, 26 — гайка, 27 — шайба



Положення О
Положення М
Положення С

ток випускання газу при тиску $0,15 \pm 0,03$ МПа ($1,5 \pm 0,3$ кгс/см²). Після цього треба надіти шайбу і важіль та встановити яскі важеля. Про проведення регулювання необхідно зробити запис в таблиці паспорта генератора.

На генераторі АС11-10 замість манометра може встановлюватися індикатор середнього тиску ИД-1,5. Відбір ацетилену потрібно проводити з генератора при повній напідкачці зеленого кольору, який свідчить про наявність у генераторі робочого тиску. Червоний колір означає наявність у генераторі тиску $0,15 \pm 0,02$ МПа ($1,5 \pm 0,2$ кгс/см²).

Захисний пристрій 17 призначений для запобігання проникненню в генератор кисню або повітря під час відбору ацетилену і затримання детонаційного горіння ацетиленокисневої суміші.

Щоб уникнути замерзання конденсату в запобіжному пристрої і вентилі при експлуатації генератора в умовах мінусових температур навколишнього середовища, їх необхідно утеплити будь-якими підручними засобами.

ПІДГОТОВКА ГЕНЕРАТОРА ДО РОБОТИ

Після розконсервування генератора необхідно:

- встановити на генератор вентиль, захисний пристрій, запобіжний клапан, манометр або індикатор;

- перевірити надійність кріплення коромисла до рухомого штока кришки;

- підтягнути пробку 12 (див. рис. 60) так, щоб шток переміщався відносно кришки з невеликим зусиллям;

- змастити шток і всі різьбові з'єднання масилом ЦИАТИМ-221 або ВНИИ НП-242.

Заливати воду в генератор необхідно в такій послідовності: зняти пробку 14 промивача; залити воду в горловину до рівня контрольно-зливного штуцера в промивачі; ушліхити за допомогою пробки 14 і кільця 25 штуцер промивача.

У разі порушення послідовності заповнення генератора водою нормальна робота генератора не гарантується.

Під час заповнення водою забороняється струшувати і гойдати генератор.

Навантажувати карбід кальцію в сухий кошик необхідно однаковими шарами без утрамбовування і струшування. Кількість карбіду кальцію має відповідати витратам ацетилену й запланованій тривалості роботи генератора (табл. 24).

Для запобігання замулюванню та місцевому перегріванню карбіду кальцію приваєсть роботи генератора при мінімально допустимому відборі газу ($0,3$ м³/год) не повинна перевищувати 60 хв.

Табл. 24. Кількість карбіду кальцію, кг, потрібного для завантаження

Відбір газу м ³ /год	Тривалість роботи генератора, хв					
	10	20	30	40	50	60
0,3–0,35	0,3	0,45	0,65	0,85	1,0	1,2
0,4–0,6	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	–
0,7–1,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	–
1,1–1,5	1,0	2,0	3,0	3,2	–	–

Для забезпечення надійного запускання генератора при відборі ацетилену в межах $1,1$ – $1,5$ м³/год необхідно, щоб перший шар завантаженого я кошик карбіду кальцію складався зі шматків розміром не більше ніж 50 мм.

При відборі ацетилену в межах $0,3$ – $1,0$ м³/год рекомендується фіксувати рукоятку-кошик в лазах M і C , а при відборі в межах $1,1$ – $1,5$ м³/год фіксацію потрібно виконати в лазах C і B .

ПОРЯДОК РОБОТИ

- Підвісити завантажений кошик на коромисло, при цьому шток має перебувати в крайньому нижньому положенні (позиція фіксатора B).

- Перевести шток у крайнє верхнє положення (позиція фіксатора D).

- Опустити кошик у горловину і, обертаючи рукоятку 22, уцілювати кришку B (див. рис. 60).

- Відтягнути важіль клапана для попередження прилипання мембрани і злітати відпустити його.

- Відпустити шток. Позицію фіксатора вибрати відповідно до відбору ацетилену.

- Після стабілізації тиску відкрити вентиль 18.

- Продути ацетиленом шланг і зварювальний інструмент уздовж $0,5$ – 1 хв.

- Запалити пальник (різак).

- Під час перерви у відборі ацетилену встановити шток у крайнє верхнє положення (позиція фіксатора D) і через 15 – 30 с закрити вентиль 18.

- Після перерви відкрити вентиль 18, запалити пальник і опустити кошик.

- Після повного розкладання карбіду кальцію (визначається за тиском) виконати перерядку генератора. Для цього необхідно встановити шток у крайнє верхнє положення (позиція фіксатора D), закрити вентиль 18, скинути запалювач ацетилену через запобіжний клапан в атмосферу. Потім зняти кришку, від'єднати кошик, промити й просушити кришку без застосування вогню. Злити намул і воду з генератора, промити його і підготувати до нового запуску.

- У зимових умовах необхідно попередньо відігріти до плюсових температур вентиль захисний пристрій, запобіжний клапан і манометр. Потім відігріти шланг і продути його від конденсату. Не можна допускати перерви у відборі

ацетилену. Перед кожною перезарядкою і після закінчення роботи зняти вентиль і захисний пристрій і продукти їх через вхідні штуцери для видалення конденсату.

- Після закінчення роботи промити конік, газоутворювач, витискач і промивач від камулу, злити конденсат із шланга

- Зберігати генератор потрібно з розгерметизованими горловиною і контрольно-зливними отворами

- Захисний пристрій (без вентиля) після п'яти спрацювань (затримання детонаційного горіння ацетиленокисневої суміші) замінюють на новий.

- Після кожного спрацювання захисного пристрою необхідно від'єднати його від вентиля і через конік витиснути заклинений клапан за допомогою іскроутворювального (наприклад, латунного) прутка діаметром 5 мм.

Найпоширеніші несправності генератора та способи їх усунення наведені в табл. 25

Табл. 25. Несправності генератора та способи їх усунення

Несправність	Причина	Способи усунення
Вода не надходить у промивач з газоутворювача	Забруднилася трубка 5 (див. рис. 60)	Прочистити трубку іскроутворювальним прутком
Тиск у генераторі вищий від допустимого. Відбувається скидання ацетилену через запобіжний клапан	Витискач заповнений водою вище від устаткованого рівня	Підняти конік у крайнє верхнє положення. Скинути ацетилен через запілок в атмосферу. Охолодити генератор і виконати перезарядку
Генератор не забезпечує паливну продуктивність	У конік знизу покладені великі шматки карбіду	Викласти перезарядку генератора
Не відбувається скидання ацетилену через запобіжний клапан при тиску вище за 0,15-0,04 МПа (1,5-0,3 кгс/см ²)	Мембрана прилипла до сидла клапана	Підняти конік у крайнє верхнє положення, скинути ацетилен через запілок
	Замушкнення клапана	Охолодити й розв'язати генератор
	Неправильно підрегульований клапан	Розібрати, оглянути, почистити й відрегулювати клапан
Тиск ацетилену збільшився, а подача його з захисного пристрою недостатня або припинилася	Забруднився вихідний ніпель на захисному пристрої	Закрити вентиль, зняти шланг із вихідного ніпеля і почистити ніпель іскроутворювальним прутком
	Клапан у захисному пристрої прилип до сидла або детонацією його заклинило в сидлі	Від'єднати від вентиля, зняти захисний пристрій і висипати клапан із сидла латунним прутком
	Кондекат замерз у захисному пристрої, вентилі або шланзі	Зняти захисний пристрій, відігріти й просушити його. Відігріти вентиль. Усушити захисний пристрій і вентиль будь-якими поручними засобами. Продукти шланг
Нерівномірне палювання газача ацетилену в пальник	Накочинення конденсату в захисному пристрої або шланзі	Зняти захисний пристрій і продукти його через запілок. Продукти шланг

30. ЗАПОБІЖНІ ЗАТВОРИ

Запобіжний затвор — пристрій, призначений для запобігання проникненню в генератор кисню або повітря з боку відбору ацетилену і затримання детонаційного горіння ацетиленокисневої суміші.

Запобіжні затвори бувають двох видів: рідинні й сухі (рис. 61).

Принцип дії **рідинних запобіжних затворів** такий. Ацетилен від генератора, надходячи знизу (рис. 61, а), піднімає кульку клапана 4, проходить крізь шар води і надходить до споживача, обминаючи розсікач 9.

При зворотному ударі під дією тиску на воду кулька клапана 4 закриває вхідний отвір, перешкоджаючи проникненню полум'я з ацетиленовий генератор

При використанні **сухих запобіжних затворів** (рис. 61, б) ацетилен від генератора надходить у затвор через штуцер 1 і пройшовши через мембрану 5 і пори полум'ягасного елемента 4, надходить до споживача.

При зворотному ударі ударна хвиля руйнується полум'язвідбивником 9, а полум'я гаситься в порах полум'ягасного елемента 4. Під дією тиску сидло 10 і шток 15 змішуються вниз, відкриваючи клапан 14 закривається, перекриваючи доступ ацетилену

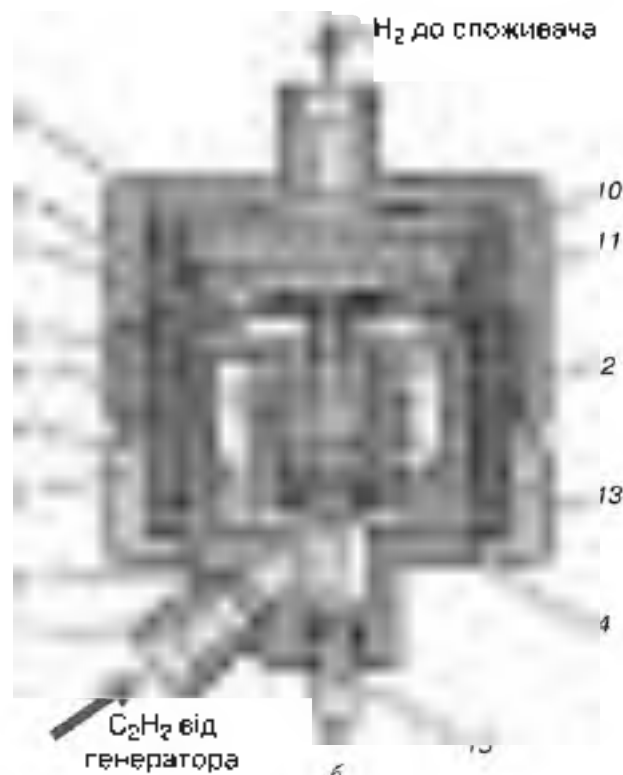


Рис. 61. Запобіжні затвори:

- а — рідинний, 1 — трійник, 2, 6 — пробки, 3 — штуцер, 4 — кульковий клапан, 5 — ковпачок, 7 — корпус, 8 — контрольний кран, 9 — розскач, 10 — видимий штифт, 11 — вентиль, 12 — газопідвідна трубка
- б — сухий: 1 — штуцер, 2 — внутрішній корпус, 3, 5 — гайки нижня і верхня відповідно зовнішнього корпусу, 4 — порум'янений елемент, 6 — фіксуючі кульки, 7 — втулка, 8 — мембрана, 9 — порум'янений відбілювач, 10 — одло, 11 — рухомий шток, 12, 13 — пружини, 14 — відсичний клапан, 15 — шток

31. ГАЗОВІ БАЛОНИ, ВЕНТИЛІ, РУКАВИ

Балон — сталева ємкість, призначена для зберігання і транспортування стиснутих, зріджених і розчинених газів.

Балони виготовляють із безшовних труб вуглецевої і легированої сталі. У верхній частині балона вибивають їх паспортні дані. Через кожні п'ять років балони оглядають і випробовують.

Кисневі балони (рис. 62, а) наповнюють до тиску 150 атм. Кількість кисню в балоні визначають так: балон місткістю 40 дм³ при тиску 150 атм. містить кисню 40 · 150 = 6000 дм³, або 6 м³. Випускати повністю кисень не можна, тому що на заводі, де заповнюють балон, перевіряють склад газу, що був у ньому.

Ацетиленові балони (рис. 62, б) заповнені пористою масою (деревне вугілля, шемза, інфузорна земля та ін.), яка необхідна для безпечного зберігання ацетилену під тиском. Цю масу заповнюють ацетоном (225–300 г на 1 дм³ місткості балона), який розчиняє ацетилен. Один об'єм ацетону розчиняє 23 об'єми ацетилену. Тиск розчиненого ацетилену в наповненому балоні не



Рис. 62. Види балонів:

а — кисневі; б — ацетиленові, в — для зріджених газів

повинен перевищувати 1,9 МПа при температурі 20 °С (табл. 26).

При надборі ацетилену з балона частково виходить ацетон (30–40 г на 1 дм³ ацетилену). Для зменшення його втраг не можна відбирати ацетилен зі швидкістю понад 1700 дм³/год. Залишковий тиск має становити 0,05–0,1 МПа. Під час роботи ацетиленові балони мають перебувати у вертикальному положенні.

Випускають балони різного об'єму: малого (до 12 л), середнього (від 20 до 50 л) з робочим тиском до 20 МПа (200 кгс/см²), великого (40 л). Серійно також випускають ацетиленові малолітражні балони місткістю 5 л і 10 л, з вмістом ацетилену відповідно 0,8 кг і 1,8 кг.

Нині для ацетиленових балонів застосовують два пористих наповнювачі: березове активоване вугілля (БАН-Ал) з липу пористої маси (ЛПМ). Балони місткістю 40 л з наповнювачем БАН-Ал містять 5 кг ацетилену, а балони з наповнювачем ЛПМ – 7,4 кг. ЛПМ – це монодіт з гідросилкатів кальцію, який утворюється внаслідок гідротермальної обробки безпосередньо в балоні з пористістю (91–1) %.

Балони для зріджених газів, зокрема пропану (рис. 62, в), виготовляють зварними зі сталі Ст3, місткістю 27, 50 і 80 дм³ з товщиною стінки 3 мм. Робочий тиск не повинен перевищувати 1,6 МПа. Наповнюють балони так, щоб зверху була парова подушка (при підвищенні температури) тобто на 85–90 % від загального об'єму. Норми наповнення пропанового балона складає 0,452 кг/дм³. У балоні місткістю 50 дм³ заповнюється 24 кг рідкого пропану. Максимальний відбір газу не повинен перевищувати 1,25 м³/год.

Колір балонів для аргону – срібний (колір напису – зелений); для вуглекислого газу, азоту і повітря – чорний (колір напису – жовтий), для водню – темно-зелений (колір напису – червоний); для пропан-бутану, МЛФ – червоний (колір напису – білий); для газу – коричневий (колір напису – білий).

Залишковий тиск у балоні має бути від 0,1 до 0,05 МПа.

Загальну характеристику балонів наведено в табл. 27. Маркування балонів показано на рис. 63.

Табл. 26. Залежність тиску в ацетиленовому балоні від температури

Температура, °С	5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Тиск, МПа	1,34	1,4	1,5	1,65	1,8	1,9	2,15	2,35	2,6	3,0

Табл. 27. Характеристика балонів

Параметр	Газ у середині балона		
	пропан	ацетилен	пропан
Розміри, мм висота × діаметр × товщина стінки балона	1370 × 219 × 8	1370 × 219 × 7	950 × 309 × 3
Маса без газу, кг	67	83	35
Тиск тиску, МПа	15	2	1,6
Стат газу	Стиснутий	Розчинений	Зріджений
Місткість, дм ³	40	40	55
Кількість газу	6 кг	5,32 м ³	24 кг



Рис. 63. Маркування балонів

● **Вентиль — це запірний пристрій для зберігання в балоні газу.**



Рис. 64. Спеціальний ключ для кріплення редуктора і відкриття вентилів ацетиленового балона

Ацетиленовий вентиль виготовляють із сталі, тому цю міцнішу сплав з вмістом міді понад 70 % при тривалому стиканні з ацетиленом утворюють вибухонебезпечну ацетиленову мідь. Ацетиленовий редуктор під'єднують комутком, а відкривають і закривають вентиль спеціальним торцевим ключем (рис. 64).

Вентиль кисневого балона виготовляють із лагуні (висока корозійна стійкість у середовищі кисню). Редуктор під'єднують нахидним гайкою з правою різьбою. Кисневий вентиль не повинен бути забруднений маслами і жирами.

Кисневі вентилі придатні для балонів з азотом, аргеном, стиснутим повітрям і вуглекислотою.

Вентиль для пропанового балона за конструкцією подібний до кисневого, але приспосовується з лівою різьбою.

Технічні характеристики вентилів наведені в табл. 28.

● **Рукав — спеціальний шланг для підведення газу до пальника або різак, виготовлений з вулканізованої гуми з однією або двома тканинними прокладками (рис. 65).**

Рукави виготовляють з внутрішнім діаметром 6, 8, 9, 10, 12 і 16 мм. Довжина рукавів має бути не більше 20 м і не менше 3,5–4 м. Типи рукавів наведені в табл. 29.

ЗБЕРІГАННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ БАЛОНІВ

Розташування газового обладнання на робочому місці зварника зображено на рис. 66.

На всіх балонах мають бути запобіжні клапани. Кисневі балони потрібно класти в дерев'яні

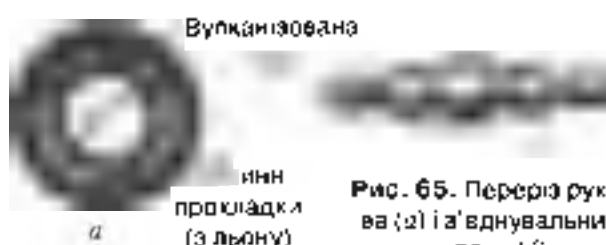


Рис. 65. Переріз рукава (а) і віднімального рукава (б)

Табл. 28. Технічні характеристики вентилів

Газ	Тип	Тиск на вход, МПа	Конструктивні особливості
Кисень	ВК-74	20,0	Ущільнювач кістатана і силіка з фторопласту
Водень	ВВ-73		
Ацетилен	ВА-1	2,5	Ущільнювач ебонітовий
Ацетилен	ВАБ		Ущільнювач мідний
Ацетилен	ВБА-1		Ущільнювач мідний
Пропан-бутан	РДГ-6 М	1,6	З серметилуючим випуском

Табл. 29. Рукави для газового зварювання і різання

Показник	Тип рукава		
	I	II	III
Речовина	Ацетилен, пропан, бутан, міський газ	Рідке паливо	Кисень
Робочий тиск, МПа	0,63	0,63	2,0
Колір зовнішнього шару	Червоний	Жовтий	Синій

Примітка. Рукави типу II не повинні мати стічних зливків.



Рис. 66. Розташування газового обладнання

гнізда або металеві з гумовими підкладками, гільки впоперек кузова і в межах його висоти. Перевезення у вертикальному положенні допускається тільки в спеціальних контейнерах. Завантажування-вивантажування мають виконувати робітники, які пройшли спеціальний інструктаж.

Спільне транспортування кисневих і ацетиленових балонів забороняється (за винятком двох балонів до робочого місця).

Переміщення балонів у межах робочого місця дозволяється кантуванням у позитивному положенні. У злитий час балони мають бути захищені від сонячних променів брезентом або ін.



Не допускайте повного спрацювання балонів!

Мінімальний залишковий тиск в ацетиленових балонах має бути не нижче

Температура, °С	0	0-15	16-25	26-35
Мінімальний залишковий тиск за манометром, МПа (кгс/см²)	0,040 (0,5)	0,093 (1,0)	0,196 (2,0)	0,294 (3,0)

Мінімальний залишковий тиск у балонах для кисню та інших горючих газів не повинен бути нижче за 0,049 МПа (0,5 кгс/см²).

3.2. РЕДУКТОРИ, ЇХ БУДОВА ТА ПРИНЦИП ДІЇ

● **Редуктор — пристрій для зниження тиску газу до робочого та автоматичного підтримування заданого робочого тиску постійним.**

Газ надходить у редуктор з балона або розподільного трубопроводу. Корпуси редукторів фарбують у такий самий колір, що й балони. Ацетиленовий редуктор за принципом дії подібний до кисневого, але відрізняється способом під'єднання до вентилі балона (табл. 30).

Одноступінчастий кисневий редуктор (рис. 67) під'єднується до балона накидною гайкою 15. Газ, проходячи через фільтр 14, потрапляє в камеру високого тиску А. При обертанні регулювального гвинта 4 за годинниковою стрілкою лусиддя натискної пружини 5 передається через натискний диск 2, мембрану 6 і штовхач 3 на редукційний клапан 12, який, переміщуючись, відкриває прохід газу через утворений зазор між клапаном 12 і сіткою 10 у робочу камеру Б. Редукційний вузол (сітка 10, клапан 12, пружина 13 і фільтр 11) виконаний у вигляді самостійного вузла.

Тиск контролюється манометрами 1 і 7. На корпусі редуктора встановлений запобіжний клапан 9. Відбір газу здійснюється через ніпель 8.

У **двоступінчастих кисневих редукторах** зниження тиску газу проходить при двоступінчастому розширенні газу.

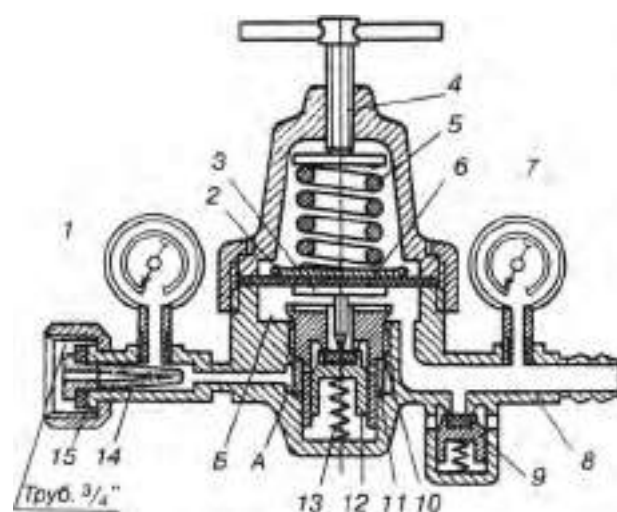


Рис. 67. Одноступінчастий кисневий редуктор

1, 7 — манометри, 2 — натискний диск, 3 — штовхач, 4 — регулювальний гвинт, 5 — натискна пружина, 6 — мембрана, 8 — ніпель, 9 — запобіжний клапан, 10 — сітка, 11, 14 — фільтри, 12 — редукційний клапан, 13 — пружина, 15 — накидна гайка, А — камера високого тиску, Б — робоча камера.

Табл. 30. Типи редукторів

Тип редуктора	Під'єднання до вентилі	Тиск на вход/виході, МПа
Кисневий	Накидною гайкою	20/3
Ацетиленовий	Спеціальним комутин	3/0,12
Пропаневий	Накидною гайкою з лопом різьбою	2,5/0,3

Редуктор під'єднується до балона накидною гайкою 2 (рис. 68). Газ, пройшовши фільтр 3, потрапляє в камеру А першого ступеня редуктування. Тиск у камері А контролюється манометром 4. Натискна пружина 19 робочої камери першого ступеня редуктування під впливом регульованого ковпака 20 перебуває в стиснутому стані й через диск 21, мембрану 22 і штопхач 18 відтискає клапан від сідла 16. Газ, проходячи через зазор між клапаном 17 і сідлом, знижує тиск і переходить у другий ступінь редуктування. Тиск у камері другого ступеня редуктування Б встановлюється регульовальним гвинтом 8 і контролюється манометром 11. При обертанні гвинта 8 за годинниковою стрілкою натискна пружина 7 через диск 6, мембрану 5, штопхач 9 відтискає клапан 14 від сідла 10 і газ через утворений зазор надходить у роботу камеру Б, де розширюється до необхідного тиску, і потім надходить у пальник. У разі припинення відбору газу тиск у камері Б через мембрану 5 відтисне пружину 7, а запірна пружина 15 притисне клапан до сідла і припинить подачу газу. При цьому тиск у камері А також збільшиться і натисне пружину 19, а запірна пружина 23 притисне клапан до сідла 13. На корпусі редуктора встановлений запобіжний клапан 12, з'єднаний з робочою камерою А. Відбір газу здійснюється через ніпель 12.

Ацетиленовий редуктор (рис. 69) призначений для зниження тиску ацетилену, який подається з балона.

Редуктор під'єднується до вентиля балона хомутом 1. Газ через фільтр 2 надходить у камеру високого тиску А. При обертанні регульовального гвинта 7 за годинниковою стрілкою зусилля натискної пружини 6 передається через мембрану 4, натискний диск 8 і штопхач 5 на редукуючий клапан 14. Газ проходить через утворений зазор між клапаном і сідлом 12. На корпусі редуктора в робочій камері встановлюється запобіжний клапан 11. Тиск у балоні контролюється манометром 3, у робочій камері — манометром 9. Відбір газу здійснюється через ніпель 10.

Ацетиленовий двокамерний редуктор за будовою і принципом дії аналогічний до кисневого редуктора і відрізняється тим, що під'єднується до балона хомутом.

Одноступінчастий редуктор (рис. 70) призначений для зниження тиску, що подається з балона пропан-бутану.

Редуктор під'єднується до вентиля балона накидною гайкою 1. Газ через фільтр 2 надходить у камеру високого тиску А. При обертанні регульовального гвинта 6 за годинниковою стрілкою зусилля натискної пружини 5 передається через натискний диск 4, мембрану 3 і штопхач 7 на ре-

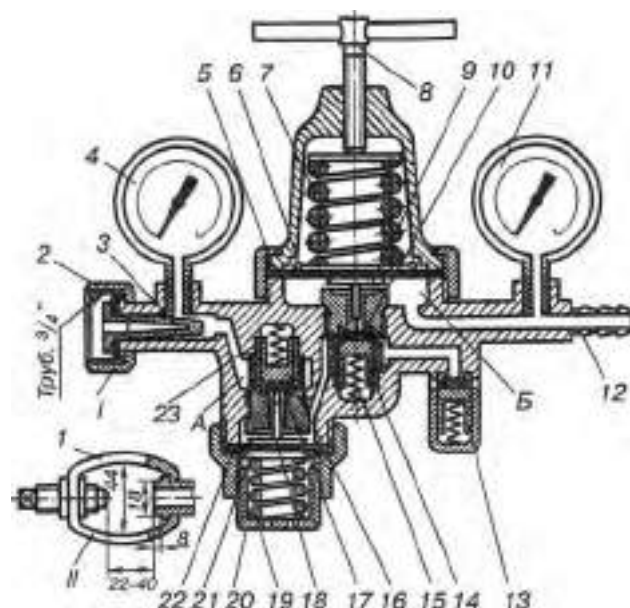


Рис. 68. Двоступінчастий кисневий редуктор:

1 — хомут, 2 — накидна гайка, 3 — фільтр, 4, 11 — манометри, 5, 22 — мембрани, 6, 21 — диски, 7, 19 — натискні пружини, 8 — гвинт, 9, 18 — штопхачі, 10, 16 — сідла, 12 — ніпель, 13 — запобіжний клапан, 14, 17 — клапани, 15, 23 — запірні пружини, 20 — регульований ковпак, 1 — г'єднання нахальною гайкою, 11 — г'єднання хомутом, А — камера першого ступеня редуктування, Б — камера другого ступеня редуктування.

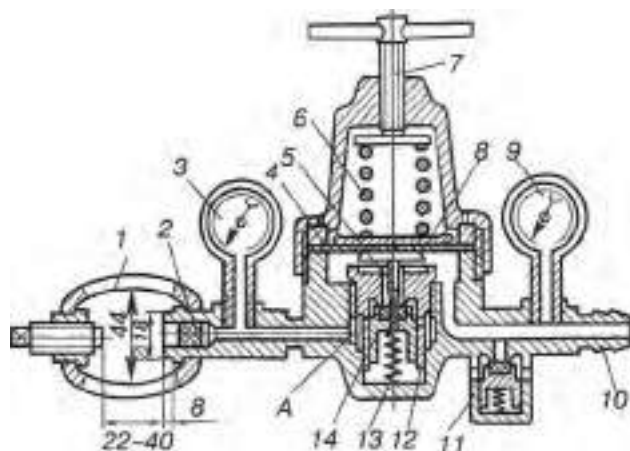


Рис. 69. Ацетиленовий редуктор:

1 — хомут, 2 — фільтр, 3, 9 — манометри, 4 — мембрана, 5 — штопхач, 6 — натискна пружина, 7 — регульований гвинт, 8 — натискний диск, 10 — ніпель, 11 — запобіжний клапан, 12 — сідло, 13 — пружина, 14 — редукуючий клапан, А — камера високого тиску.

дукуючий клапан 12. Газ через утворений зазор між клапаном і сідлом клапана 14 подається в камеру робочого тиску Б. Редукуючий вузол 13 редуктора і другого фільтра 11 виконаний як самостійний вузол. На корпусі робочої камери встановлений запобіжний клапан 10. Тиск у робочій камері контролюється манометром 8. Відбір газу здійснюється через ніпель 9.

КОРИСТУВАННЯ РЕДУКТОРАМИ

Перед під'єднанням редуктора необхідно про-
дуть отвір вентиля балона, відкривши його на
1–2 с. При цьому зварник повинен перебувати
подалі від струменя газу. На штуцери, прикладші
та різьби не повинні бути масла й забруднень.

Під'єднувати редуктор потрібно при викруче-
ному регульовальному гвинті. Накридну гайку на-
кручують на жопель від руки, а потім затягують без
великого зусилля гайковим ключем. Відкриваючи
вентиль балона, стежать за показами манометра
високого тиску. Відрегулюють гвинтом робо-
чий тиск газу, після цього пускають газ у лальник.

Під час перерви в роботі потрібно закривати
вентиль балона, послаблювати регульований
гвинт редуктора й випускати з камери низького
тиску газ.

Під час експлуатації необхідно:

- працювати тільки із справними манометрами;
- плавно обертати регульований гвинт при
встановленні робочого тиску;
- стежити за справністю запобіжного клапана;
- при замерзанні редуктора відігрівати його
гарячою водою без слідів масла;
- ремонтувати тільки в спеціальних май-
стернях.

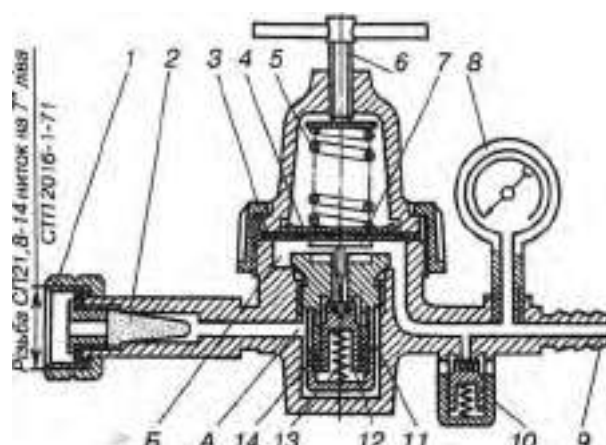


Рис. 70. Одноступінчастий редуктор:

- 1 — накидна гайка; 2, 11 — фільтри; 3 — мембрана;
4 — натискний диск; 5 — натискна пружина; 6 — ре-
гульований гвинт; 7 — штовхач; 8 — манометр;
9 — ніпель; 10 — запобіжний клапан; 12 — редукційний
клапан; 13 — редукційний вузол; 14 — сидло клапана;
А — камера високого тиску; Б — камера робочого тиску

**Замерзання редуктора відбувається в ра-
зі різкого зниження тиску газу. Якщо газ
містить пару води, то вона може утворю-
вати кристали льоду, які забивають кана-
ли редуктора й порушують його роботу.**

3.3. МАНОМЕТРИ, ПОЛУМ'ЯГАСНИКИ, ХІМІЧНІ ОЧИСНИКИ

**Манометр — пристрій для вимірю-
вання тиску газу.**

Манометр складається з трубчасті пружини,
зігнутої дугкою. Внутрішня порожнина трубки
з'єднана з ніпцем, що вкручений у корпус ре-
дуктора, і камерою, у якій міститься газ. Дру-
гий кінець пружини має наконечник, механічно
з'єднаний із стрілкою. Зі зміною тиску змінюєть-
ся розмір деформації пружини, а разом з нею —
і відхилення стрілки.

Покази манометрів мають точно відповідати
тиску газу. Несправний манометр треба замінити.
Редуктор з несправним манометром до експлуа-
тації не допускається.

Не дозволяється користуватися манометром,
коли: відсутня пломба і клеймо; стрілка не повер-
тається в нульову позначку, розбите скло або є
інші явища пошкодження; минув час чергової перевірки.

Перевіряють манометри не рідше одного разу
на рік. До камер високого і робочого тиску манометри
під'єднують гайковим ключем. Для ущільне-
ння застосовують прокладки із свинцю, фібри,
шкіри.

**Полум'ягасник — пристрій для по-
передження проникнення зворот-
ного удару полум'я в рукав, що
з'єднує пальник (різак) із запобіж-
ним пристроєм (затвором).**

Полум'ягасники встановлюють на входних
штуцерах пальників і різаків. Допускається ви-
користання на ручній апаратурі, якщо тиск газу
не менше ніж 0,03 МПа (0,3 кгс/см²). Випуска-
ють полум'ягасники двох типів (з 1990 р.) аце-
тиленові та хлорені (табл. 34).

**Хімічний очисник — пристрій для
очищення ацетилену від сірководню
і фосфористого водню.**

Як відомо, ацетилен, одержаний в ацетиленових
генераторах, містить тверді частинки вугля, пару
води та різні хімічні з'єднання аміаку й сірководню,
фосфористого та кремнієвого водню. Тверді час-
тинки видаляють промиванням ацетилену водою.

Для очищення від вологи застосовують осуш-
ники й вологовідкремлювачі.

Табл. 33. Технічна характеристика безінжекторних пальників типу Г1

Номер наконечника		003	00	0
Товщина сталі, мм		До 0,1	0,1–0,2	0,2–0,6
Витрати, л/год	ацетилену	5–10	10–25	25–60
	кисню	6–11	11–28	28–65
Тиск на вході в пальник, МПа	ацетилену	0,01–0,1	0,01–0,1	0,01–0,1
	кисню	0,01–0,1	0,01–0,1	0,01–0,1

Табл. 34. Універсальні ацетилено-кисневі пальники

Тип	Модель	Номери наконечників	Маса, кг	Внутрішній діаметр рукава, мм
Г1 (мікропотужності)	ГС-1	000; 00; 0	0,4	4
Г2 (малої потужності)	Г2-04	0; 1; 2; 3; 4	0,7	6
Г3 (середньої потужності)	Г3-03	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7	1,2	9
Г4 (великої потужності)	ГС-4	8; 9	2,5	9

Примітки. Г1 – безінжекторні, решта – інжекторні; ГС-4 – призначений для підтримки; Г2-04 – за конструкцією подібний до старого Г2-02, «Зірочка», «Малютка»; Г3-03 – замінник «Зірку», «Москву», ГС-3, ГС-3А.

Табл. 35. Зварювальні пальники на газах-замінниках ацетилену

Марка	Номер наконечника	Витрати, дм³/год			Тиск, МПа		Товщина металу, мм
		пропан-бутану	природного газу	кисню	горючого газу	кисню	
ГЗУ-3	1	25–60	70–170	105–260	0,003	0,1–0,4	0,5–1,5
	2	60–125	170–360	260–540	0,013	0,15–0,4	1,5–2,5
	3	125–200	360–560	540–840	0,003	0,2–0,4	2,5–4
	4	200–335	560–940	840–1400	0,003	0,2–0,4	4–7
ГЗУ-4	5	400–650	1020–1650	1350–2200	0,02	0,2–0,4	–
	6	650–1050	1650–2700	2200–3600	0,02	0,2–0,4	–
	7	1050–1700	2700–4500	3600–5800	0,02	0,2–0,4	–

Примітки. ГЗУ-3 – універсальний, ГЗУ-4 – для зварювання чавуну й кольорових металів (крім міді), а також плавлення, наплавлення і нагрівання.

БУДОВА ПАЛЬНИКІВ

Використовують газові пальники двох видів: інжекторні й безінжекторні. В **інжекторних пальниках** (рис. 71, а) горючий газ подається в змішувальну камеру внаслідок підсмоктування його струменем кисню, що витікає з великою швидкістю з отвору сопла (рис. 72). У **безінжекторних пальниках** (рис. 71, б) горючий газ і кисень подаються в змішувальну камеру подієвим тиском (рис. 73). Утворена горюча суміш надходить у мундштук пальника.

ПЕРЕВІРКА ПАЛЬНИКА ПЕРЕД РОБОТОЮ

Перед приєднанням до пальника шланги необхідно продуту.

Приєднання шлангів (рис. 74) здійснюється в такій послідовності:

- приєднати до штуцера пальника шланг для подачі кисню;

- перевірити пальник на розрідження в ацетиленовому каналі;

- приєднати шланг для подачі ацетилену;
- перевірити точність і надійність кріплення шлангів хомутами.

Дopusкається замість хомутів закріплювати шланги не менше ніж у двох місцях по довжині ніпеля м'яким відпаленим дротом.

Перевірку на розрідження (підсос) потрібно виконувати так:

- закріпити наконечник за допомогою нахилної гайки;
- приєднати кисневий шланг до ніпеля;
- установити тиск кисню за манометром редуктора (наприклад, для наконечника № 4 тиск має дорівнювати 0,2–0,4 МПа);
- повністю відкрити вентиль ацетилену, а потім кисню;

- переконатися в наявності розрідження, піднісши великий палець до ацетиленового ніпеля (палець повинен присмоктуватися).

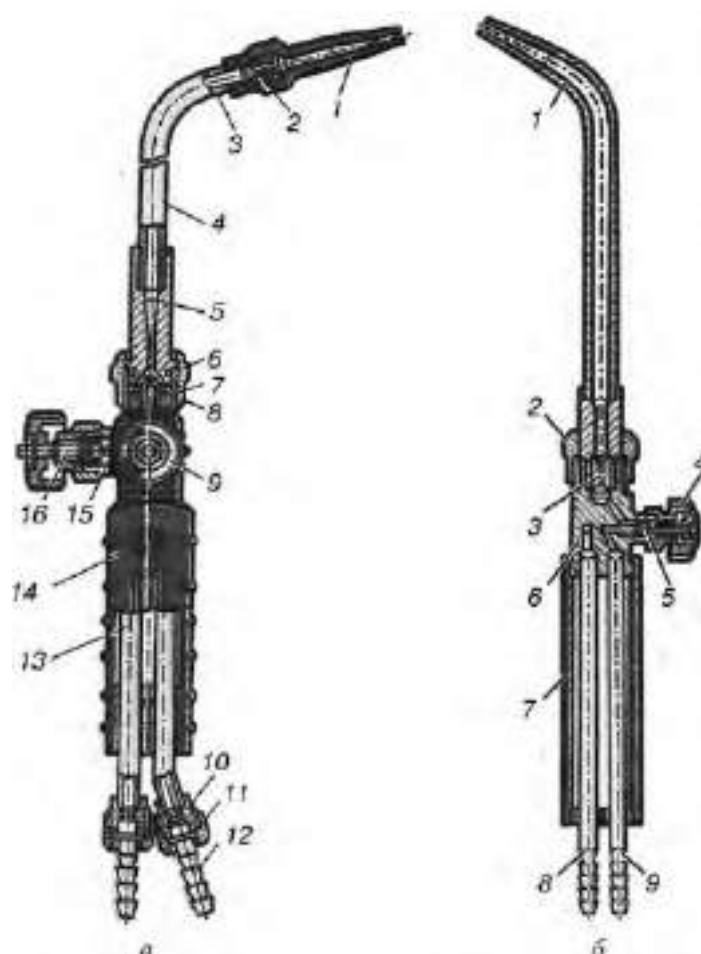


Рис. 71. Газові пальники

а — інжекторний: 1 — мундштук, 2 — напильник мундштука, 3 — наконечник, 4 — трубчастий мундштук, 5 — змішувальна камера, 6 — гумове кільце, 7 — інжектор, 8, 11 — накидні гайки, 9 — ацетиленовий вентиль, 10 — містечко, 12 — шланговий піпль, 13 — трубка, 14 — рукоятка, 15 — сальникова набійка, 16 — кисневий вентиль.

б — безінжекторний: 1 — наконечник, 2 — накидна гайка, 3 — дозувальні канали, 4 — вентиль, 5 — голчастий шпигуль, 6 — корпус, 7 — рукоятка, 8, 9 — кисневий і ацетиленовий піпль.

За відсутності розрідження необхідно:

- закрити вентиль кисню і від'єднати накопичник;
- викрутити інжектор із змішувальної камери на півоберту;
- зібрати пальник і випробувати його повторно;
- за відсутності розрідження зняти наконечник, викрутити з нього інжектор і мундштук, перевірити, чи не засмічено отвори; у разі потреби прочистити м'яким дротом і продути повітрям;
- перевірити, чи щільно притиснутий інжектор до сидла корпусу пальника, ущільнити.

Для перевірки на газонепроникність (рис. 75) необхідно:

- приєднати кисневий шланг поздовжню до кисневого та ацетиленового ністців;
- подаги кисень під тиском 0,2–0,4 МПа;
- мундштук опустити у воду на 1,5–20 с.

На поверхні води не повинно бути бульбашок.



КИСЕНЬ АЦЕТИЛЕН

Рис. 72. Інжекторний пристрій



АЦЕТИЛЕН КИСЕНЬ

Рис. 73. Вузол змішування газів

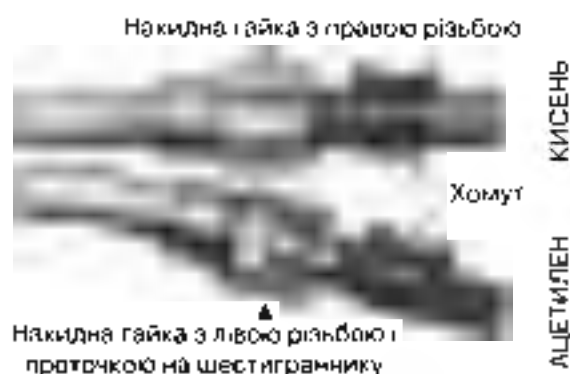


Рис. 74. Приєднання шланга



Рис. 75. Перевірка на газонепроникність

ПОРЯДОК ЗАПАЛЮВАННЯ ПАЛЬНИКА

Відкрити вентилі пальника, установити робочий тиск за манометром редуктора (середнє значення 4 кгс/см^2 для кисню і 1 кгс/см^2 для ацетилену) відповідно до товщини зварюваного металу. Закрити вентилі (рис. 76, а).

Відкрити на $1/4$ оберту кисневий, а потім на один оберт ацетиленовий вентилі (рис. 76, б).

Запалити горючу суміш. Полум'я має бути стійке, не відриваючись від мундштука (рис. 76, в).

Регулювати полум'я ацетиленовим вентилем при повністю відкритому кисневому (рис. 76, г).

При нагріванні мундштука може утворитися полум'я з надлишком кисню. Щоб уникнути цього створюють запас ацетилену. Потрібно впевнитися в його наявності. При цьому середня зона полум'я має бути приблизно в 4 рази більшою за довжину ядра (рис. 77). Не відповідає 15 % надлишку ацетилену в полум'ї.

Якщо при запалюванні суміш пальник дає хлопок або при повному відкритті ацетиленового вентиля з'являється чорна кіптява, потрібно перевірити:

- чи затягнута накидна гайка;
- чи достатній тиск кисню;
- чи немає води в шлангах;
- чи не перекручені (перетиснуті) шланги.

При хлопках пальник необхідно швидко закрити спочатку ацетиленовий, а потім кисневий вентилі. Деколи хлопки й вибухотні удари (табл. 36) спричиняються перегрівом мундштука внаслідок тривалої роботи. Тоді ланцюжок потрібно погасити

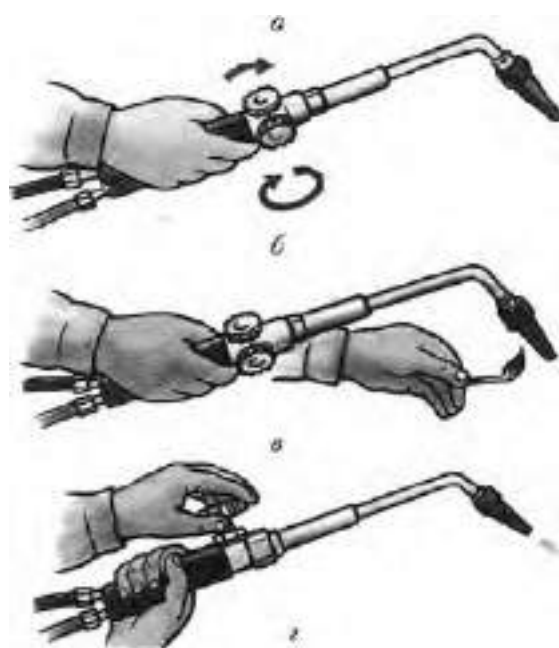


Рис. 76. Порядок запалювання пальника

й охолодити мундштук у воді. При частому проčiшанні мундштука його отвір розбиляється. Крім того, він підгорає в процесі зварювання. Дуже спрацьований мундштук необхідно замінити.

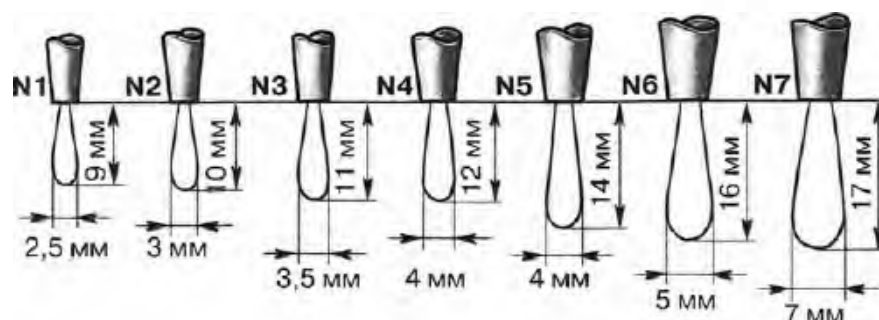


Рис. 77. Форма і розміри ядра при правильно в дрегульованому полум'ї залежно від номера наконечника

Табл. 36. Зворотний удар

Можливі причини		Спосіб усунення
	Бочкоподібна форма звузеньня вихідної каналу	Зачіпати мундштук (перекрити вентиль пальника)
	Неспівпадіння осей вихідного каналу 1; конфузора 2	Розкрити конфузор коничною розверткою
	Зменшення довжини вхідної ділянки каналу до металу як трьох діаметрів вхідного отвору	Змінити мундштук

Можлива причина	Спосіб усунення
 Мундштук дуже наближений до деталі або засмічений	Дотримуватися відстані від мундштука до деталі. Причистити мундштук
Різка підвищення тиску кисню	Відрегулювати подачу

● **Спеціалізовані пальники** — це пальники, призначені для виконання однієї технологічної операції: наплавлення, нагрівання, паяння, поверхневого очищення, випрямлення та ін. (рис. 78).

Для ручного зварювання, паяння з різання металів пропан-бутан кисневим полум'ям при аварійних і монтажних роботах використовують переносну установку ПГУ-3-02. Вона складається з каркаса, на якому закріплюють балони для пропан-бутану (місткістю 4 л) і кисню (місткістю 5 л) з редукторами й рукавами. Пальник Г2-04 з наконечниками № 1, 2, 3 і вставний різак з внутрішнім і зовнішнім мундштуками містяться у футлярі. Товщина розрізуваної сталі становить 3–30 мм, а зварюваної — 0,5–4 мм. Витрати про-

пан-бутану становлять 200–400 л/год, кисню — 1800–4800 л/год. Маса установки — 27,5 кг.

У разі потреби почергово виконувати зварювання та різання металів рекомендують використовувати газозварювальні комплекси (табл. 37). Так, до складу комплексу марки КГС-1-02 входять пальник Г2-04 і різак вставний РВ-1А-02 (РГМ-70); комплект КГС-2-02 складається з пальника Г3-03 і вставного різак РВ-2А-02 (РГС-70). У комплекти входять змінні наконечники, мундштуки, почишувачі, гайковий ключ і футляр.

Табл. 37. Характеристика газозварювальних комплектів

Марка комплекту	Товщина металу, мм, при		Габаритні розміри, мм	Маса, кг
	зварювання	різання		
КГС-1-02	0,5–7	3–50	326×240×78	3,45
КГС-2-02	2–17	3–70	426×275×75	4,85

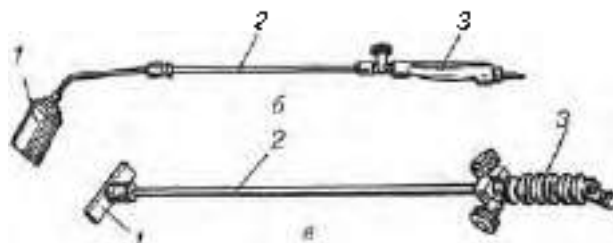


Рис. 78. Спеціалізовані пальники:

а — ГВП-5 для паяння. 1 — змінний наконечник, 2 — змішувальна камера, 3 — створ; б — ГВП-1 для нагрівання. 1 — стабілізатор, 2 — наконечник, 3 — створ; в — ГАС-2 для очищення. 1 — мундштук, 2 — наконечник, 3 — створ

35. ЗВАРЮВАЛЬНЕ ПОЛУМ'Я

Будову полум'я показано на рис. 79.

Ядро складається з продуктів розпаду ацетилену, що згоряють в оболонці ядра.

Відновлювальна зона — оксид вуглецю і водень, які розкиснюють зварювальну ванну.

Факел — область повного згоряння.

Зварювальне полум'я розрізняють за такими видами (рис. 80):

нормальне (співвідношення ацетилену і кисню від 1:1 до 1:1,1) — ядро чітко окреслене, циліндричної форми з плавним заокругленням, оболонка яскраво світиться, усі три зони чітко виражені. Використовують для зварювання більшості сталей, сплавів і кольорових металів.

навуглецюване (співвідношення ацетилену і кисню понад 1:0,95 (надлишок ацетилену)) ядро втрачає чіткість, на кінці з'являється зелений віничок, відновлювальна зона блідне і майже зникає з ядром. Факел жовтий. Використовують для зварювання чавуну, наплавлення твердими сплавами;

окиснювальне (співвідношення ацетилену і кисню менше 1:1,3 (надлишок кисню)) ядро конусоподібне, укорочене, має менш різкі контури, блідне. Полум'я — синювато-фіолетове, горить із шумом. Усі зони скорочуються за довжиною. Окиснює метал. Щоб вийти з крихким і пористим. Використовують для зварювання латуні.

Потужність полум'я характеризується кількістю аспетилежу, що проходить за одну годину через гачник, необхідного для розплавлення 1 мм

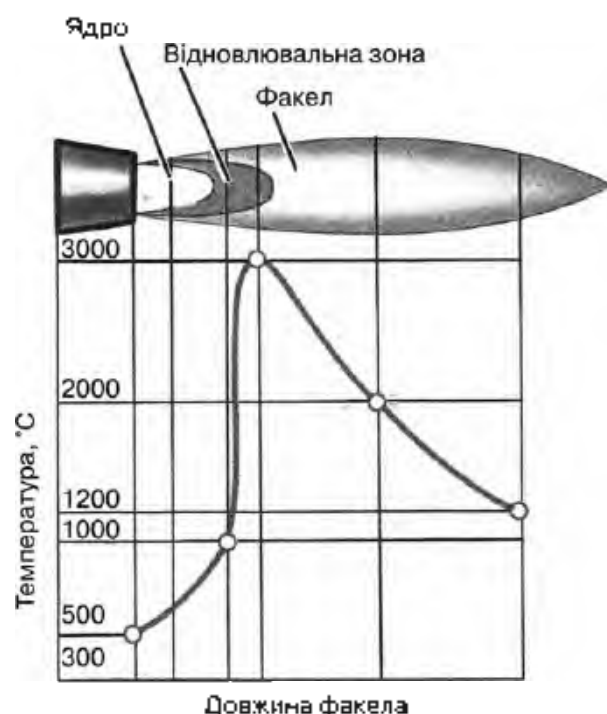


Рис. 79. Будова полум'я

Табл. 38. Характеристика полум'я

Склад полум'я	Максимальна температура, °C	Відстань, на якій досягається максимальна температура
Ацетилен-кисневе	3150	2-6 мм від кінця ядра
Пропан-бутан-кисневе	2400	2,5 довжини ядра від ядра мундштука
Метан-кисневе	2150	3-3,5 довжини ядра від ядра мундштука

товщини зварюваного металу. Регулюється за допомогою і вентилями зальника

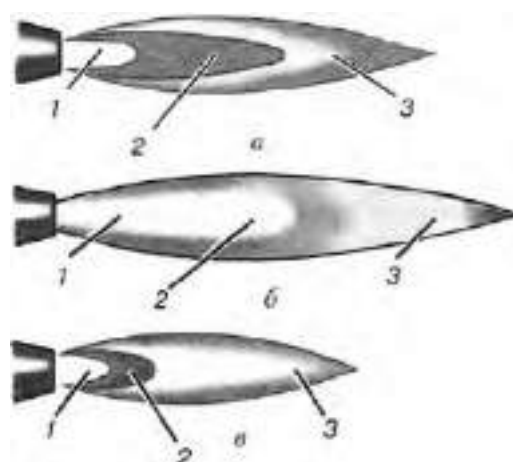
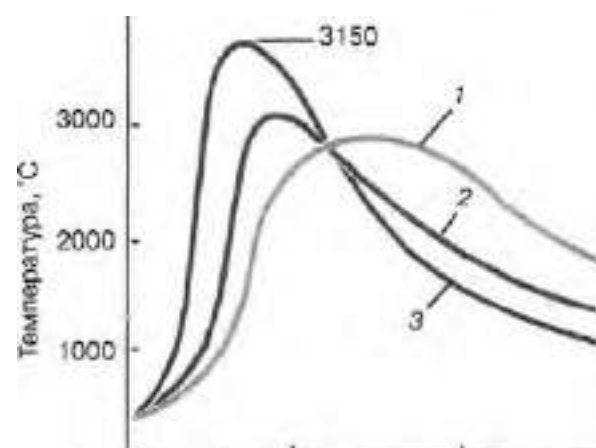


Рис. 80. Види полум'я: а — нормальне, б — науглекислове, в — окислювальне, 1 — ядро; 2 — відновлювальна зона; 3 — факел



Відстань по осі полум'я від зрізу мундштука, мм

Рис. 81. Зміна температури полум'я різних видів: 1 — науглекислове, 2 — нормальне, 3 — окислювальне

3.6. РЕЖИМИ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Основними параметрами режиму є потужність полум'я, його вид, діаметр присаджувального дроту.

Потужність полум'я вибирають залежно від товщини зварюваного металу та його теплофізичних властивостей (табл. 39, 40) і регулюють вибором наконечника зальника.

Вид полум'я регулюють і встановлюють «на око» залежно від матеріалу зварюваних деталей.

Діаметр присаджувального дроту, мм, для зварювання низько- й середньовуглецевої сталі визначають залежно від способу зварювання і товщини металу (рис. 82) за формулами:

при лівому способі $d_d = S/2 - 1$,
при правому способі $d_d = S/2$.

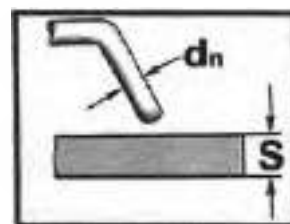


Рис. 82. Визначення діаметра присаджувального дроту

Табл. 39. Вибір номера наконечника пальника залежно від товщини зварюваної сталі

Номер наконечника пальника	000	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Товщина зварюваної низькоуглецевої сталі, мм	0,05–0,1	0,1–0,25	0,2–0,5	0,5–1,0	1,0–2,0	2,0–4,0	4,0–7,0	7,0–11,0	11,0–17,0	17,0–30,0	30,0–80,0	Понад 80,0

Табл. 40. Вибір теплової потужності полум'я

Показник		Зварюваний метал							
		Вуглецева сталь	Легована сталь	Чавун	Мідь	Латунь	Алюміній і його сплави	Цинк	Бронза
Літвомі витрати, д./год, на 1 см товщини металу	ацетилен	100–130	75	100–120	150–200	100–130	75	15–20	70–150
	кисень	110–140	80–85	90–110	165–220	135–175	80–85	20–25	80–185
Співвідношення ацетилену і кисню		1:1,1	1:1,1	1:0,9	1:1,1	1:1,3	1:1,1	1:1,1	1:1,1

37. ТЕХНІКА

СПОСОБИ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

На практиці розрізняють правий і лівий способи зварювання (рис. 83).

При **правому способі** (рис. 83, а) пальник переміщують зліва направо, а присаджувальний дріт переміщається за пальником. Полум'я спрямовують на вже зварену ділянку шва. Мундштуком здійснюють невеликі коливання. При зварюванні листів, товщина яких не перевищує 8 мм, мундштук переміщують уздовж осі шва без коливань. Кінець дроту тримають заперезим у

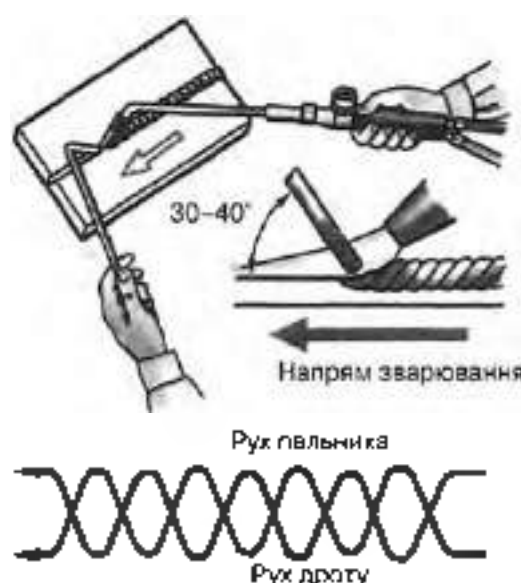
зварювальну ванну й спіралеподібними рухами переміщують рідкий метал для полегшення видалення оксидів і шлаків.

Якщо товщина металу більше 3 мм, використовують правий спосіб з розчищенням кромки. Тепло полум'я розсіюється менше, ніж при лівому способі. Кут підготовки кромки можна зменшити, особливо при великих товщинах.

При **лівому способі** (рис. 83, б) пальник переміщують справа наліво. Присаджувальний дріт знаходиться перед полум'ям, що спрямоване на зварювані кромки. Кінець присаджувальни-



а



б

Рис. 83. Способи газового зварювання:
а — правий; б — лівий

го дроту міститься у відновлювальній зоні. Цей спосіб застосовують при зварюванні товстостінних конструкцій (до 3 мм), а також легкоплавких металів і сплавів.



Якість шва при правому способі вища, ніж при лівому, тому що метал краще захищений факелом.

ПОЛОЖЕННЯ МУНДШТУКА ПАЛЬНИКА

Швидкість нагрівання металу регулюється зміною кута нахилу мундштука α (рис. 84). Чим товстіший метал тим більшим має бути кут нахилу. Чим більший кут нахилу, тим більше тепла полум'я передається, а отже, тим більша глибина проплавлення (рис. 85).

При зварюванні теплопровідних металів (наприклад, міді) кут має бути більшим, ніж при зварюванні вуглецевих сталей

Товщина зварюваного металу, мм

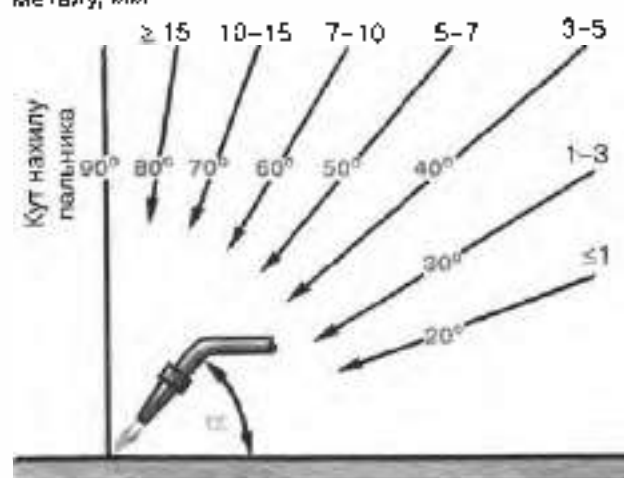


Рис. 84. Положення мундштука пальника



Рис. 86. Розміщення пальника і присадки

Полум'я пальника спрямовують на зварюваний метал так, щоб кромки розмещувались у відновлювальній зоні полум'я на відстані 2-4 мм від кінця ядра полум'я. Кінець присаджувального дроту розміщують у відновлювальній зоні полум'я або закурюють у зварювальну ванну (рис. 86).

Пальник потрібно переміщати так, щоб метал зварювальної ванни завжди був захищений від повітря газами відновлювальної зони полум'я. Застосовують різні способи руху пальника (рис. 87):

- *півмісяцем* для зварювання листів середніх товщин;
- *із затримкою вздовж осі шва* для зварювання товстостінних конструкцій;
- *із незначними коливаннями* для зварювання тонколистової сталі;
- *петлеподібно* — для зварювання листів середніх товщин

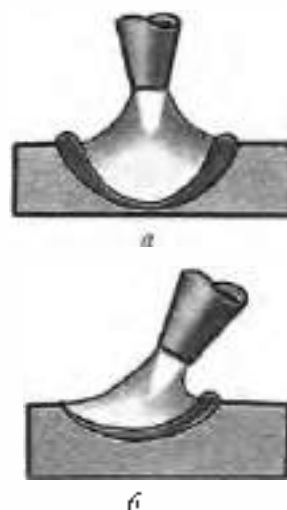


Рис. 85. Для зварювального полум'я на рідкий метал за вертикального (а) і похилого (б) положень мундштука

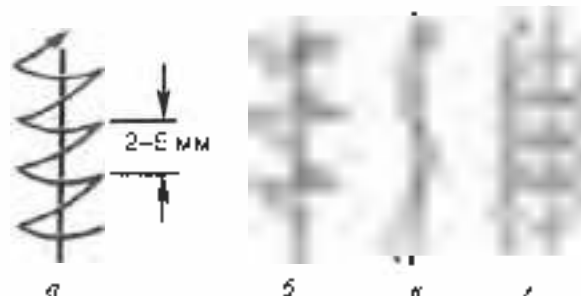


Рис. 87. Способи руху гальника.

а — півмісяцем б — із затримкою вздовж осі шва; в — із незначними коливаннями, г — петлеподібно

38. ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В РІЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОЛОЖЕННЯХ

Існує декілька способів зварювання в **можливому положенні**: зварювання ванночками, зварювання пластин з відборткуванням кромки, виконання з'єднань унапуск.

Зварювання ванночками (рис. 88) застосовують при зварюванні тонких листів і труб з низьковуглецевих і низьколегованих сталей полешеними швами, а також при зварюванні кутових і стикових з'єднань деталей, товщина яких не перевищує 3 мм.

Зварювання виконують у такій послідовності (див. рис. 88):

1 у розплавлену ванночку вводять кінець дроту і розплавляють невелику його кількість;

2 кінець дроту переміщують у відновлювальну зону полум'я;

3 мундштуком здійснюють крутові рухи і переміщують його до утворення нової ванночки;

4 — кінець дроту залишається у відновлювальній зоні полум'я до розплавлення ванночки;

5 — нова ванночка має перекривати попередню на $\frac{1}{3}$ діаметра.

При зварюванні пластин з відборткуванням кромки (рис. 89) шов накладають лівим способом без присаджувального матеріалу.

При виконанні з'єднань унапуск (рис. 90) шов накладають правим способом (для товстих металів) і лівим способом (для тонких металів) з присаджувальним матеріалом.

 У разі вимушеної перерви в роботі перед поновленням процесу зварювання потрібно переплавити закристалізований у кратері метал.

Вертикальні шви зверху вниз зварюють тільки правим способом (рис. 91, а). Шви знизу вверх зварюють правим і лівим способами (рис. 91, б, в). Об'єм зварювального ванни малий, тому метал утримують від стікання тиском газу полум'я або кімлем присаджувального дроту, зануреним у ванну.

Горизонтальні шви на вертикальній поверхні виконують правим способом (рис. 92). При накладанні горизонтальних швів на вертикальну площину метал намагається стекти на нижню кромку. Тому дріт тримають зверху зварювальної ванни, а мундштук пальника — знизу. Ванна розміщується під невеликим кутом до осі шва, що утримує метал від стікання.

При виконанні **стикових швів** (рис. 93) кромки нагрівають до початку оплывлення, у дану точку вводять дріт, кінець якого швидко оплавляється.

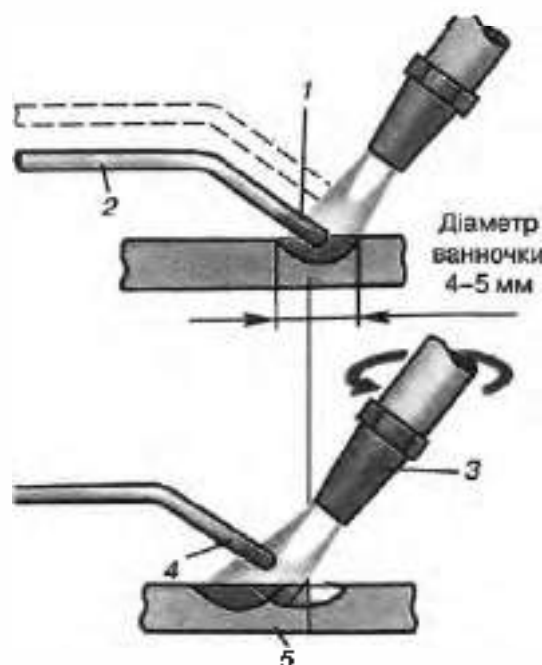


Рис. 88. Зварювання ванночками

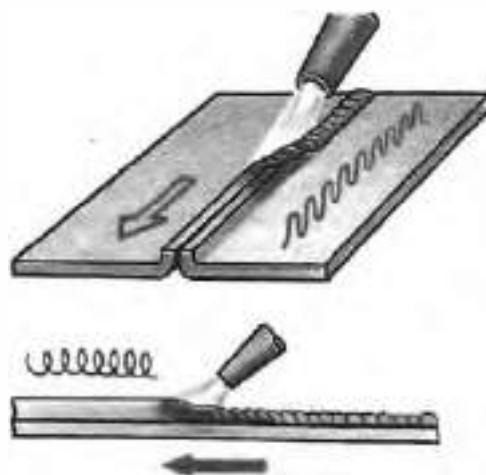


Рис. 89. Зварювання пластин з відборткуванням кромки

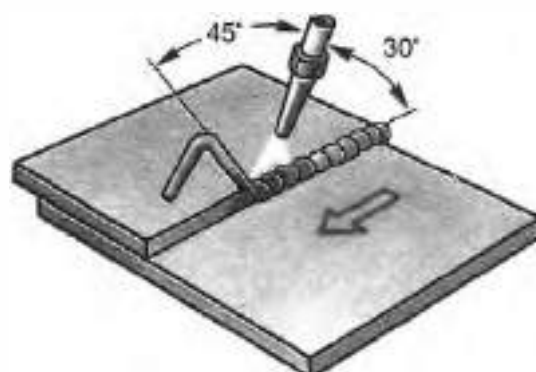


Рис. 90. Виконання з'єднань унапуск

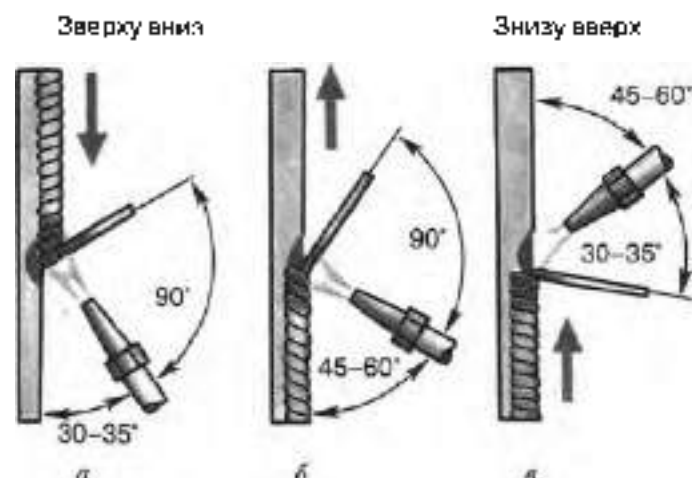


Рис. 91. Зварювання вертикальних швів різними способами:

а — правим; б — лівим; в — правим

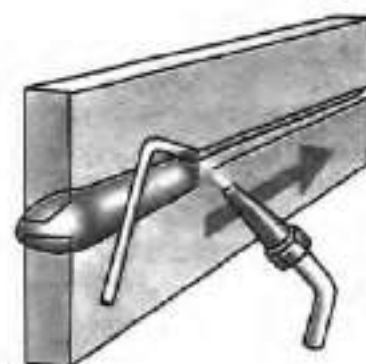


Рис. 92. Зварювання горизонтальних швів на вертикальній поверхні

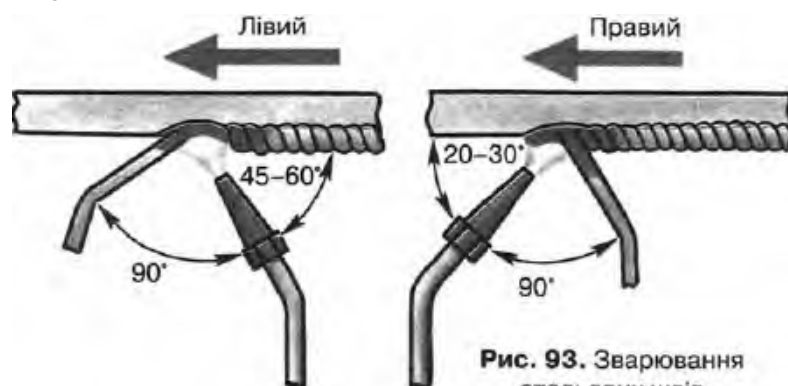


Рис. 93. Зварювання стельових швів

Метал утримується від стікання тиском газів полум'я. Зварювання виконують як лівим, так і правим способами в кілька шарів з мінімальною товщиною кожного шару. Шов краще формується при застосуванні правого способу.

Зварювання **вертикальних стикових швів наскрізним проплавленням** при товщині листів не більше ніж 6 мм (рис. 94) один зварник виконує в такій послідовності:

- пластини без сколу кромки закріплюють із зазором, що дорівнює товщині листа (рис. 94, а);
- формують зварювальну ванну (рис. 94, б);
- уводять в отвір присаджувальний дрот і формують перший валик (рис. 94, в);
- полум'я переміщують угору, розкладають кромки основного металу, частину дроту і формують другий і наступний шари, заварюючи стик дна вгору. Шов формується на всю товщину з необхідною геометрією (рис. 94, г).

При товщині листів 6–20 мм два зварники, розміщуючись з обох боків листа, формують зварювальну ванну, вводять присаджувальний дрот і, переміщуючи пальники вгору, укладають шари до повного заварювання стику (рис. 95).

Рухи дроту без поперечних коливань і рухи пальником показано на рис. 96.

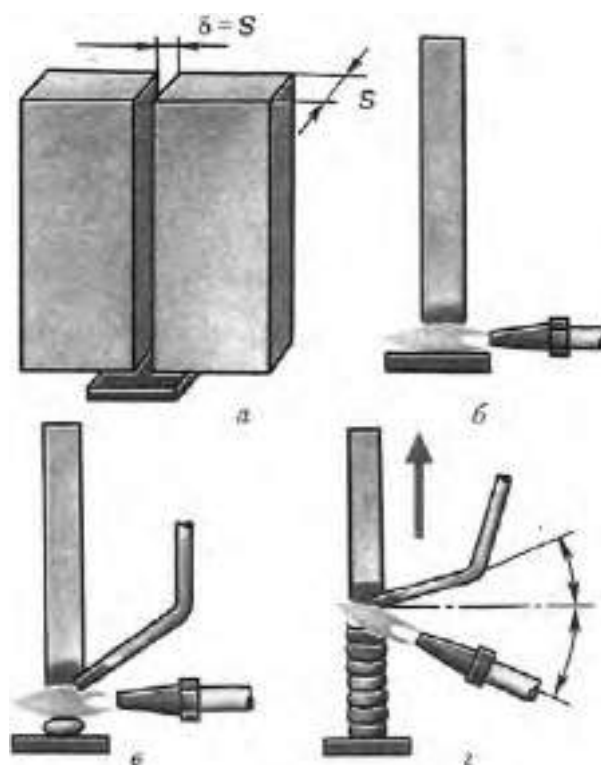


Рис. 94. Зварювання вертикальних стикових швів наскрізним проплавленням при товщині листів не більше ніж 6 мм

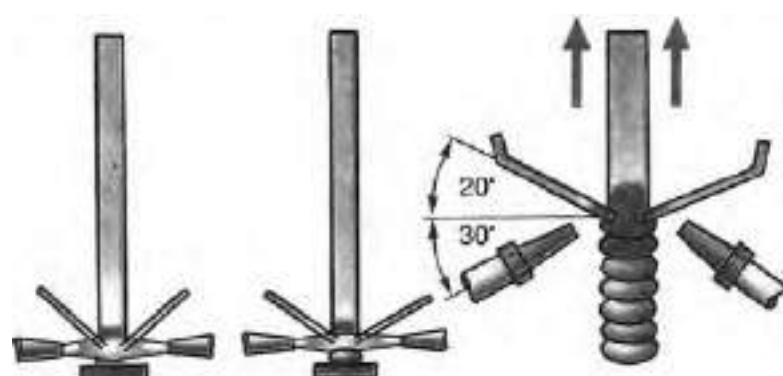


Рис. 95. Зварювання вертикальних стикових швів наскрізним проплавленням при товщині лист в 6–20 мм

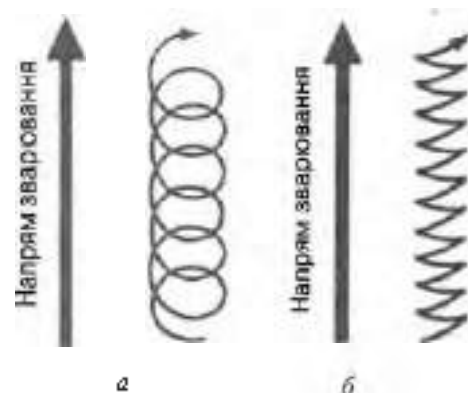


Рис. 96. Рухи дроту і гальмиком при наскрізному проплавленні лист в за-
тиски до 6 мм (а) і 6–20 мм (б)

39. ЗАХИСНІ ГАЗИ

● **Захисні гази** — це гази, призначені для захисту зварювальної дуги і ванни від шкідливого впливу навколишнього середовища.

Як захисні гази використовують інертні та активні гази, а також їх суміші.

Інертні захисні гази хімічно не взаємодіють з металом і не розчиняються в ньому та забезпечують захист дуги й металу шва від повітря.

Аргон — одноатомний інертний газ, без кольору і запаху, важчий за повітря, чим забезпечує надійний захист зварювальної ванни.

Залежно від домішок (кисень, азот, водень) аргон поділяють на такі сорти:

- аргон газоподібний і рідкий (згідно з ГОСТ 10157-79) — вищого сорту (не менш як 99,992 % Ar) і першого сорту (99,987 % Ar) для плазмового різання та зварювання плавким і неплавким електродами;

- аргон високої чистоти (ТУ 6-21-12-79) — рідкий першого сорту (99,998 % Ar), рідкий другого сорту (99,995 % Ar), газоподібний (99,995 % Ar).

Аргон вищого сорту використовують для зварювання титанових сплавів, цирконію, молібдену та інших активних металів і сплавів, а також для особливо відповідальних виробів з нержавіючих сталей. Аргон першого сорту призначений для зварювання алюмінієвих і магнієвих сплавів, аргон другого сорту — для зварювання виробів з чистого алюмінію, нержавіючих і жароміцних сплавів.

Зберігають і транспортують аргон у сталевих суцільнотиснутих балонах у газоподібному стані під тиском 15 МПа (150 кгс/см²). У повному стандартному балоні місткість 40 дм³ (л) уміщується: 150–40 = 6000 дм³ (6 м³) газу. Балон сірого кольору, а напис виконано зеленим.

Гелій — інертний газ, без кольору і запаху, значно легший за повітря і в 10 разів — за аргон.

Одержують гелій стисканням і охолодженням природних газів до температур конденсації і наступним відокремленням домішок.

Дуга, що горить у гелію, виділяє більше тепла, ніж в аргоні, чим забезпечує глибоке проплавлення металу.

Через те, що гелій у 10 разів легший за аргон, погіршується захист зварювальної ванки та в 1,5–2 рази збільшуються витрати.

Гелій використовують при зварюванні кольорових металів і сплавів, а також нержавіючих сталей. Зберігають і транспортують гелій так само, як і аргон. Балон має коричневий колір, а напис — білий.

Залежно від вмісту домішок (азот, кисень, вуглекислий газ) гелій газоподібний поділяють на такі сорти (згідно з ГОСТ 20461-75):

- особливий чистоти (не менше 99,995 % He);
- високої чистоти (99,985 % He),
- технічний (99,8 % He).

Активні захисні гази хімічно взаємодіють із зварюваним матеріалом і розчиняються в ньому.

Вуглекислий газ CO₂ — газ без кольору, зі слабким запахом. З підвищенням тиску він перетворюється в рідину, яку називають *вуглекислою*, а при значному охолодженні (нижче –78,9 °С) переходить у твердий стан, і його називають *сухим лід*. Вуглекислий газ в 1,5 рази важчий за повітря, що забезпечує добрий захист зварювальної ванки при незначних витратах. Густина рідкої вуглекислоти дуже змінюється зі зміною температури, а тому вуглекислота постачається за масою, а не за об'ємом. При випаровуванні 1 кг вуглекислоти утворюється 509 дм³ (л) вуглекислого газу.

Випускають двоокис вуглецю газоподібний і рідкий (ГОСТ 8050-85) галях серій:

- зварювальний (не менше 99,5 % CO_2);
- зварювальний підвищеної якості (99,8 % CO_2);
- технічний (98,5 % CO_2).

Зварювальний двоокис вуглецю підвищеної якості (просушений) відрізняється від технічного меншим вмістом вологи.

Зберігається рідка вуглекислота в балонах під тиском 6–7 МПа. У балоні міститься 60–80 % рідини, решта — газ, що випаровується. Балон має чорний колір, а напис виконано жовтим. У балоні місткістю 40 л улітку заливають 25 л вуглекислоти, при випаровуванні якої утворюється 15–20 л газу. Зварювальну вуглекислоту не дозволяється заливати в балони з-під харчової і технічної вуглекислоти, тому що вони можуть мати підвищену кількість пари води. Використовують вуглекислоту доти, поки тиск у балоні становитиме не менше ніж 0,4 МПа.

Підвищений вміст водяної пари у вуглекислому газі призводить до утворення пор і зниження пластичності зварного з'єднання. Тому перед використанням новий балон рекомендують установити вертикально униз на 8 год, а потім відкрити його в такому положенні й випустити воду до появи «сухого льоду». Для зниження вмісту вологи та поглинання теплоти при випаровуванні вуглекислого газу на виході з балона встановлюють підігрівачі.

Азот N_2 — газ без кольору й запаху, при температурі -196°C перетворюється в рідину. Він є інертним щодо міді. Використовують для зварювання міді, аустенітних сталей і плазмового різання. Балон має чорний колір, напис — жовтий.

Водень H_2 — газ без кольору, запаху і смаку, в 1,4 раза легший за повітря. Використовують як домішки до захисних газів. Балон має темно-зелений колір, напис — червоний.

У деяких випадках кращі технологічні властивості мають *суміші газів*. Суміш із 70 % He і 30 % Ar збільшує продуктивність зварювання алюмінію, покращує формування шва, дає змогу наплавляти товстий шар металу. Суміш вуглекислоти з киснем (2–5 %) сприяє дрібно-крапельному перенесенню металу, покращує формування шва, зменшує розбризкування на 30–40 %. Аргон-азотна суміш (86–88 % Ar) покращує плазмові різання, а аргон-киснева (79–77 % Ar) забезпечує краще зварювання плавким електродом сплавів у сильноокиснювальній атмосфері. Домішки вуглекислоти або кисню до аргону сприяють утворенню струменевого перенесення металу в дузі, зменшуючи при цьому розбризкування і покращуючи якість шва.

Суміш аргону (90 %) і водню (10 %) використовують при зварюванні тонкого металу. Вона забезпечує збільшення швидкості зварювання, зменшення зони термічного впливу і залишкових деформацій. Таку суміш застосовують при мікроплазмовому зварюванні. Водень забезпечує стискання стовпа дуги, робить його сконцентрованим.

Уводиться випуск готової газової суміші марки «Агамікс», яка зменшує розбризкування електродного металу на 5–10 %, покращує формування металу шва і робить процес зварювання менш чутливим до коливань напруги та швидкості подачі дроту.

40. НЕПЛАВКІ ЕЛЕКТРОДИ

Неплавкі електроди — це електроди, призначені тільки для підведення зварювального струму до дуги, а присаджувальний метал подається окремо.

До неплавких належать вольфрамові, вугільні та графітові електроди.

Вольфрамові електроди використовують при дуговому зварюванні в інертних газах, плазмовому зварюванні, а також для різання й наплавлення. Вольфрам — тугоплавкий метал, температура плавлення якого становить 3400°C , а температура кипіння — 5555°C . Через сильне окиснення використовують при зварюванні в середовищі аргону, де вольфрам майже не окиснюється, а тільки повільно випаровується.

Вольфрамові електроди виготовляють з вольфрамового порошку пресуванням, спіканням і прокатуванням. Електродами з чистого вольфраму зварюють на змінному й постійному струмі, а з присадками — на змінному й постійному струмі прямої

та зворотної полярності. Виготовляють електроди діаметром від 0,5 до 10 мм, завдовжки 75, 150, 200 і 300 мм.

Застосовують електроди марок: ЭВЧ — чистий вольфрам; ЭВЛ — з присадкою оксиду лантану (1,1–1,4 %); ЭВЛ-1 — з присадкою оксиду ітрію (1,5–2,3 %); ЭВЛ-2 — з присадкою оксиду ітрію (2–3 %); ЭВЛ-3 — з присадкою оксиду ітрію (2,5–3,5 %) і танталу (0,01 %); ЭВТ-15 — з присадкою оксиду ітрію (1,5–2 %).

Вугільні електроди (стрижки) виготовляють з електротехнічного вугілля (кокс, сажа, сміла) дробленням, пресуванням і відпадом. Для покращення стабілізації горіння дуги застосовують вугільні електроди з гнітом, які мають осьовий отвір, заповнений легкоокислюючими речовинами.

Графітові електроди виготовляють з лугільних шліхом додаткової високотермічної обробки — графітизації. Такі електроди мають високі температури плавлення і кипіння та низьку теплопровідність. Електропровідність графітових електродів у 3 рази вища від електропровідності вугільних, вищою є стійкість проти окиснення, витрати — меншими. Для підвищення стійкості їх покривають тонким (0,06–0,07 мм) шаром міді. Кінець електродів заточують на конус 10–20 мм завдовжки з притупленням 1,5–2 мм. Поверхня має бути гладкою, без тріщин. Електроди високої якості не залишають слідів на папері, а при вдаренні по них видають металевий звук. Графітові електроди для зварювання і наплав-

лення виготовляють марки СК 250 мм завдовжки, діаметром 4, 6, 8, 10, 15 і 18 мм. Зварюють на постійному струмі прямої полярності, що покращує стійкість горіння дуги і зменшує витрати.

Для зменшення витрат вольфрамових електродів інертний газ необхідно подавати до виникання зварювального струму, а припиняти після зникання зварювального струму та охолодження електрода до його потемніння. Коли зварюють постійним струмом, усі електроди заточують на конус, а коли використовують змінний — електроди марок ЗНІ і ЗНІІ мають бути з плоскою заточкою, електроди марки ЗВЧ — зі сферичною. Довжина заточування має дорівнювати двом третім діаметрам електрода.

41. ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

Зварювання в захисних газах здійснюють як неплавкими (рис. 97), так і плавкими (рис. 98, 99) електродом.

Зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом виконують на постійному струмі прямої полярності. Це забезпечує стабільність дуги, незначні витрати вольфрамового електрода та можливість зварювання на великих струмах. Дуга зворотної полярності добре очищає поверхню металу, що зварюється, від оксидів і забруднень. Вона видаляє оксидну плівку, яка активно утворюється на поверхні металів і має температуру плавлення, значно вищу від температури плавлення металу. При цьому позитивні важкі іони аргону, які утворюються внаслідок дії електричного поля, рухаючись від електрода (+) до виробу (-), руйнують оксидну плівку. Це явище називається катодним розчищенням. Змінний струм ви-

користовують для зварювання алюмінію, магнію, берилію та їх сплавів. Він руйнує оксидні плівки, які утворюються на поверхні цих металів.

Зварювання плавким електродом на постійному струмі зворотної полярності забезпечує високу стабільність дуги. Стабільність горіння дуги, форма і розміри шва залежать від матеріалу та діаметра електрода (дроту), сили зварювального струму, напруги на дузі, складу захисного газу та інших факторів.

Стандартом встановлено такі позначення способів зварювання: ІН — в інертних газах неплавким електродом без присаджувального металу; ІНп — в інертних газах неплавким електродом з присаджувальним металом; ІП — в інертних газах і їх сумішах з вуглекислим газом і киснем плавким електродом; ВП — у вуглекислому газі і його суміші з киснем плавким електродом.



Рис. 97. Схема зварювання неплавким електродом.

1 — подача зварювального струму, захисного газу, охолоджувальної рідини; 2 — неплавкий електрод; 3 — напрям зварювання; 4 — осн. метал; 5 — захисний газ; 6 — присаджувальний дріт

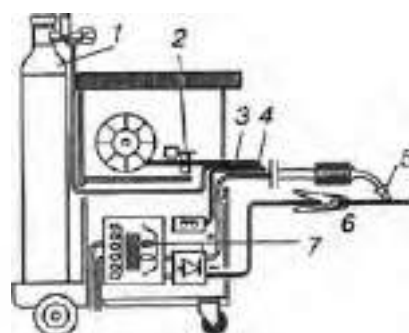


Рис. 98. Установка для напівавтоматичного зварювання в захисному газі плавким електродом.

1 — балон із захисним газом; 2 — механізм подачі електродного дроту з регулятором швидкості; 3 — електродний дріт; 4 — газопровід; 5 — ізоляція; 6 — заземлення основного металу; 7 — джерело живлення



Рис. 99. Схема напівавтомата.

1 — котушка; 2 — шланг; 3 — паличник; 4 — привідні ролики

4.2. ГАЗОВА АПАРАТУРА І ПРИЛАДИ

Пост для зварювання в захисних газах — це передусім балон з газом, підігрівач і осушувач, які застосовуються тільки при використанні вуглекислого газу, а також редуктор, витратомір, газоелектричний клапан і шланг, що з'єднує ці елементи із зварювальним ланцюгом.

Балон — сталеві ємкості, призначені для зберігання і транспортування стиснутих, рідинних і розчинених газів під тиском. Виконуються із суцільнозварних труб. Коли випускають з балона рідину вуглекислоту, вона випаровується і температура газу різко зменшується. Щоб запобігти замерзанню вологи в каналах редуктора й заповненню їх льодом, між вентилем балона і редуктором встановлюють електричний підігрівач.

Електричний підігрівач (рис. 100) складається з корпусу 2, кожуха 3, трубчастого змійовика 4, теплоізоляції 5 і нагрівального елемента 6. На клему 1 подають постійну (20 В) або змінну (36 В) напругу. Газ, проходячи через трубчастий змійовик 4, нагрівається до температури 10–15 °С. Наявність навіть незначної кількості вологи в балоні призводить до різкого підвищення вологості вуглекислого газу при зниженні його тиску. Це спричиняє виникнення пор у металі шва.

Для зниження вологості вуглекислого газу балон після промивання необхідно просушити (продувати гарячим повітрям). Щоб зменшити потрапляння вологи в зону зварювання, вуглекислий газ пропускають через осушувач.

Використовують два види осушувачів — високого і низького тиску.

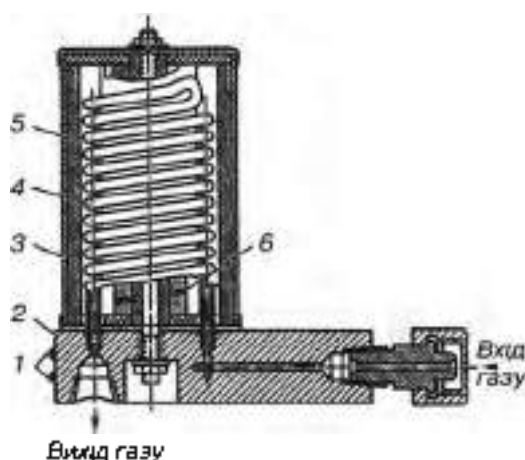


Рис. 100. Схема електричного підігрівача газу:

- 1 — клемми, 2 — корпус, 3 — кожух;
4 — трубчастий змійовик; 5 — теплоізоляція;
6 — нагрівальний елемент

Осушувач низького тиску, який має значні розміри, встановлюють після знижувального редуктора. Він не потребує частішої заміни збирача вологи. Його раціонально застосовувати при централізованому газопостачанні.

Осушувач високого тиску встановлюється перед знижувальним редуктором, має малі розміри і потребує частішої заміни вологопоглинача. Це незручно при роботі.

Осушувачі (рис. 101) складаються з корпусу 1, решіток 2, фільтрів 3, вологопоглиначів 4 і кришки 5. Осушувач високого тиску має пружину 6, призначену для ущільнення вологопоглиначів. Фільтри 3 призначені для видалення з газу твердих частинок. Як збирач вологи використовують силікагель або алюмінгіколь, рідше — міаній купорос і хлористий кальцій. Збирач вологи пропарюється при температурі 200–250 °С протягом 1–2 год. Осушувач розрахований на осушування 30–35 м³ вуглекислого газу при одній зарядці. Порошок, що використовувався, замінюють або прожарюють один раз у 10–15 днів залежно від інтенсивності завантаження зварювального апарату чи напівавтомата.

Редуктори-витратоміри серій АР, А, Г, В використовують для фіксації тиску в балоні, тиску після першого ступеня та робочого тиску (за манометром-витратоміром, який вимірює витрати газу в літрах за хвилину). Схему газового редуктора показано на рис. 102.

Витрати захисного газу фіксуються показаннями манометра низького тиску газового редуктора (табл. 41).

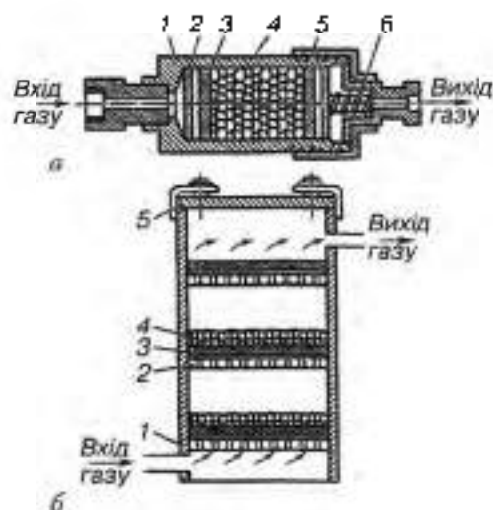


Рис. 101. Схеми осушувачів високого (а) і низького (б) тиску:

- 1 — корпус; 2 — решітки; 3 — фільтри; 4 — вологопоглинач; 5 — кришка; 6 — пружина

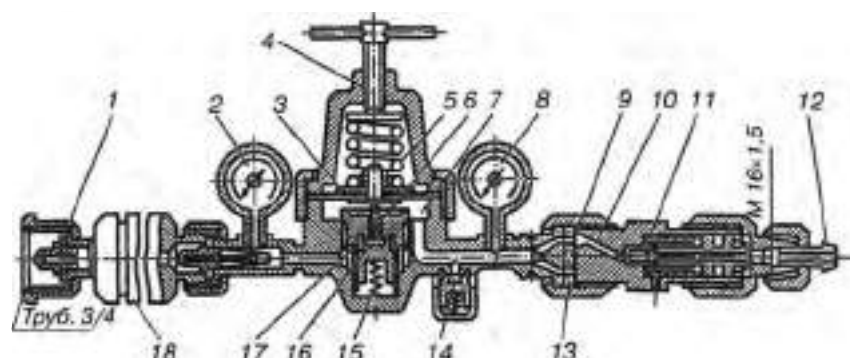


Рис. 102. Редуктор для вулканічного газу

1 — накидна гайка, 2, 8 — манометри, 3 — мембрани, 4 — регулювальний винт, 5, 15 — пружини, 6 — іголки, 7 — клапани низького тиску, 9, 13 — капілярні огорки, 10 — канал, 11, 16 — запірні клапани, 12 — штуцер, 14 — запобіжний клапан, 17 — сидло, 18 — під'єднання газу

Табл. 41. Відповідність поділок шкали манометра низького тиску витратам газу

Поділки шкали, МПа	0,03	0,06	0,08	0,11	0,14	0,18	0,22	0,25
Витрати CO ₂ , л/хв	3	4	5	6	7	8	9	10

Витратоміри-ротаметри (рис. 103, б) призначені для вимірювання і точного контролю витрат газів. Витратоміри бувають різних типів, найпоширеніші — поплавкового і дросельного типу.

Витратомір поплавкового типу (рис. 103, а) складається із скляної трубки 1, шкали 5 і конічного огорку. Ротаметр розміщується вертикально, широким кінцем отвору вгору. У середині трубки розташовується поплавок 2, який вільно переміщується в ній. Газ, що приходить знизу вгору через трубку, підіймає поплавок доти, поки кільцевий зазор між ним і стінкою трубки не досягне розміру, за якого тиск струменя газу врівноважує масу поплавка. Чим більші витрати газу і його щільність, тим вище підіймається поплавок.

Витратомір дросельного типу (рис. 103, в) сконструйований за принципом вимірювання перепаду тиску на ділянках до і після дросельної діафрагми 3 (P₁ і P₂), який залежить від витрат газу і вимірюється манометрами 4.

У сучасних напіваапаратах аварійний струм, захисний газ і охолоджувальна вода підводяться до настільки автономними **магнітами (рукавами)**. Довжина піланта, як правило, не перевищує 3,5–4 м.

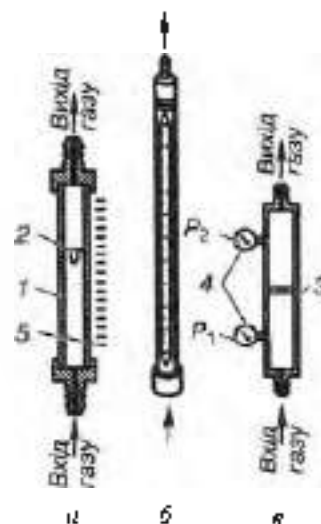


Рис. 103. Витратоміри газу

а — поплавкового типу (ротаметр), б — ротаметр РМ-3, в — дросельного типу, 1 — скляна трубка, 2 — поплавок, 3 — діафрагма, 4 — манометри, 5 — шкала

Основою рукава (рис. 104) є трубка, яка виготовляється або з металу з малим коефіцієнтом тертя, або з полімерних матеріалів.

Трубка може бути виконана у вигляді спіралі з відповідного дроту. Трубку покриває внутрішній захисний шар оболонка і зовнішній захисний шар. У рукавах типу КШНЕ і оболонці розміщені струмопровідні жили та проводи керування, чого немає в рукавах типу КН. Для зменшення тертя в рукавах, трубки яких виконані із зм'ягкої сталі вводиться нейтральний змащувальний матеріал (наприклад, дисульфід

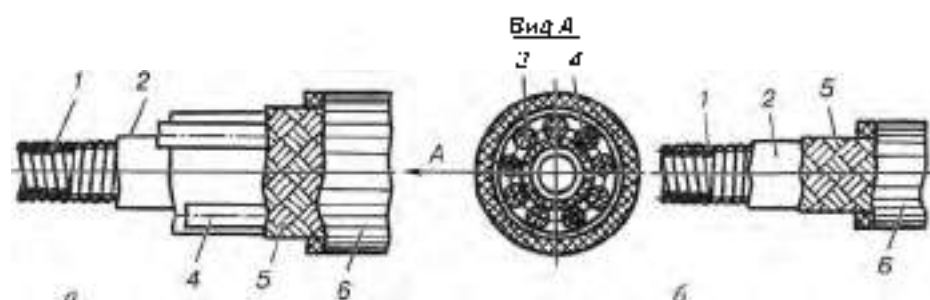


Рис. 104. Гнучкі напрямні рукави:

а — тип КШНЕ, б — тип КН, 1 — трубка, 2 — захисний шар, 3 — струмопровідні жили, 4 — проводи керування, 5 — оболонка, 6 — зовнішній захисний шар

молібдену), який значно полегшує прошивку дроту.

Робочим інструментом напівавтомата є палик. Палик напівавтомата А-119711 (рис. 105) використовується для зварювання звичайним дротом суцільного перерізу, а також порошковим дротом. Палик має зігнутий мундштук 5 з перехідною втулкою 4 і наконечником 2, рукоятку 7 із пусковою кнопкою 8, захисний щиток 6 і сопло 1 для створення навколо зони зварювання захисної атмосфери.

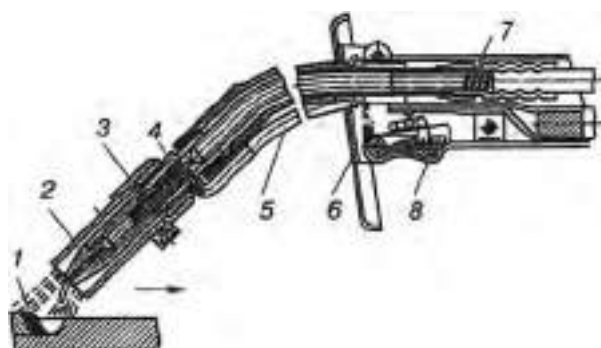


Рис. 105. Схема палика шлангового напівавтомата А-119711:

1 — сопло; 2 — наконечник; 3 — отвір для виходу газу в сопло; 4 — перехідна втулка; 5 — мундштук; 6 — захисний щиток; 7 — рукоятка; 8 — пускова кнопка

Подача дроту вперед і назад здійснюється перемикачними пакетним перемикачем, який розміщується на блоці керування.

Кнопка включення механізму подачі міститься на палинику.

У напівавтоматах, оснащених шлангами довжиною понад 5 м, для ліквідації нерівномірності подачі дроту застосовують механізм подачі тягово-прошивувального тиску, у яких прошивувальний механізм розміщений поруч із котушкою, а тягнучий — у палинику (рис. 106).

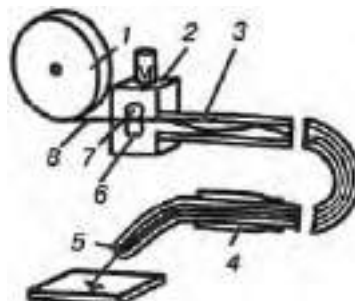


Рис. 106. Схема шлангового напівавтомата прошивувального типу:

1 — котушка; 2 — механізм подачі; 3 — гнучкий шланг; 4 — тримач; 5 — наконечник; 6 — притисний ролик; 7 — ведучий ролик; 8 — дріт

4.3. РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВКИМ ЕЛЕКТРОДОМ У ВУГЛЕКИСЛОМУ ГАЗІ

До основних параметрів режиму автоматичного й напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі належать діаметр електродного дроту, сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість подачі електродного дроту, швидкість зварювання, виліт електрода, витрати вуглекислого газу, нахил електрода вздовж осі шва, рід струму і полярність.

Зі зменшенням діаметра електродного дроту підвищується стійкість горіння дуги, збільшується глибина провару, зменшується розбризкування рідкого металу, зростає коефіцієнт наплавлення, що сприяє підвищенню продуктивності зварювання. Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини металу в межах 0,5–3 мм.

Для зварювання тонколистового металу використовують дріт діаметром 0,5–1,2 мм. Метал завтовшки 4–12 мм зварюють за два проходи з обох боків без розчищення, завтовшки 15–20 мм — за два-три проходи з кутом розчищення кромки 60° і притупленням 2–4 мм. При товщині металу 20–30 мм застосовують двобічне

розчищення кромки з кутом 60° і притупленням 2–4 мм. Метал більшої товщини доцільно зварювати при вузькому щільному розчищенні кромки за кілька проходів.

Зі збільшенням сили зварювального струму збільшується глибина провару, що спричинює зростання частки основного металу у шві. Ширина шва спочатку збільшується, а потім зменшується. Силу зварювального струму встановлюють залежно від вибраного діаметра електрода та глибини проплавлення. $I_{\text{н}} = (80-100) h$, де h — глибина проплавлення.

Швидкість подачі електродного дроту пов'язана із силою зварювального струму. Її встановлюють з таким розрахунком, щоб у процесі зварювання не могло статися коротке замикання і обрив дуги, а процес плавлення електрода протікав стабільно.

Із збільшенням швидкості зварювання зменшуються всі геометричні розміри шва. Вона встановлюється залежно від товщини металу та умов формування шва. При зварюванні металу великої товщини краще заповнювати розробку кромки

більш вузькими виниками на великій швидкості. При дуже великій швидкості зварювання кінець електрода може вийти з зони захисту й окиснитися на повітрі. Мала швидкість зварювання викликає збільшення зварювальної ванни і спричинює утворення пор у металі.

Швидкість зварювання зазвичай становить 15–80 м/год. Якісні з'єднання одержують, якщо товщина металу перевищує для автоматичного зварювання — 0,5 мм, механізованого — 1 мм; звичайно зварюють метал товщини понад 3 мм.

Зі збільшенням *вильоту електрода* погіршується стійкість горіння дуги й формування шва, а також збільшується розбризкування рідкого металу. При зварюванні з дуже малим вильотом електрода погіршується спостереження за процесом зварювання, що спричинює відокремлення газового сопла і струмопідвідного контактного наконечника.

Крім вильоту електрода необхідно дотримуватися визначеної відстані від сопла пальника до поверхні металу, тому що зі збільшенням цієї відстані погіршується газовий захист зони зварювання і можливе потрапляння кисню та алогу повітря в розплавлений метал, що призводить до появи газових пор. Виліт електрода, а також відстань від сопла пальника до поверхні металу встановлюють залежно від вибраного діаметра електродного дроту (табл. 42).

При зварюванні важливо враховувати *рід і полярність струму*. Зварювання плазмовим електродом виконують на зворотній полярності. При прямій полярності швидкість розплавлення в 1,4–1,6 раза вища, ніж при зворотній, проте дуга горить менш стабільно, з інтенсивним розбризкуванням, погана якість шва й незадовільне його формування.

Витрати вуглекислого газу визначають залежно від вибраного діаметра електродного дроту. На витрати газу впливає також швидкість зварювання, конфігурація виробу й наявність руху повітря в цеху, тобто протяги, вітер тощо.

Для покращення газового захисту в таких випадках необхідно збільшувати витрати вуглекислого газу, зменшувати швидкість зварювання, наближати сопло до поверхні металу або ви-

користовувати захисні щити. Разом з тим більші витрати вуглекислого газу можуть призвести до значного окислення кремнію і марганцю.

Нахил електрода вздовж осі шва впливає на глибину провару і якість шва. При зварюванні кутком уперед важче спостерігати за формуванням шва, але краще видно зварні кромки і легше направляти електрод точно в зазор між ними. Ширина шва при цьому зростає, глибина провару зменшується. Зварювання кутком уперед рекомендується застосовувати при невеликих товщинах металу, коли існує небезпека наскрізних проварів. При зварюванні кутком назад покращується видимість зони зварювання, підвищується глибина провару; наплавлений метал, який одержується при цьому, є більш шліфним.

У довідковій літературі ориєнтовні режими приводяться у вигляді таблиці у яку включають тільки основні параметри режиму. У табл. 43 наведено рекомендовані режими для зварювання вуглецевих і низьколегірованих сталей у вуглекислому газі.

На практиці застосовують також **зварювання на підвищенні (форсованні) режимах**: за збільшеної сили струму, напруги дуги та швидкості зварювання, що уможливило збільшення продуктивності на 25–75 %. У масовому виробництві, наприклад при виробництві шківів коліс автомобілів, застосовується швидкісне автоматичне зварювання у вуглекислому газі дробом діаметром 3–5 мм.

Обмежено використовують **зварювання у вуглекислому газі неплазмовим кулявим електродом бортівих з'єднань** з низьковуглецевих сталей 0,3–2 мм завтовшки (наприклад, каністри, корпуси конденсаторів). Зварювання виконують без присадки постійним струмом. Спосіб продуктивний, проте міцність з'єднання становить 50–70 % міцності основного металу.

Характерним є такий режим зварювання металу завтовшки 2 мм: сила струму — 120–130 А, швидкість зварювання — 50–55 м/год, довжина дуги — 2–3 мм, виліт електрода — 40–45 мм, діаметр електрода — 6 мм.

Зварювання здійснюється на режимах, ориєнтованих на довідкову літературу виробничі ін-

Табл. 42. Граничні значення вильоту електрода, відстані від сопла пальника до поверхні металу і витрат газу залежно від діаметра електродного дроту

Діаметр електродного дроту, мм	Виліт електрода, мм	Відстань від сопла пальника до поверхні зварюваного металу, мм	Витрати вуглекислого газу, дм ³ /хв
0,5–0,8	7–10	7–10	5–8
1,0–1,4	8–15	8–14	5–15
1,5–2,0	15–25	15–20	15–20
2,5–3,0	15–30	15–22	20–30

Табл. 43. Орієнтовні режими напівавтоматичного зварювання сталевих листів у стик без розчищення кромки у вуглекислomu газі постійним струмом зворотної полярності для дроту типу Св-08Г2С

Товщина металу, мм	Ширини зазору, мм	Кількість шарів	Діаметр дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість зварювання, м/год	Витрати газу, л/м
0,6-1,0	0,5-0,8	1	0,5-0,8	50-60	15	20-35	6-7
1,2-2,0	0,8-1,0	1-2	0,8-1,0	70-100	18-20	18-25	10-12
3,0-5,0	1,6-2,0	1-2	1,6-2,0	180-200	26-28	20-25	14-16
6,0-8,0	1,8-2,2	1-2	2,0	280-380	28-35	18-24	15-18
8,0-12	1,8-2,2	2-3	2,5	280-450	27-35	16-30	15-20

струкції, операційні технологічні карти та особистий виробничий досвід. До основних параметрів режиму дугового зварювання в захисних газах належать діаметр електродного дроту та його марка, сила зварювального струму, напруга дуги,

швидкість подачі електродного дроту, швидкість зварювання, висіт електрода, склад захисного газу і його витрати, нахил електрода вздовж осі шва, рід струму, а для постійного струму -- його полярності.

4.4. ТЕХНІКА ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ

При зварюванні в захисних газах відстань між мундштукom та поверхнею металу має становити 8-10 мм. Якість зварювання залежить від правильного вибору сили зварювального струму, напруги та швидкості подачі дроту.

Перед початком зварювання необхідно включити газ і почекати декілька секунд, щоб зі шлангів повністю вийшло повітря. Потім обдуть місце зварювання захисним газом. Підприємці процесу зварювання заварюють кратер, виключають подачу дроту і зварювальний струм, затримують на одну-дві секунди палик над кратером, щоб захистити метал зварювальної ванки від окиснення, а потім забирають тримач від місця зварювання. Закінчувати процес зварювання розтягуванням дуги не рекомендується.

Стикові з'єднання в нижньому положенні зварюють з нахилом електрода від 5 до 20° кутом вперед або кутом назад. Кутові з'єднання, розташовані не «в товщину», зварюють з таким самим нахилом електрода в напрямі зварювання і з нахилом його поперек шва від кутom 40-50° до горизонтальної площини. При цьому електрод спрямовують у кут або змішують на 1 мм у горизонтальній площині.

Тонкий метал у нижньому положенні зварюють при рівномірному поступовому переміщенні електрода (без поперечних коливань). При зварюванні в нижньому положенні стикові з'єднання великої товщини з V-подібною розробкою кромки перший шар (корінь) шва виконують зворотно-поступальними рухами електрода. Середні шари багатошарового шва виконують при переміщенні електрода по витягнутій спіралі, а верхні шари -- змійкою. Крок переміщен-

ня й амплітуда поперечних коливань електрода визначаються залежно від ширини розчищення кромки. Переміщення електрода може виконуватися так, як показано на рис. 107.

З'єднання різного типу в усіх просторових положеннях можна зварювати у вуглекислomu газі дротом діаметром 0,5-1,2 мм. Досвідчені зварники зварюють вертикальні й горизонтальні шви великих перерізів дротом діаметром до 1,6 мм.

Зварювання в усіх просторових положеннях, крім нижнього, виконують за зниженої напруги

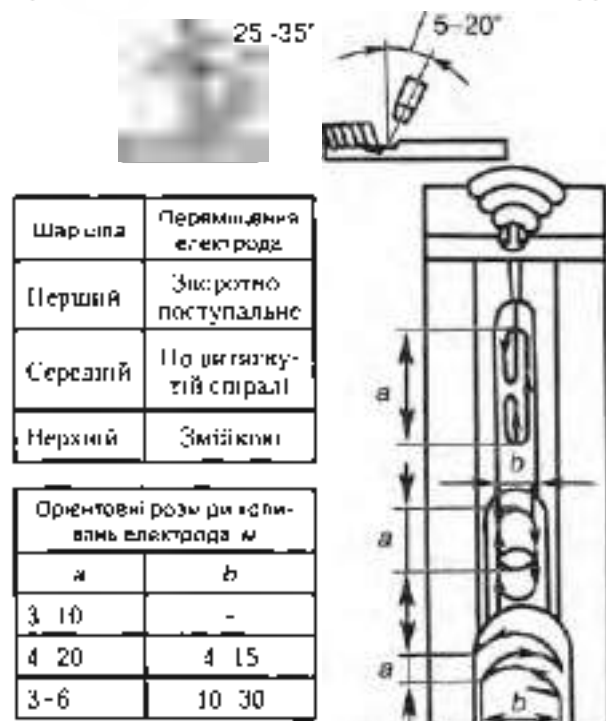


Рис. 107. Положення і прийоми переміщення електрода при зварюванні в захисних газах

(17–19 В). І тільки досвідчені зварники при зварюванні вертикальних швів підвищують напругу дуги до 20–22 В.

Напівавтоматичне зварювання тонколистового металу у вертикальному положенні, а також пергікальні кутові шви з катетом до 5–6 мм виконують зверху вниз.

На початку процесу зварювання електрод розташовують перпендикулярно до зварних кромок, щоб забезпечити хороший привар початку шва. Після утворення зварювальної ванни електрод нахилиють нижче горизонталі під кутом 10–15°. При цьому тиск дуги запобігає стіканню рідкого металу зварювальної ванни.

4.5. ЗВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВИМ І САМОЗАХИСНИМ ДРОТАМИ

Зварювання порошковим дротом можна виконувати у вуглекислому газі, під флюсом, а також відкритою дугою без додаткового захисту зварювальної ванни. Зварювання відкритою дугою застосовують тоді, коли неможливо використати механізовані способи зварювання під флюсом або у вуглекислому газі.

Зварювання порошковим дротом проводять на постійному струмі зворотної полярності.

Джерела живлення повинні мати жорсткі характеристики.

При зварюванні порошковим дротом у поєднанні з додатковим захистом вуглекислим газом можна добре розкиснити метал зварювальної ванки, за допомогою шлаку знизити вміст у шві газопор. Шов матиме високі пластичні властивості при плюсових і мінусових температурах (на морозі).

Порошковим дротом можна зварювати шви стикових, кутових, таврових, напусткових з'єднань як з розробкою, так і без розробки кромок.

Поверхні, що зварюються, мають бути зачищені від бруду, масла, іржі.

Приймати виконуються як осіними електродами, так і порошковим дротом.

Параметри режиму зварювання порошковим дротом такі самі, як і при зварюванні у вуглекислому газі (табл. 44). Діаметр дроту і силу зварювального струму встановлюють залежно від товщини металу, що зварюється, необхідної кількості шарів шва та положення шва в просторі. Швидкість подачі дроту залежить від сили зварювального струму, напруги дуги, діаметра і марки порошкового дроту. Виліт електрода перебуває в прямій залежності від діаметра дроту.

Зі збільшенням діаметра дроту від 1,4 до 3 мм збільшується виліт електрода від 7–10 мм до 20–25 мм. Вплив режимів зварювання на геометричні розміри і форми шва такі самі, як і при зварюванні у вуглекислому газі.

Техніка напівавтоматичного зварювання порошковим дротом аналогічна техніці напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі та мало відрізняється від техніки ручного дугового зварювання.

Зварювання ведеться короткою дугою, тому що з рази збільшення її довжини збільшується розбризкування рідкого металу, погіршується його захист від кисню й азоту повітря, зростає вигорання елементів, які містяться в дроті, що

Табл. 44. Режими зварювання низьковуглецевих сталей відкритою дугою порошковим дротом ПП-АНІ

Положення шва в просторі	Діаметр порошкового дроту, мм	Напруга дуги, В	Сила зварювального струму, А	Швидкість зварювання, м/хв	Виліт електрода, мм
Нижче	2,5	22–25	250–270	12–14	10–20
	3,0	23–25	300–330	12–16	15–20
Горизонтальне	1,8	20–23	220–250	14–20	10–15
	2,0	22–25	240–270	16–20	12–18
	2,5	23–26	270–320	16–22	15–20
Вертикальне					
зверху вниз	1,6	19–21	180–200	–	10–15
знизу вверх	1,6	20–21	160–180	–	10–15
знизу вгору	2,0	20–22	140–170	–	10–15

призводить до утворення пор в наплавленому металі.

Якщо дуга дуже коротка, то падає напруга, що призводить до поганого формування шва, появи шлакових вкравлень.

Якщо вилет електрода зменшується, мундштук дуже забризкується, до мундштука приварюється дріг і у шві утворюються дефекти. Зі збільшенням вильоту електрода сердечник дроту перегрівається, це призводить до передчасного вигорання газоподібних складових і утворення пористості шва.

Необхідно стежити, щоб шлак не затікав наперед дроту, тобто дріг має переміщуватися по краю зварювальної ванни.

Коливальні рухи електрода залежать від товщини металу й ведуться по витягнутій спіралі або «змійкою». Допускається нахил уперед або назад до 15–20°. При зварюванні кутових швів електрод нахилиється під кутом 30–40° до вертикалі.

Зварювання дротом суцільного перерізу без додаткового захисту розроблено для виконання монтажних робіт, у заводських умовах, коли зварювання у вуглекислому газі застосовувати неможливо.

При зварюванні відкритою дугою звичайним дротом відбувається вигорання легуючих елементів і насичення металів газами.

При використанні самозахисного дроту вигорання компенсується підвищеним вмістом легуючих елементів у дроті.

До легуючих елементів належать алюміній, титан, церій, цирконій, селен, лантан. Вони мають більшу спорідненість до кисню, ніж елементи, які вигорають.

Легючі елементи зв'язують кисень і азот у стійкі неметалеві вкравлення, які мало впливають на зниження пластичності і в'язкості металу.

Для підвищення стабільності процесу зварювання до дроту додають церій. Залишки його у шві (свідки) підвищують пластичність і в'язкість металу.

При зварюванні відкритою дугою легованим дротом суцільного перерізу можна зварювати метал, покритий окатиною, невеликим нальотом іржі, а також із слідами масла.

Підготовка кромки металу, складання, техніка зварювання, продуктивність аналогічні зварюванню у вуглекислому газі. Зварювання виконують на постійному струмі прямої і зворотної полярності. Режими зварювання самозахисним дротом наведено в табл. 45.



Недоліком застосування цього способу зварювання є те, що зовнішній вигляд шва гірший. Шов покритий товстою плівкою оксидів, які щільно зчеплені з його поверхнею.

Табл. 45. Режими механізованого зварювання самозахисним дротом суцільного перерізу Св-15ГСТЮЦА

Товщина металу, мм	Діаметр дроту, мм	Положення лави в просторі	Сила зварювального струму, А	Напруга дуги, Н
≥ 2	1.0	У всіх положеннях	150–170	23–25
≥ 4	1.2	У всіх положеннях	170–190	23–25
≥ 4	1.6	Нижнє, вертикальне, горизонтальне	180–220	23–25
≥ 6	2.0	Нижнє	260–300	27–29

46. ЗВАРЮВАННЯ ВОЛЬФРАМОВИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Ручне дугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом у захисних газах використовується для з'єднання деталей з легированих і високолегированих сталей, кольорових металів і сплавів, а також для виконання кореневих і підварочних швів до застосування інших способів зварювання. Таке зварювання може виконуватися без присадки і з присаджувальним дротом, який додатково подається зварником у зону плавлення при постійно існуючій дузі змінного чи постійного струму.

Ручне дугове зварювання вольфрамовим електродом тонкостінних деталей з кольорових

металів може виконуватися і в імпульсно-дуговому режимі, коли одночасно існують дві дузи: одна – основна імпульсна потужного струму, інша – постійно існуюча малопотужна або чергуєва дуга (як правило, живиться від самостійного джерела живлення).

При зварюванні на **прямій полярності** на виробі виділяється до 70 % теплоти дуги, що гарантує більш глибоке проплавлення основного металу. На **прямій полярності** забезпечується краща стабільність дуги, незначні витрати вольфрамового електрода та можливість зварювання на високому

струм. На постійному струмі прямої полярності зварюють легировані сталі, титан, мідь та їх сплави.

При **зворотній полярності** на електроді одно- до виділяється більша кількість теплової енергії, що призводить до його перегрівання і навіть оплавлення, погіршується стійкість горіння дуги, підвищуються втрати вольфраму. Тому зварювання на зворотній полярності вольфрамовим електродом не застосовують. Разом з тим дуга зворотної полярності має позитивні властивості:

- добре очищає поверхню металу, що зварюється, від оксидів і забруднень;
- позитивні шкідливі іони аргону, що утворюються під дією електричного поля, рухаючись від електрода (‘) до виробу (‘), руйнують оксидну плівку й забруднення. Це явище називається **катодним розчищенням**.

Змінний струм використовують для зварювання алюмінію та алюмінієвих сплавів, магнію, берилію, а також мідних сплавів з високим вмістом алюмінію. При цьому уможливується виділення оксидної плівки, яка активно утворюється на поверхні цих металів і має температуру плавлення, значно вищу від температури плавлення металу. Явище катодного розлилення спостерігається тоді, коли виріб стає катодом. Через змну полярності вольфрамовий електрод не перегрівается, використовується струм значної сили. Тому цей струм є ефективним для зварювання легкоплавких металів.

Розміри та форма зварних швів, що виконуються ручним зварюванням неплавким електродом, залежать від основних параметрів режиму так само, як і при ручному зварюванні плавким електродом.

Перед зварюванням кінець вольфрамового електрода загострюють під кутом 30–60° на довжину двох-трьох діаметрів. Форма загострення залежить від товщини деталі й впливає на форму та розміри швів. Зі зменшенням кута загострення й діаметра притуплення глибина проплавлення в певних межах зростає.

Як захисні гази при зварюванні неплавким електродом використовують аргон (для алюмінію, титану, мідних сплавів), азот або суміш азоту з гелієм та аргіном (для міді).

Надійність захисту металу визначається діаметром сопла пальника (табл. 46).

Табл. 46. Рекомендовані розміри вихідного сопла, мм

Діаметр вольфрамового електрода	Діаметр вихідного сопла пальника
2–3	10–12
4	12–16
5	14–18
6	16–22

Режим ручного дугового зварювання неплавким електродом у середовищі інертних газів вибирають, урахувавши товщину зварюваного металу й діаметр вольфрамового електрода (ГОСТ 23949-80) (табл. 47).

Для зварювання на змінному струмі застосовують електродні дроти з чистого вольфраму, на постійному – з вольфраму з домішками оксидів лантану, ітрію або торію.

Сила зварювального струму регулюється спеціальним пристроєм джерела живлення. Вимірюється амперметром, послідовно зв'язаним у коло із зварювальною дугою. Постійний струм вимірюють найчастіше приладами магнітоелектричної системи, змінний – амперметрами електромагнітної системи.

Розширення меж вимірювань амперметром досягається застосуванням шунтів опорів у колах постійного струму, які з'єднуються паралельно з амперметром. У колах змінного струму з цєю метою використовуються трансформатори струму.

Напруга на дугі відповідає довжині дуги, яку зварний матримус в межах $(1,0 \div 1,1)d_e$, де d_e – діаметр електродного стрижня. Вимірюють напругу дуги вольтметрами, увімкненими паралельно у зварювальне коло.

У разі застосування механізованих та автоматизованих способів зварювання неплавким електродом в інертному газі діаметр присаджувального дроту вибирають за потужністю дуги або діаметром вольфрамового електрода: $d_{пр} = (0,5 \div 0,7)d_e$. При зварюванні з присадкою її хімічний склад має відповідати складу зварюваного металу.

Табл. 47. Залежність зварювального струму від діаметра вольфрамового електрода

Діаметр електро- да, мм	Змінний струм при зварюванні, А		Постійний струм при зварюванні, А	
	в аргоні	у гелі	в аргоні	у гелі
1	10–25	10–40	20–65	10–50
2	40–80	30–60	65–200	50–150
3	90–150	60–120	200–300	150–200
4	150–220	100–180	300–400	200–300
5	220–300	150–200	350–400	300–350
6	300–400	200–300	300–480	300–400

47. ЗВАРЮВАННЯ ВУГІЛЬНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Вугільні електроди успішно використовують для зварювання тонколистового металу, зварювання дефектів лиття, зварювання кольорових металів і наплавлювання твердих сплавів.

Процес зварювання вугільними електродами має такі особливості:

- температури плавлення і кипіння вугільних електродів досить високі настільки близькі ($T_{\text{пл}} = 3800^\circ\text{C}$, $T_{\text{кип}} = 4200^\circ\text{C}$), що практично процес плавлення спостерігати неможливо, бачимо тільки повільне випаровування;

- зварювання вугільними електродами можна проводити тільки на прямій полярності (мінус на електроді). При зворотній полярності спостерігається недостатньо сильне горіння дуги, незадовільне формування шва, відбувається наугледжування наплавленого металу, електрод дуже розігрівається на великій довжині, що призводить до його випаровування;

- коефіцієнт корисної дії дуги при зварюванні вугільним електродом значно нижчий, ніж при зварюванні мегалевим плавким електродом;

- дуга в процесі зварювання реагує на різні зовнішні впливи, потоки газів, вітру і т. д., а також піддається впливові магнітного дуття.

Зварювання вугільним електродом тонколистового металу здійснюють: без присаджувального матеріалу (рис. 108); з подачею присаджувального матеріалу в дугу; з попереднім укладанням присаджувального матеріалу.

При зварюванні з подачею присаджувального матеріалу в дугу (рис. 109) зварник у лівій руці тримає присаджувальний прутки, а в правій тримає вугільний електрод. Дугу направляють на кінець присаджувального матеріалу, швом попереджують кропалі при зварюванні

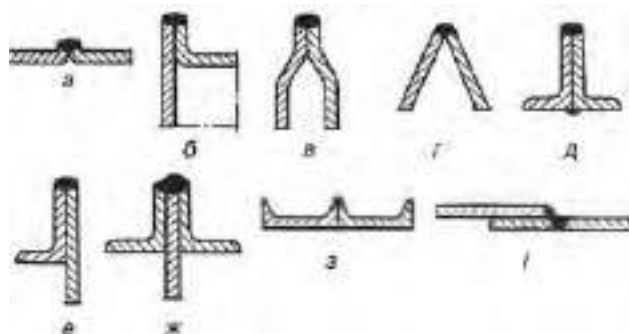


Рис. 108. Зварювання без присаджувального матеріалу.

а — стикове з'єднання листів 1–2 мм завтовшки з відбортуванням кромок, б — присадження з тацтованого дна і дна обичайні, в — з'єднання кожухів циліндрів, г — кутове з'єднання, д, е, ж — різні види з'єднань трубних двох і трьох листів, з — з'єднання внапуск.

тонких листів. Такий спосіб дає також хороші результати при заварюванні дефектів лиття і при зварюванні кольорових металів.

При лівому способі (рис. 110, а) присаджувальний прутки розташовують між електродом і основним металом, подум'я дуги спрямовано на основний метал. При правому способі (рис. 110, б) присаджувальний прутки розташовують між наплавленим валиком і вугільним електродом, подум'я дуги спрямовано на розплавлений метал. При правому способі нагрівання більш концентроване, ніж при лівому. Що дає змогу проводити зварювання на великих швидкостях. Але при правому способі частішими є пропали.

На практиці частіше застосовують лівий спосіб, а правий здебільшого використовують при зварюванні металу великої товщини.

При зварюванні з укладанням присаджувального матеріалу (рис. 111) утворюється підсилений шов унаслідок спалення кромок зварних листів і присаджувального прутка.

Силу зварювального струму вибирають залежно від товщини металу й виду зварного з'єднання діаметр електрода залежно від товщини зварних листів з таким розрахунком, щоб електрод не розігрівався на всій довжині до світло-чорного кипіння, яке спричиняє його швидке випаровування, розтікання та втрати.

Зварювання з попереднім укладанням прутків або стрічок застосовують при виконанні стикових і кутових швів і з листів великої товщини.



Рис. 109. Зварювання з подачею присаджувального матеріалу в дугу

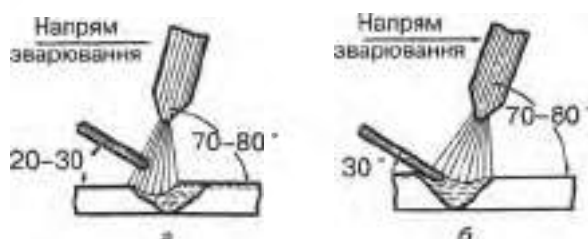


Рис. 110. Схема лівого (а) і правого (б) способів зварювання з подачею присаджувального матеріалу

Збільшення густини струму можна досягти при використанні графітових електродів, які більш тонкі та крутіші в роботі. Механічні властивості шарних з'єднань практично знаходяться на рівні властивостей основного металу.

Режими зварювання вугільними й графітовими електродними наведено в табл. 48, 49

Табл. 48. Режими зварювання вугільними електродами

Вид з'єднання	Товщина металу, мм	Сила струму, А	Діаметр електрода, мм	Швидкість зварювання м/год
Односторонній стиковий шов	2	200	10	20
	3	300	12	20
Односторонній кутовий шов	2	150	10	20
	3	250	10	15
З відбортовкою кромки	1	130	10	30
	2	200	10	40

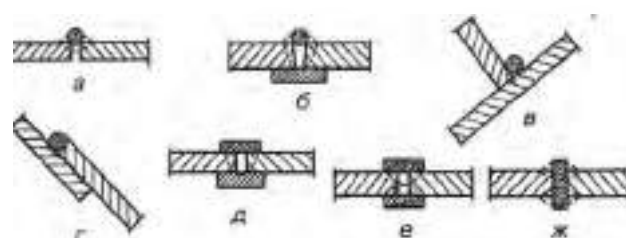


Рис. 111. Зварні з'єднання з укладанням присаджувального матеріалу

а, б, д, е, ж — стикові, в — кутове; г — виступ

Табл. 49. Режими зварювання графітовими електродами

Товщина металу, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Швидкість зварювання м/год
1,5	5	90-100	45
2	6	125-135	40
2,5	6-8	100-250	35
3	6-8	250-275	33

4.6. ЗВАРЮВАЛЬНІ ФЛЮСИ

Зварювальні флюси — це матеріали, призначені для захисту зварювальної ванни від навколишнього середовища та легування металу шва при напівавтоматичному й автоматичному зварюванні під флюсом, а також при електрошлакових процесах.

Флюси для дугового зварювання мають забезпечувати: захист зони зварювання від повітря; стійкість торіння дуги; якість формування металу шва; щільність шва; стійкість проти утворення тріщин; відокремлювання шлаку після застигання; розкиснення металу шва; легування металу шва, зменшення витрат електродного металу на використання й розбризкування.

За способом виготовлення флюси поділяють на плавлені та неплавлені.

Плавлений флюс одержують сплавленням його компонентів з наступним дробленням на зерна необхідних розмірів. За будовою зерен плавлені флюси поділяються на скло- й немзоподібні. **Скляноподібні флюси** — це прозорі зерна різних відтінків. Одержують їх впливанням рідкого флюсу при температурі 1200 °С у бак з проточною водою. **Немзоподібні флюси** — це зерна кристаличного матеріалу різних відтінків. Одержують їх впливанням рідкого флюсу, нагрітого до температури 1600 °С, у воду. При цьому пара води створює розплавлену масу, утворюючи немзоподібний флюс. Розмір зерен — від 0,2 до 4 мм.

Краще формування шва спостерігається при використанні немзоподібних флюсів, а кращий захист зварювальної ванни забезпечує скло-

подібний флюс. Перевагою плавлених флюсів є надійний захист зварювальної ванни, якість формування шва, легке відокремлення шлаку, низька вартість. Зберігають флюси в сухих приміщеннях у паперових мішках.

Неплавлений флюс одержують механічним змішуванням тонкоподрібнених мінералів, феросплавів, силікатів, зв'язаних рідким склом без сплавлявання.

Ширше використання мають неплавлені керамічні флюси. Їх одержують змішуванням компонентів з рідким склом з наступним протиранням через сита або ж з використанням спеціальних грануляторів. Після подрібнення флюс просушують при температурі 150-200 °С і прилякують при температурі 350 °С.

Перевагою керамічних флюсів є можливість легування металу шва через флюс, низька чутливість до ржі, окислини. Керамічні флюси дуже гігроскопічні, тому зберігають їх у герметичних упаковках і жорсткій тарі.

За хімічним складом флюси поділяють на окисні, солеві й солесолідні. **Окисні флюси** складаються з оксидів металів з домішками фторидних сполук, їх використовують для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей. **Солеві**

флюси складаються з фторидних і хлоридних солей металів і використовуються для зварювання активних металів. *Солеоксидні флюси* складаються з фторидів і оксидів металів і використовуються для зварювання листових сталей.

За призначенням флюси поділяють на групи для дугового зварювання вуглецевих і низьколегированих сталей; для дугового зварювання середньо- і високолегованих сталей, для електрошлакового зварювання; для зварювання кольорових металів і сплавів, для наплавлення.

Сфера застосування флюсів досить широка.

Для зварювання вуглецевих і низьколегированих сталей: АН-348А, АН-348АМ, АН-348В, ОСЦ-45 АН-60, ФЦ-6, АПК-35, АН-3711, АН-20С та ін.

Для зварювання середньо- і високолегованих сталей: АН-201Е, АН-20С, АН-26, АВ-4, АН-5, ОФ-6, ОФ-10, ФЦ-17, ФЦК-С, ФЦЛ-1 та ін.

Для електрошлакового зварювання: АП-8, АН-22, АНФ-1, АНФ-6, АНФ-7, АНФ-14У, АН-25, С-1.

Для зварювання кольорових металів і сплавів:

• для механізованого зварювання міді та її сплавів: АН-348 А, ОСЦ-45, АН-20С, АН-26С, АН-М1, АП-М10, АН-М13, АН-М15;

• для механізованого зварювання під флюсом алюмінію та його сплавів: ЖА-64, ЖА-64А;

• для електришлакового зварювання алюмінію та його сплавів: АН-301, АН-302, АН-304,

• для дугового зварювання під флюсом титану та його сплавів: АНТ-1, АНТ-3, АНТ-7, АНТ-23А,

• для електрошлакового зварювання титану та його сплавів: АНТ-2, АНТ-4, АНТ-6;

для наплавлення: АН-70, АН-28, АН-2011 та ін.

Індекс після назви марки флюсу означають М — дрібний, С — склоподібний, П — пензоподібний.

4.9. ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ

Зварювання під флюсом є найпоширенішим видом механізованого дугового зварювання металів.

Основні переваги зварювання під шаром флюсу: висока продуктивність (у 6–12 разів) завдяки застосуванню високих струмів, збільшенню глибини проплавлення а також майже повній відсутності утрат металу на вигар і розбризкування (до 1–3 %), механізація процесу зварювання, висока якість зварних швів завдяки захисту флюсом зварювальної ванни від повітря; поліпшення умов праці зварників.

Зварювання під флюсом має такі *недоліки*: можливість зварювання лише в нижньому положенні (нахил до 15°); трудність зварювання в монтажних умовах на коротких з'єднаннях; трудність контролю процесу зварювання — горіння дуги й формування шва закриті флюсом; флюсовий пил і пари флюсу небезпечні для здоров'я зварників; для зварювання необхідне складне обладнання; потрібне точне збирання кромок під зварювання й використання спеціальних прийомів зварювання для запобігання витіканню рідкого металу і флюсу та виникненню дефектів шва.

Особливістю процесу автоматичного й напівавтоматичного зварювання під флюсом є те, що зварна дуга горить не на відкритому повітрі, а під шаром силучого зернистого флюсу (рис. 112).

Під дією тепла дуги 9 розплавляється основний метал 8, електродний дрот 1 і частина флюсу 5, який безпосередньо прилягає до зони зварювання. Електродний дрот подається вниз у зону зварювання зі швидкістю її плавлення, плавиться і переходить у шов у вигляді окремих крапель. Одночасно з цим дрот переміщується вздовж звар-

них кромок, унаслідок чого й відбувається зварювання. У зоні горіння дуги утворюється порожнина 2, обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу 3. Ця порожнина заповнена паром металу, флюсу чи газами, їх тиск підтримує флюсове склепіння, що утворюється над зварювальною ванною, і надійно захищає розплавлений метал від шкідливої дії кисню та азоту повітря, а також запобігає розбризкуванню металу.

У порожнині створюється високий тиск газів, які піднімають частину рідкого металу 4 в протилежний до напрямку зварювання бік. Після висхідання рідкого металу утворюється зварний шов 7, покритий шлаковою кіркою 6.

Флюс захищає дугу та зварювальну ванну від шкідливої дії навколишнього середовища, впливає на метал зварювальної ванни і, крім того, перешкоджає розбризкуванню рідкого металу. Роз-

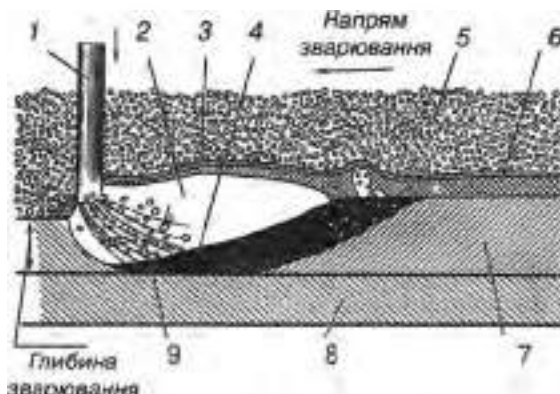


Рис. 112. Схема горіння зварної дуги під флюсом: 1 — електродний дрот; 2 — порожнина; 3 — рідкий шлак; 4 — рідкий метал; 5 — флюс; 6 — шлакова кірка; 7 — зварний шов; 8 — основний метал; 9 — дуга

плавлений флюс, маючи низьку теплопровідність, уповільнює процес охолодження шва. Завдяки цьому полегшується підняття шлакових включень з розчинених газів на поверхню ванни, сприяючи очищенню металу шва від забруднення.

Нерозплавлений флюс відсмоктується пневматичним присосом із шва та використовується при наступному зварюванні. Розплавлена та затверділа шлакова зірка легко відокремлюється від металу шва.

До режимів автоматичного й напівавтоматичного зварювання під флюсом належать: сила зварювального струму; діаметр електродного дроту; напруга дуги, род струму і полярність; швидкість зварювання; швидкість подачі електродного дроту; виліт електроди; нахил електрода вздовж і поперек шва; нахил виробу; марка флюсу та його granulacja; розробка кромки; розмір зазору; попередній підігрів перед зварюванням; термічна обробка після зварювання.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ

Залежно від ступеня механізації окремих операцій дугове зварювання під флюсом може бути автоматичним і механізованим. Обладнання, яке використовується при автоматичному зварюванні, називається *зварювальним автоматом*, а при механізованому (напівавтоматичному) – *зварювальним напівавтоматом*.

Напівавтомат складається з джерела живлення, графі керування, касети з електродним дро-

том, механізму подачі дроту, гнучкого шланга, який закінчується тримачем. **Тримач для зварювання під флюсом** (рис. 113) – це трубчастий муфтагук з ручкою і спеціальною головкою для флюсу. Воронка вміщує 1,5 кг флюсу і забезпечена пластинчастою заслінкою.

У **зварювальних автоматах** механізм, який забезпечує підведення зварювального струму до електродного дроту, збуджує електричну дугу, подає дріт у зону її горіння і зупиняє процес зварювання, називається *зварювальною головкою*. Якщо зварювальна головка встановлена нерухомо, а зварювальний виріб обертається чи пересувається, то така головка називається *підвіскою* (рис. 114). Якщо ж у конструкції головки є механізм для її переміщення, то вона називається *самохідною*. Головка з механізмом переміщення може пересуватися по спеціальній колії або безпосередньо по зварному виробу.

Самохідні зварювальні головки, які переміщуються по зварному виробу, називають *зварювальним трактором* (рис. 115).

До складу зварювальних автоматів входять: пальники (зварювальний інструмент); механізм подачі електродного матеріалу; механізми переміщення вздовж шва та регулювальних, допоміжних і коригувальних переміщень; пристрої для розміщення електродного матеріалу, флюсо- та апаратура, система керування; джерела живлення; засоби техніки безпеки.

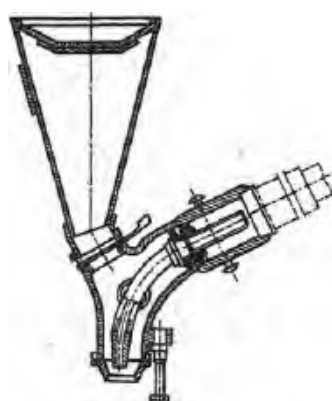


Рис. 113. Тримач для зварювання під флюсом

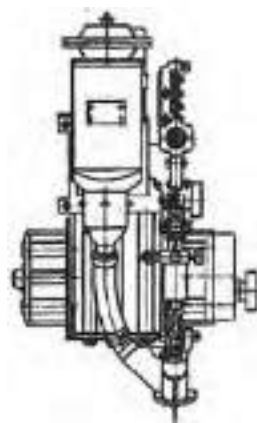


Рис. 114. Автоматична підвісна головка

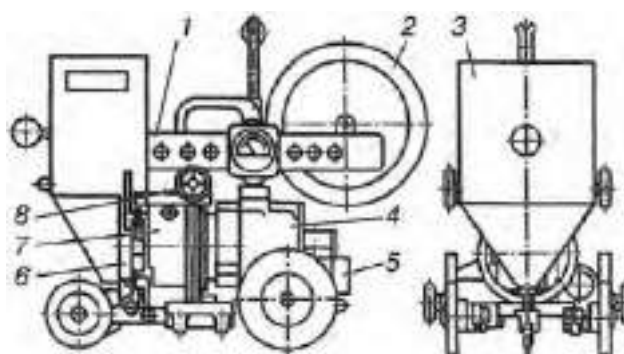


Рис. 115. Зварювальний трактор

1 – пульт керування, 2 – касета для електродного дроту; 3 – бункер для флюсу, 4 – електродвигун, 5 – ходовий механізм, 6 – муфтагук, 7 – зварювальна головка, 8 – коригувальний механізм

30. ТЕХНІКА ЗВАРЮВАННЯ ПІД ФЛЮСОМ

При ручному зварюванні можна в досить широких межах регулювати ширину шва і глибину провару, не змінюючи режим зварювання. Це досягається різними коливаннями й переміщеннями електрода в процесі зварювання. При на-

півавтоматичному зварюванні під флюсом така можливість регулювання форми шва обмежена, а при автоматичному зварюванні – дуже обмежена.

При автоматичному зварюванні під флюсом форма шва регулюється двома способами:

використанням коливального руху впоперек шва з різною амплітудою та частотою, що дає змогу в широких межах змінювати форму та розмір шва, і зварювання спаренням електродом, коли електроди розміщені впоперек напрямку зварювання. У разі їх послідовного розміщення глибина проплавлення, навіпки, зростає.

Одержання шва високої якості при однібічному зварюванні з хорошим формуванням зворотного валика — складне завдання, тому що проплавлення металу на всю товщину може призвести до його витікання із зварювальної ванни й утворення пропалу. При двобічному зварюванні глибина провару в кожному шві менша від товщини металу і розплавлений метал від витікання із зварювальної ванни утримується перозаливальною частиною кромки. Але при цьому необхідно кантувати виріб для зварювання другого шва, що не завжди можливо.

При автоматичному зварюванні стикових з'єднань «на вазі» важко отримати шов з проваром по всій довжині внаслідок витікання в зазор між кромками розплавленого металу з флюсу з утворенням пропалів. Щоб утримати зварювальну ванну, застосовують такі технологічні прийоми зварювання на флюсовій подушці: мідно-флюсова підкладка; тимчасових сталевих підкладок і таких, що залишаються: ручне підварювання кореня шва, зварювання «на вазі» при зазорі менше ніж 1 мм (рис. 116).

Зварювання однібічних швів можна виконувати за попереднім ручним або автоматичним підварюванням. Однібічне зварювання на сталевій підкладці, що залишається, застосовується, коли воно допускається за експлуатаційними умовами. Для одношарових швів товщина підкладки становить 30–40 % товщини металу, для багатшарових — дорівнюватиме товщині першого шару. При використанні для зварювання змінних мідних підкладок якість шва залежить від надійності підтиснення до цих кромки. При зазорі понад 0,5 мм розплавлений метал може витікати з кута, що призводить до утворення дефектів у шві. Для поліпшення формування кореня шва у формувальну канавку, збільшену глибину, на мідну підкладку насилають флюс — так виконують зварювання на мідно-флюсовій підкладці, яке при щільному підтисненні флюсу забезпечує певне проварювання кромки і добре формування кореня шва при меншій точності складання кромки завтовшки 2 мм і більше. Флюс під стиком підтискається півтрам, яке подається в шланг, а при зварюванні кільцевих швів — спеціальною штучиною стрічкою. Зварювальні листи від перекосу при протіканні флюсу мають утримуватися спеціальними пригніскачами, магнітами на спеціальних магнітних стендах. Застосовують під

кладки з термостійких, синтетичних і керамічних стрічок одноразового користування.

В однібічних швах не завжди забезпечується добре формування кореня шва. Тому у відповідальних конструкціях використовують зварювання з обох боків. При цьому перші валики в коренях швів мають перекривати один одного на 2–5 мм. Щоб запобігти протіканню розплавленого металу в зазор між кромками, кращі результати отримують при попередньому підварюванні, яке часто застосовується як прихватувальний шов при складанні. Після кантування виробу при першому основному проході підварний шов треба повністю переварювати.

Залежно від площі поперечного перерізу та положення зварювання кутові шви можуть зварюватися із скосом і без скосу кромки, одно- й багатшаровими швами. Зварювання можна виконувати в положенні «у човника» або похилим електродом (рис. 117).

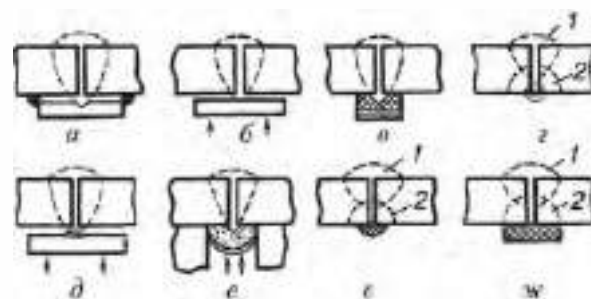


Рис. 116. Схеми утримування зварювальної ванни і шлаку та формування зворотного валика при зварюванні під флюсом:

а — підкладка, що залишається; б — тимчасова підкладка; в — гнучка стрічка; г — ручне підварювання; д — мідно-флюсова підкладка; е — флюсова подушка; ж — запалювання зазору щільнішим матеріалом; з — азбестова підкладка; а, б, в, г, д, е — однібічні шви; ж, з — двобічні шви; 1 — перший шов; 2 — другий шов

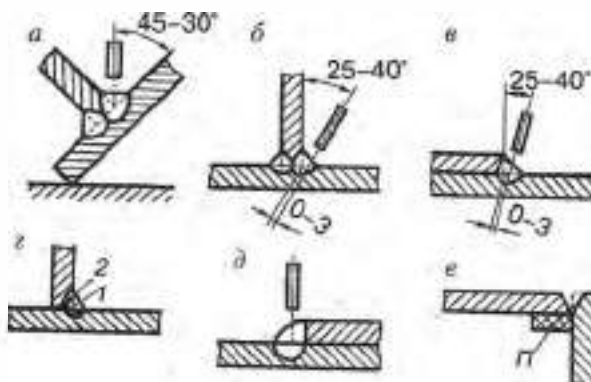


Рис. 117. Схеми зварювання кутових швів

а, б — зварювання вертикальним електродом таврового з'єднання «у човник» і «на вазі»; в, г — зварювання похилим електродом таврового з'єднання й унапуск; д — похилість (1, 2) зварювання багатшарових швів; е — установлення підкладки Л в кутовому з'єднанні

При зварюванні «у човник» одержують односторонній шов. Але зварювання «у човник» ведеться практично «ка назі», тому що застосування мідних підкладок і флюсових подушок обмежується. Тож зазор між деталями не повинен перевищувати 1,5 мм. При зварюванні похилим електродом зазор може бути збільшений до 3 мм. При таких зазорах виконується ручне або механізоване підварювання шва. При положенні «у човник» техніка зварювання не відрізняється від техніки зварювання стикових швів з розчищенням кромки; за один прохід можна зварити шов з катетом до 14 мм. При зварюван-

ні похилим електродом утворення підрізу обмежує можливість одержання шва з катетом понад 6 мм. Для забезпечення провару при різній товщині зварювальних елементів зварювання може виконуватися в несиметричний «човник» або несиметрично нахиленим електродом. Для попередження підрізу при зварюванні нахиленим електродом його змішують. У з'єднаннях унапруг за товщини верхнього листа до 8 мм зварювання можна вести вертикальним електродом з оплавленням верхньої кромки. Кутами з'єднання також зварюють вертикальним електродом з мідною підкладкою.

51. ПЛАЗМОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

● **Плазмове зварювання — це вид зварювання, особливістю якого є висока температура стовпа дуги (10 000–30 000 °C) унаслідок стиснення його струменем газу (аргоном, гелієм, воднем і їх сумішами).**

Унаслідок стиснення і великої густини струму матеріал переходить у четвертий агрегатний стан, який називають плазмою. Плазма являє собою ополесні ядра й відірвані від них електрони. Розрізняють два види дугової плазми: плазма, виділена із стовпа дуги і плазма, яка збігається зі стовпом дуги. Відповідно існує два види зварювальних пальників-плазмотронів. У плазмотронах з плазмою, виділеною із стовпа дуги (рис. 118, а), дуга горить між неплавким вольфрамовим електродом, який є катодом, і охолоджуванню водою соплом. У цьому випадку плазмона дуга є незалежною від виробу, тому що виріб не під'єднано до зварювального кола. У плазмотронах з плазмою, яка збігається зі стовпом дуги (рис. 118, б), дуга горить між вольфрамовим електродом (катод) і виробом, що під'єднаний до позитивного полюса джерела струму.

Робочим інструментом для плазмового зварювання є пальник (плазмотрон) із змінним вольфрамовим електродом, що охолоджується водою, і плазмоутворювальною насадкою. Тиск дуги і теплова енергія, яка вводиться у виріб, залежать від діаметра насадки, кута загострення електрода й установа електрода відносно плазмоутворювальної насадки. Діаметр насадки залежить від сили зварювального струму, напруги на дузі, витрат і складу плазмоутворювального та захисного газів (табл. 50).

Електрод перед зварюванням загострюють на конус під кутом 28–30°. Довжина конуса має становити 5–6 діаметрів електрода. Конус пригуплюють до діаметра 0,2–0,5 мм. Електрод устатковують так, щоб його вісь збігалася з віссю плазмоутворювальної насадки. Для зварювання використовують плазмоутворювальні гази (аргон і його суміші з воднем і гелієм) та захисні гази (суміш аргону з 5–8 % водню при зварюванні легованих сталей, міді, нікелю і вуглекислий газ — при зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей).

Кромки деталей перед зварюванням зачищають шпиками шп брудю, масла тощо на ширину

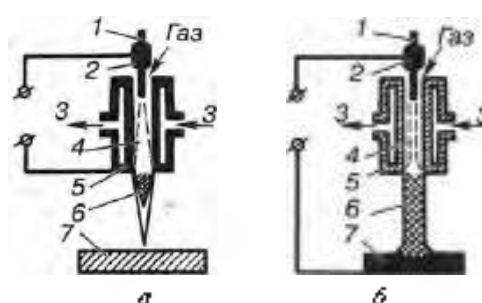


Рис. 118. Плазмове зварювання:

а — зварювання плазмою, виділеною з стовпа дуги; б — плазма, яка збігається зі стовпом дуги; 1 — вольфрамовий електрод; 2 — струмоопдаційний мунштук; 3 — охолоджувальна вода; 4 — стовп дуги; 5 — мідне сопло; 6 — плазмовий струмінь (дуга); 7 — основний метал

Табл. 50. Залежність діаметрів насадки і вольфрамового електрода від сили зварювального струму

Сила струму, А	100	140	170	220	250	300	Сила струму, А	120	200	250	300
Діаметр насадки, мм	2	2,5	2,8	3	3,2	3,5	Діаметр електрода, мм	3	4	5	6

30 мм і знежирюють розчином. Стики складають без зазорів (максимальний зазор не повинен перевищувати 1,5 мм). Прихватки виконують покритими електродами, аргонодуговим або ручним плазмовим зварюванням. Підсилення прихваток видаляють механічним способом.

Плазмове зварювання виконують на постійному струмі прямої полярності. Перед запалюванням дуги в зону зварювання протягом 5–20 с подають захисний газ. Відстань від плазмотрона до виробу не повинна перевищувати 10 мм. У разі обриву дуги кратер шва і прилеглу зону (не менше ніж 15 мм) обдувають захисним газом. Збуджують дугу на відстані 10–15 мм від кратера на раніше звареній ділянці шва. У процесі зварювання не допускається перегрівання металу. При нагріванні металу вище за 100 °С на відстані 20–25 мм від шва необхідно зробити перерву або охолодити стик стисненням повітрям, не припиняючи зварювання. Після обриву дуги подачу газу продовжують протягом 10–15 с.

За технікою плазмового зварювання поділяють на зварювання плавленням і зварювання з наскрізним проплавленням.

Для створення шва необхідної форми плазмове зварювання виконують з присаджувальним

металом діаметром не менше ніж 1,5 мм. Під час зварювання пальника і дроту надають коливальних рухів з амплітудою 2–4 мм. При цьому кінець присадки має завжди бути в зоні захисного газу. Не можна різко подавати кінець присадки у зварювальну ванну. Кратер зварюють введенням краплі розплавленого металу з одночасним відведенням плазмотрона до природного обриву дуги або із викликання системою керування.

Плазмове зварювання використовують для стикових з'єднань завтовшки до 10–15 мм без розчищення кромки. Якщо товщина є більшою, необхідно виконати V- або U-подібний скіс кромки з кутом розкриття 30° і притупленням 7–10 мм.

Плазмовою дугою можна зварювати з'єднання завтовшки 0,1 мм і менше. У цьому випадку вже при силі струму 1 А утворюється плазмова дуга, яка має голчасту форму. Плазмотрони для зварювання тонких матеріалів розраховані на струм не більше ніж 7 А.



Дугову плазму використовують для зварювання, різання і наплавлення металів. Зварювання може бути ручне, напівавтоматичне й автоматичне.

3.2. ЗВАРЮВАННЯ СТАЛЕЙ

Зварюваність — це придатність металів для виготовлення зварних конструкцій.

Зварюваність залежить від властивостей металу, кристалічної ґратки, наявності шкідливих елементів тощо. Зварюваність вважається кращою, коли використовується проста технологія, широкі межі режимів зварювання, у швах відсутні тріщини, пори, неметалеві включення та інші дефекти.

Особливими показниками зварюваності є: відповідність металу заданим вимогам, окиснюваність металу; стійкість проти утворення пор, гарячих і холодних тріщин, біляшовних тріщин; чутливість до теплового впливу зварювання; корозієстійкість; міцність, стійкість проти спрацювання, витривалість; розмір внутрішніх напружень і деформацій; якість формування зварного шва.



Спосіб зварювання, зварювальні матеріали і техніку зварювання вибирають залежно від основних показників зварюваності для кожного матеріалу.

Так, не зварюється мідь зі свинцем, утруднене зварювання титану з вуглецевими сталями і міддю заліза із свинцем тощо.

ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАНOSTI СТАЛЕЙ

Зварюваність сталей залежить від їх хімічного складу. Найбільший вплив мають вуглець і шкідливі домішки (сірка і фосфор), зі збільшенням вмісту яких зварюваність погіршується. Для зварювання виробів в осередку використовують конструкційні низьковуглецеві, низько- й середньолеговані сталі. Рідше зварюють високовуглецеві сталі.

Основними групами сталей, які виникають при зварюванні сталей, є такі: схильність до утворення гартованих структур (у сталях із вмістом вуглецю понад 0,22 %), схильність до утворення гарячих (вміст сірки) і холодних (вміст фосфору) тріщин; забезпечення достатньої міцності з'єднання.

На зварюваність сталі впливають режими зварювання, хімічний склад електродів, температура навколишнього середовища, товщина сталі, закріплення елементів конструкцій, техніка виконання зварювання тощо.

Ураховуючи труднощі зварювання, сталі за зварюваністю поділяють на 4 групи (табл. 51):

добре зварювані сталі — низьковуглецеві й низьколеговані сталі, які не гартуються і зварю-

ються без обмежень, незалежно від товщини металу, конфігурації швів і жорсткості конструкції в широкому інтервалі режимів зварювання. У низьколегованих сталях з вмістом вуглецю понад 0,16 %, товщині понад 25 мм і жорсткій конструкції необхідним є попередній підігрів до 100–150 °С;

задовільно зварювані сталі — вуглецеві сталі з вмістом вуглецю від 0,22 до 0,3 % і низьколеговані сталі з вмістом вуглецю від 0,14 до 0,22 %. Такі сталі зварюються при температурі нахолодження середовища не нижче ніж 5 °С і товщині металу не більше ніж 20 мм. Вироби з металу більшої товщини і при жорсткій конструкції потребують попереднього підігріву до температури 100–150 °С. Задовільно зварювані сталі мало схильні до утворення холодних тріщин при правильному виборі режимів зварювання;

обмежено зварювані сталі — вуглецеві сталі з вмістом вуглецю від 0,3 до 0,4 % і низьколе-

говані, середньовуглецеві з вмістом вуглецю від 0,22 до 0,3 %. Такі сталі схильні до утворення гартованих структур і зварюються з попереднім або супровідним підігрівом при температурі 150–350 °С, який знижує швидкість охолодження металу шва й утворює відносно м'яку мікроструктуру. При зварюванні виробів складної конфігурації та великої жорсткості необхідним є загальний підігрів до температури 200–450 °С. Після зварювання обов'язково проводять високій відпуск при температурі 650 °С, а для відповідальних виробів рекомендують термообробку;

погано зварювані сталі — середньолеговані (від 3 до 6 % легуючих елементів) середньо- й високовуглецеві сталі з вмістом вуглецю понад 0,22 %. Такі сталі загартовуються при зварюванні, тому виконують попередній і супровідний підігрів до температури 200–500 °С з наступною термообробкою за режимами для цієї марки сталі.

Табл. 51. Класифікація основних марок сталі за зварюваністю

Група зварюваності	Еквівалентний вміст вуглецю	Марки сталі		
		вуглецеві	леговані	високолеговані
I Добра	До 0,25	ВСт1; ВСт2; ВСт3; ВСт4, Сталі 08; 10; 15; 20; 25	15Г; 20Г; 15Х; 15ХА, 20Х; 15ХМ; 20ХГСА; 10ХСНД, 10ХГСНД; 15ХСНД	08Х20Н14С2; 20Х23Р18, 08Х18Р10; 12Х18Н9Т; 15Х5
II Задовільна	0,26–0,35	ВСт5, Сталі 30; 35	12ХН2; 2ХН3А; 20ХН3А; 20ХН, 20ХГСА; 30Х; 30ХМ; 25ХГСА	30Х13; 12Х17; 25Х13Н2
III Обмежена	0,36–0,45	ВСт6; Сталі 40; 45	35Г; 40Г; 45Г; 40Г2; 35Х, 40Х, 45Х; 40ХМФА; 40ХН; 30ХГС; 30ХГСА, 35ХМ, 20Х2Н4МА	17Х18Н9; 12Х18Н9, 36Х18Н25С2, 40Х9С2
IV Погана	Більше 0,46	Сталі 50, 55, 60, 65, 70; 75; 80; 85	50Г; 50Г2; 50Х; 50ХН, 45ХН3МФА; ХГС; 6ХС, 7ХЗ	40Х10С2М; 40Х12, 95Х18, 40Х14Н14В2М; 40Х10С2М

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ЗВАРЮВАНІСТЬ СТАЛЕЙ

Вуглець (У) — при вмісті до 0,25 % зварюваність не погіршує. Зі збільшенням вмісту зварюваність сталей погіршується, бо в зонах термічного впливу утворюються гартовані структури, які призводять до тріщин. Підвищений вміст вуглецю в присадковальному матеріалі спричиняє пористість шва.

Марганець (Г) — міститься в межах 0,3–0,8 % і зварюваність не погіршує. При вмісті від 1,8 до 2,5 % і більше виникає небезпека появи тріщин, тому що марганець сприяє загартованості сталі.

Кремній (С) — у межах від 0,02 до 0,35 % труднощі при зварюванні не викликає. Зі збільшенням вмісту від 0,8 до 1,5 % зварювання утруднюється через високу рідкотекучість і утворення тугоплавких оксидів кремнію.

Ванадій (Ф) — сприяє загартованості сталі, що утруднює зварювання. При зварюванні ванадій активно окиснюється й вигорає.

Вольфрам (В) — підвищує твердість сталі й утруднює процес зварювання через сильне окиснення.

Нікель (Н) — підвищує пластичність і міцність, зварюваність не погіршує.

Молибден (М) — при зварюванні сприяє утворенню тріщин, активно окиснюється й вигорає.

Хром (Х) — утруднює зварювання, тому що утворює тугоплавкі карбіди хрому.

Титан (Т) і ніобій (Б) — при зварюванні з'єднуються з вуглецем і зупиняють утворення карбіду хрому, покращуючи тим зварюваність.

Мідь (Д) — покращує зварюваність, підвищує міцність, пластичність і корозійостійкість сталі.

Кисень — погіршує зварюваність сталі, знижує міцність і пластичність.

Азот (А) — утворює хімічне з'єднання із залізом — нітриди, які підвищують міцність, твердість і значно знижують пластичність сталі.

Водень — шкідлива домішка. Накопичується у шві і спричиняє появу гир і дрібних тріщин.

Фосфор (P) — шкідлива домішка. Підвищує твердість і крихкість сталі, спричиняє холодноламкість (холодні тріщини).

Сірка — шкідлива домішка. Сприяє утворенню гарячих тріщин. Зварюваність з підвищенням вмісту сірки різко погіршується.

ЗВАРЮВАННЯ ТЕРМОЗМІЩЕНИХ СТАЛЕЙ І СТАЛЕЙ ІЗ ЗАХИСНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Для виготовлення різноманітних конструкцій широко використовуються термозміщені сталі, а також сталі із захисним покриттям. Сталі підвищеної міцності дають можливість зменшити товщину виробів. Зварювальні матеріали підбирають, ураховуючи забезпечення однакової міцності металу шва й основного металу. Режими й техніка зварювання термозміщених сталей такі самі, як і для звичайної вуглецевої сталі такого ж хімічного складу. Основною труднощию при зварюванні є зменшення міцності ділянки пришовної зони, що піддається нагріванню до 400–700 °С (проходить самовідпуск). Тому для термозміщених сталей рекомендуються малопотужні режими зварювання та інші способи з мінімальним відведенням тепла в основний метал.

При зварюванні сталей із захисним покриттям можливе потрапляння його у зварювальну ванку, що призведе до утворення пор і тріщин. Тому із зварювальних кромок покриття необхідно видаляти. При зварюванні оцинкованої сталі частинки цинку залишаються на кромках і, щоб попередити появу дефектів, зазор збільшують в 1,5 раза, швидкість зварювання зменшують на 10–20 %, електрод переміщують уздовж шва з поперемінними коливальними рухами. Крайні результати одержують при використанні електродів з рутильовим покриттям, які забезпечують мінімальний вміст кремнію в металі шва. Зварювання виконують за наявності сильної місцевої вентиляції. Після закінчення зварювання необхідно відновити захисний шар покриття на поверхні шва і пришовної зони.

ЗВАРЮВАННЯ ДВОШАРОВИХ СТАЛЕЙ

Двошарві сталі найчастіше складаються з низьковуглецевої сталі, яка покрита шаром корозійостійкої сталі. Зварювання таких сталей має свої особливості. Як антикорозійний шар використовують аустенітні сталі марок 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М3Т та ін. Електроди мають бути за хімічним складом однорідні з металом плакового шару. Наприклад, для сталі 08Х17Н16М3Т використовують електроди з покриттям марки НЖ-16 і др. марки Св-06Х19Н10М3Т. Для зварювання аустенітними електродами засто-

совують постійний струм зворотної полярності. Найчастіше шов виконується спочатку з боку вуглецевої сталі, а потім наплавлений метал з боку плакованого шару захищається і зварюється вже плакований шар. Дугове зварювання двошарових сталей за технікою виконання швів аналогічне зварюванню одношарового металу.

ЗВАРЮВАННЯ РІЗНОРІДНИХ СТАЛЕЙ

Для економії дорогих високолегованих сталей використовують комбіновані конструкції, які виготовляють з декількох різних сталей. Зварювання високолегованих сталей з низько- або середньолегованими й вуглецевими не завжди забезпечує достатню міцність з'єднання та його властивості. При зварюванні різнорідних сталей, що відрізняються між собою хімічним складом і властивостями, у шві можуть з'явитися тріщини, а в зоні сплавлення часто змінюється структура з утворенням шарів, які істотно відрізняються від структури зварюваних сталей. Ще однією особливістю є різний коефіцієнт лінійного розширення металів. Для вирішення цієї проблеми використовують зварювальні матеріали, які сприяють одержанню аустенітного металу шва з високим вмістом нікелю. Нікель має здатність забезпечувати стабільну зону сплавлення металів. Вміст нікелю в металі шва залежить від температури експлуатації виробу.

Для економії нікелю зварні з'єднання різнорідних сталей поділяють на 4 групи залежно від температур, при яких працюють ці вироби: перша група — не більше ніж 350 °С; друга — 350–450 °С; третя — 450–550 °С; четверта — понад 550 °С. Першу групу різнорідних сталей зварюють існуючими електродами (крім електродів типу ЭА-1). Для зварювання різнорідних сталей другої, третьої та четвертої груп використовують електроди марок АНЖР-1, АНЖР-2 і АНЖР-3. Технологія зварювання різнорідних сталей така сама, як і при зварюванні інших сталей.

При *аргоннодуговому* зварюванні сталей *мартенситного класу Х15Н5/2Т або аустенітно-ферритного класу Х21Н5Т з міддю або хромистою бронзою БрХ05* за товщини 1–2 мм вольфрамовий електрод необхідно змішувати в бік міді на діаметр електрода. Це пов'язано з високою теплопровідністю міді та потребою одержання металу шва з високим вмістом міді для зниження схильності до тріщин.

При *зварюванні сталей Х15Н5/2Т і Х21Н10Т з ванадієм* джерело нагрівання зміщують у бік більш тугоплавкого металу — ванадію з метою підвищення в металі шва вмісту ванадію до 40 %. При *зварюванні сталей титану ОТ4 з ванадієм або сплавом ніобію ВН-2А* джерело нагрівання зміщують у

бік більш тугоплавких металів, щоб вміст у металі шва ванадію і ніобію становив не менше ніж 40 %.

Одним із перспективних напрямів зварювання різнорідних металів є *зварювання у твердому стані*, тобто розплавлення одного з металів, який має нижчу температуру плавлення. Хімічні зв'язки в такому з'єднанні утворюються в процесі змочування рідким металом поверхні твердого металу і з наступною дифузєю. Цей спосіб можливий при зварюванні металів з великою різницею температур плавлення.

Широко використовується *зварювання металів з розплавленням більш легкоплавкого металу і з нанесенням покриття на поверхню більш тугоплавкого металу*. Зварювання алюмінію і сплавів на його основі зі сталями Ст3 і 12Х19Н10Т 4–6 мм завтовшки з розплавленням алюмінію може здійснюватися з попереднім нанесенням гальванічним шляхом на поверхню сталі шару цинку 40–60 мкм завтовшки з наступним алітуванням (насищенням алюмінію).

При зварюванні *ніобієвого сплаву з корозійно стійкими сталями* на поверхню ніобію наносять шар ванадію 2–3 мкм завтовшки з наступним розплавленням сталі.

Часто використовують *зварювання різнорідних металів через проміжні вставки*, які добре зварюються із з'єднувальною ларою металів або через біметалеві вставки із з'єднуваних металів, одержаних під тиском.

При зварюванні сталі з титаном використовують проміжні вставки з ванадію. Спочатку при зварюванні сталі з ванадієм дугу зміцнюють у бік сталі, а при зварюванні титану з ванадієм – у бік ванадію.

При з'єднанні сталі з титаном використовують проміжні вставки з міді з боку сталі та з ніобію з боку титану і наступним зварюванням міді з ніобієм. Біметалеві вставки вказаних сплавів і сталей із стабільними властивостями одержують зварюванням вибухом.

5.3. ЗВАРЮВАННЯ РІЗНОРІДНИХ І ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ

● **Різнорідні метали – це метали і сплави на їх основі, що відрізняються за хімічним складом і структурою. Їх поділяють на дві групи: різнорідні метали з різною основою і різнорідні метали з однією основою.**

З'єднання різнорідних металів визначається фізико-хімічними властивостями з'єднуваних металів і технологією зварювання. Найхарактернішими властивостями, які визначають зварюваність різнорідних металів, є межа взаємної розчинності, різниця температур плавлення, співвідношення коефіцієнтів теплового розширення, взаємодія з газами і шлаками.

Процес утворення з'єднань поділяють на три стадії: зближення поверхонь на відстань, яка забезпечує утворення фізичного контакту; утаплення міцних хімічних зв'язків між атомами з'єднуваних металів; розвиток дифузійних процесів у зоні зварного шва.

Умовою утворення необмеженої взаємної розчинності металів є неперевищення різниці їх атомних діаметрів більше ніж на 15 %. Взаємодія між різними елементами здебільшого характеризується низькою взаємною розчинністю й утворенням складних інтерметалевих з'єднань. Додатковою труднощі зварювання різнорідних металів є їх висока хімічна активність у нагрітому й розплавленому стані з киснем, азотом, воднем, вуглецем, які утворюють хімічні з'єднання, що знижують механічні властивості зварних з'єднань.

Існує декілька способів зварювання різнорідних металів:

1) *зварювання з розплавленням з'єднуваних поверхонь* – метали зварюють між собою з розплавленням з'єднуваних поверхонь, а концентрація елементів має бути суворо регламентована. Задану концентрацію в металі шва одержують зміщенням джерела теплоти в бік одного з металів або розплавляючи відбортівану кромку одного з металів;

2) *зварювання з розплавленням більш легкоплавкого із з'єднуваних металів* – розплавляють один із з'єднуваних металів, який має нижчу температуру плавлення. Хімічні зв'язки утворюються під час змочування рідким металом поверхні твердого металу і з наступною дифузєю. Такий спосіб зварювання застосовують для з'єднання металів з великою різницею температур плавлення.

3) *зварювання металів із розплавленням більш легкоплавкого металу з нанесенням покриття на поверхню більш тугоплавкого металу* – зварювання різнорідних металів з розплавленням одного з них можливе за умови строгого дотримання параметрів режиму, які визначають час контакту між твердим і рідким металами. Нанесення покриття

на поверхні твердого металу збільшує допустимий час контакту й розширює діапазон режимів. Покрыття мають складатися з елементів, які не утворюють хімічних з'єднань з елементами зварюваних металів, і сприяти гальмуванню дифузійних процесів на межі контакту з'єднуваних металів або підвищувати розчинність елементів, які впливають на утворення хімічних з'єднань. Наприклад, при зварюванні алюмінію із сталлю гальванічним способом на поверхню сталі наносять шар цинку (40–60 мкм) з наступним алітуванням (нанесенням алюмінію);

4) *зварювання різномірних металів через проміжні вставки* застосовують для зварювання окремих металів при взаємодії яких утворюються крихкі хімічні з'єднання та евтектики. Тому їх зварюють за допомогою проміжних вставок із металу, який добре зварюється з обома металами, або через біметалеві вставки із з'єднуваних металів, шаржаних тиском;

5) *зварювання різномірних сплавів покритими електродами* порівняно проста технологія зварювання різномірних сплавів. Для зварювання сталей із сплавами на нікелевій основі використовують електроди марки ЦТ-28 (ширина заливки – до 2,5 діаметра електрода);

Електроди марки ЦТ-32 застосовують для зварювання вуглецевої сталі з нікелем, корозійно-стійких сталей з нікелем та інших різномірних сплавів. При зварюванні електрод тримають майже вертикально, дугу обривають, повільно відводячи її на наплавлений метал. Зварювання виконують нитковими валиками. Допускаються поперечні коливання з амплітудою до 2 мм.

Для зварювання міді із сталлю використовують електроди марки АНЦ-ОЗМ-2. «Комсомолец-100». Мідь попередньо підігрівують до 150–350 °C і вище залежно від її товщини.

Електродами марки ВН-ІМ-1 зварюють різномірні сталі та сплави. Метал шва – типу Х19М14Н3С2В.

Тугоплавкі метали – це метали, які плавляться при дуже високій температурі.

Нижньою межею температури плавлення тугоплавких металів уважають температуру плавлення хрому (1875 °C).

Тугоплавкі метали активно взаємодіють з більшістю газів.

При взаємодії з киснем спостерігається зниження пластичності, особливо молибдену й вольфраму. Через окиснення й випаровування оксидів тугоплавких металів для роботи при підвищених температурах їх поверхню необхідно захищати.

При взаємодії тугоплавких металів (крім ренію) з воднем спостерігається підвищення крихкості. Азот також негативно впливає на пластичність тугоплавких металів. Разом з тим нітриди тугоплавких металів сприяють їх зміцненню.

Під час зварювання в місцях дефектів, розташованих на поверхні кромок, утворюються замкнені порожнини, заловнені газами, парою води та продуктами їх розкладання. При розплавленні металу ці порожнини перетворюються в бульки, які потрапляють у зварювальну ванну й при кристалізації утворюють пори.

Високі температури плавлення й теплопровідність більшості тугоплавких металів сприяють підвищенню швидкості кристалізації та утворенню крупнозернистої структури. При цьому підвищується крихкість і виникають тріщини. Для запобігання виникненню тріщин використовують присаджувальні матеріали, які забезпечують високу пластичність металу шва, регулюють напрям тепловідведення під час кристалізації, а також застосовують заходи для обмеження залишкових напруг у металі шва.

Для з'єднання тугоплавких металів використовують дугове зварювання в середовищі інертних газів, електронно-променеве і лазерне зварювання.

Підготовку поверхні тугоплавких металів виконують переважно хімічним травленням або електрополіруванням. Особливу увагу приділяють підготовці поверхонь торців кромок, які перед зварюванням додатково знежирюють.

При електродуговому зварюванні тугоплавких металів захисним середовищем слугують аргон і гелій. Товщина зварюваних металів – від 0,2 мм і більше. Широко використовується зварювання вольфрамовим електродом без присаджувального металу. При товщині металу більше 3 мм застосовують *дугове зварювання плавким електродом*. Зварювання виконують змінним і постійним струмом прямої полярності.

На формування металу шва, структуру й механічні властивості зварних з'єднань тугоплавких металів істотно впливають умови тепловідведення та режими зварювання. Оптимальні значення параметрів режимів зварювання для різних сплавів тугоплавких металів визначаються хімічним складом сплаву, геометричними розмірами, умовами тепловідведення й способами зварювання.

Для підвищення механічних властивостей тугоплавких металів використовують легування елементами, які нейтралізують шкідливий вплив домішок. До таких елементів належать вуглець, цирконій, титан, реній та ін.

34. ЗВАРЮВАННЯ ЧАВУНІВ

● **Чавун** — це сплав заліза з вуглецем, уміст вуглецю в якому становить від 2, 14 до 6, 67 %. Практично застосовують чавуни з умістом вуглецю до 4 %.

Чавун належить до категорії важкозварюваних сплавів. Труднощі при зварюванні зумовлені його хімічним складом, структурою та механічними властивостями.

1. Чавуни деталі, які тривалий час працюють при високих температурах, майже не піддаються зварюванню через окиснення вуглецю й кремнію під впливом високих температур (300–400 °C і вище). При цьому чавун стає крихким і його на зварюють горішми.

2. Погано зварюються чавуни деталі, які тривалий час стикалися з маслом і газом. Поверхня такого чавуну насичується маслом і газом, які при зварюванні згоряють і утворюють гази, спричиняючи появу пор у шві.

3. Низька пластичність чавуни призводить до появи тріщин і напруг при зварюванні. Ці напруги можуть бути внутрішніми, що виникають при нерівномірному нагріванні й охолодженні, і зовнішніми, які виникають від перенавантаження при експлуатації виробу.

4. Унаслідок златності чавуну гартуватися при швидкому охолодженні він на загартованих ділянках стає твердим (800 НВ) і не піддається механічній обробці. Утворення гартованих структур супроводжується появою напруг і утворенням тріщин. Питома густина загартованої мікроструктури (*мартенситу*) значно менша від питомої густини заліза, і ця відмінність призводить до виникнення напруг і тріщин між зернами.

5. Здатність чавуну до збіділювання при швидкому охолодженні призводить до утворення збіділеного шару на металі шва й основному металі. Цей шар має низьку пластичність і під впливом розтягуючої сили, що утворюється при охолодженні, разом з наплавленим металом відколюється від основного металу або зумовлює появу тріщини.

6. Чавуни не набувають тістоподібного стану при переході з рідкого стану у твердий, що утруднює їх зварювання в різних просторових положеннях.

7. Швидкий перехід з рідкого стану у твердий і низька температура плавлення (1422 °C) спричиняють утворення пор. Тому гази (CO і CO_2) не встигають виділитися із металу.

Високоніздрі й ковки чавуни (дрібнозернисті) зварюються краще, ніж сірі. Дрібнозернисті сірі чавуни зварюються краще, ніж крупнозернисті. Погано зварюються чорні чавуни з крупнозернистою структурою темного кольору.

Відрізняють три способи зварювання чавуну:

- *холодне* — без попереднього підігріву;
- *гаряче* — з підігрівом до 600–700 °C;
- *напівгаряче* — з підігрівом до 300–400 °C.

Для *холодного зварювання чавуну* використовують сталеві електроди із звичайним покриттям (УОНН-33/43); сталеві електроди із спеціальним покриттям (ПЧ-4, ПЧ-5, СЧС-ГЗ) спеціальні електроди, які мають стрижні з мідно-нікелевих сплавів (МНЧ-1), залізонікелевих (ПЧ-3А), міді (із залізним порошком у покритті (ОЗЧ-1)), хромо-нікелевого сплаву з мідною оболонкою (АНЧ-1), чавуну з підвищеним умістом нікелю (виготовляні й зарубіжні Superflute Ni); звичайні покриті електроди з використанням шпильок, анкерів і сталевих плавок; дріт марки Св 10НС або Св-08Г2С при напівавтоматичному зварюванні, порошковий дріт ППЧ-1, ППЧ-2 і ППЧ-3, газове зварювання з використанням флюсу (бурі).

Гаряче зварювання чавуну виконують електродом ОМЧ-1, які складаються з чавунного стрижня марки Б і спеціального покриття товщиною 1,2–1,5 мм. Після закінчення зварювання поверхню металу шва засипають шаром дрібного порошку деревинного вугілля, а весь виріб з усіх боків закривають азбестовими листами й сухим піском, або ж він охолоджується разом з піччю.

Напівгарячим зварюванням чавуну насипають зварювання чавуни з нагріванням до 250–400 °C його використовують, коли необхідно виправити невеликий дефект складної деталі або дефект, розташований на масивній деталі в такому місці, де скорочення від нагрівання при зварюванні не дістає великого опору. За технікою виконання та використання матеріалу напівгаряче зварювання не відрізняється від гарячого.

Найкращі результати дає гаряче зварювання. При цьому зменшується швидкість охолодження металу, що забезпечує повну графітизацію металу шва й відсутність збіділювання в більшості швів та виключає можливість появи зварних напруг.

Спосіб холодного зварювання потребує менших затрат, але при накладанні валика на холодну поверхню чавуну внаслідок швидкого відведення тепла в більшості зон утворюються відбілені ділянки, а метал шва буде крихким.

Найбільш поширене зварювання чавуну паличким електродом, непаличким вугільним електродом, газове. Як присаджувальний метал використовують низькоуглецеву сталь, чавун і кольорові метали.

55. ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ТА ЇЇ СПЛАВІВ

ЗВАРЮВАННЯ МІДІ

Температура плавлення міді становить 1083 °С.

Зварювання виконують *покритими електродами* марки ЗТ, «Комсомолец 100» та ін. Стрижень цих електродів виготовляють з мідного дроту або з бронзи Бр.КМцЗ-1. Покриття електродів фтористо-кальцієве. Електроди призначені для зварювання в нижньому положенні постійним струмом зворотної полярності. За наявності в покритті поташу можливе використання змінного струму, але збільшиться ризик розтріскування металу. Зварювальний струм підбирають з розрахунку 50–60 А на 1 мм діаметра електрода. Якщо товщина деталей не перевищує 16 мм, необхідний підігрів до температури 300–400 °С, а при більшій товщині застосовують супровідний підігрів. Зварюють короткою дугою без коливальних рухів кінцем електрода. Після зварювання виконують проковування та швидке охолодження у воді.

У середовищі захисних газів *аргонодугове зварювання міді* виконують плавким електродом постійним струмом зворотної полярності короткою дугою, з використанням електродного матеріалу марок М1, Бр.КМцЗ-1, Бр.ОЦ4-3, Бр.Х08. Якщо товщина деталі більша ніж 6 мм, необхідний попередній підігрів до 300–400 °С, при товщині металу більше ніж 16 мм – крім того, і супровідний підігрів. *Азотнодугове зварювання* можливе завдяки тому, що азот щодо міді є інертним газом. Зварюють постійним струмом зворотної полярності від джерела живлення дуги з жорсткою зовнішньою характеристикою без попереднього підігріву.

Зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом у середовищі аргону виконують постійним струмом прямої полярності. Як присадкувальний матеріал застосовують дріт (прутки) з міді марок М1, М2, М3 або бронзи марок Бр.Х08 і Бр.КМцЗ-1. Для видалення оксидів використовують флюс (борний пудра та ін.), який наносять на кромки зварюваних деталей і в канавку під шов або на присадкувальний дріт.

Зварювання під флюсом виконують неплавкими (вугільними) і плавкими електродами (суцільними й порошковими дротами). Використовують плавкі флюси марок АП-20, АН-348А, ОСЦ-45 (постійним струмом зворотної полярності) або керамічний флюс ЖМ-1 (змінним струмом). Для зварювання використовують дріт марок М1, М2, М3, а в окремих випадках – дріт марки Бр.КМцЗ-1 діаметром 1,6–5 мм.

Застосовують також *газове зварювання*: присадками М-0, М-1, МСр-1, МНЖКТ-5-1-0,2-0,2, МНЖ 5-1 та бурою. Потужність полум'я – 150–

175 л/год на 1 мм товщини для деталей товщиною 3–4 мм і 175–225 л/год на 1 мм товщини для деталей товщиною 8–10 мм. М'яке нормальне полум'я. Присадку вибирають діаметром $d = (0,5 - 0,75) S$ (де S – товщина металу), але не більше ніж 8 мм. Кромки підігрівають одним або двома пальниками для компенсації відведення тепла в більшовну зону.

Ще один спосіб – *зварювання вугільним або графітовим електродом з присадками* М-0, М-1, МСр-1, МНЖ-5-1, МНЖКТ-5-1-0,2-0,2 та бурою.

ЗВАРЮВАННЯ ЛАТУНІ

Температура плавлення латуні становить 900–1050 °С.

Латуні – це сплави міді з цинком (2–55 %). Спеціальні латуні мають легуючі добавки (нікель, олово, свинець).

Зварювання *покритими електродами* має обмежене використання через сильне випаровування цинку порівняно з газовим зварюванням, дуговим у захисному газі або дуговим під флюсом. Для зварювання використовують електроди марки ЗТ, стрижень яких виготовляють із бронзи марки Бр.КМцЗ-1, а покриття містить 17,5 % марганцевої руди, 13 % плавленого шкату, 16 % срібного графіту, 32 % феросиліцію, 2,5 % алюмінію.

Зварювання виконують постійним струмом зворотної полярності без коливальних рухів кінцем електрода. Для зниження вигорання шліку зменшують довжину дуги. Щоб зменшити витікання металу, стік захищають із зворотного боку азбестовою літклашкою.

Зварювання графітовим електродом виконують із зануренням кінця електрода в розплавлений метал. Дуга при цьому не гаснуче, тому що між зануреним кінцем електрода й поверхнею розплавленого металу утворюється порожнина, заповнена парами цинку. Таке концентроване нагрівання і спосіб зварювання значно зменшують вигорання цинку. Для зварювання використовують такі самі флюси, як і для зварювання міді. Найбільше поширення має флюс БЛ-3 такого складу: 35 % кріоліту; 12,5 % хлористого натрію; 50 % хлористого калію; 2,5 % деревного вугілля. Присадкувальним металом є прутки з латуні марок ЛК62 0,5; ЛМц58 2; ЛМц40 4,5; ЛК80-3; ЛМцЖ55-3-1 або бронзи Бр.ОМцА8-0,7-0,7.

Зварювання вольфрамовим електродом виконують у середовищі аргону або гелію постійним струмом прямої полярності. Режим зварювання такі самі, як і при аргонодуговому зварюванні міді. Хімічний склад присадкуваль-

ного металу має відповідати складу основного. При товщині деталей більше ніж 10 мм, а також різних за товщиною деталей необхідний попередній підігрів.

Зварювання під флюсом виконують постійним струмом прямої полярності. При цьому використовують флюси марок ОСЦ-45, АП-348А і АН-20. Електродний дріт використовують з латуні марок ЛК80-3, ЛК60-0,5, із бронзи марок Бр.ОЦ-4-3, Бр.КМц3-1 або з міді марок М1, М2, М3 діаметром 1-3 мм. Режими підбирають, урахувавши товщину зварюваних деталей.

Газове зварювання виконують з потужністю полум'я 100-120 л/год ацетилену на 1 мм товщини металу. Флюси такі самі, як і для міді №1, 2, 3 (поронікові) і БМ-1, БМ-2 (газоподібні). Діаметр присадки визначають за формулою $d = S + 1$, але не більше ніж 8 мм. Пари цинку отруйні, тому зварювати треба в респіраторі. Ознакою нормального процесу є відсутність видимих парів цинку та наявність на зварювальній ванні захисної плівки сірого кольору.

ЗВАРЮВАННЯ БРОНЗИ

Температура плавлення олов'яних бронз становить 900-950 °С, безолов'яних – 950-1080 °С.

Бронзи – це сплави міді з алюмінієм, оловом, кремнієм та іншими елементами.

Зварювання покритими електродами виконують електродом «Комсомолец-100», обов'язково з попереднім підігрівом до 400-500 °С. Для зварювання алюмінієвих та алюмінієво-нікелевих бронз застосовують електроди АНМц, ЛКЗ АБ

з попереднім підігрівом до 150-300 °С. Зварювання виконують постійним струмом зворотної полярності короткими ділянками. Зварювання змінним струмом виконують з осциляторами при підвищеному струмі.

Зварювання вугільним електродом виконують із використанням легких бронзових стрижнів (95-96 % міді, 3-4 % кремнію, 0,25 % фосфору) діаметром 5-10 мм. Для зварювання олов'яних бронз вугільним електродом використовують прутки з хімічним складом: 8 % цинку, 3 % олова, 6 % свинцю, 0,2-0,3 % фосфору, залиш. нікелю, решта – мідь.

Флюси для зварювання олов'яних бронз виготовляють на борній основі – бура й борна кислота для зварювання алюмінієвих бронз – на основі хлористих і фтористих солей лужних і лужноземельних металів і кріоліту, які видаляють оксид алюмінію. Зварювання виконують постійним струмом прямої полярності. Зварювальний струм підбирають з розрахунку 25-35 А на 1 мм діаметра електрода, напругу дуги – 40-45 В. У більшості випадків необхідний попередній підігрів до температури 300-400 °С.

Газове зварювання виконують строго нормальним м'яким (з низьким тиском кисню) полум'ям з розрахунку 70-120 л/год ацетилену на 1 мм товщини деталі. Використовують ті самі флюси, що й для зварювання міді. Бажаний попередній підігрів до 500-600 °С для зняття напруг. Використовують присадкувальний дріт Бр.ОЦ-4-3 і Бр.ОФ 6,5-0,4 або прутки (смужки) з бронзи такої ж марки, як і зварюваний метал.

36. ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

● **Алюміній випускають таких марок: особливої чистоти – А995, А99, А97, А95; технічної чистоти – А85, А8, А7Е, А7, А6, А5Е. Цифри в позначеннях марок означають масову частку вмісту алюмінію, а основу (99 %) не вказують. Наприклад: алюміній А97 містить 99,97 % Al, решта – домішки Fe, Si, Cu, Zn, Ti; їх загальний вміст не перевищує 0,03 %.**

Розрізняють два види сплавів алюмінію: деформовані та литварні. **Деформовані сплави** коділяють на незміцнювані термічною обробкою (АМц1, АМц1) і зміцнювані термічною обробкою (Л1, Л16, АВ, АК, В-95). **Литварних сплавів** найчастіше використовують наступні сплави алюмінію з кремнієм, уміст якого становить від 4 до 13 % (Ал2, Ал4, Ал9).

Деформовані сплави зварюють переважно дуговими методами. Газозварювання використовують у разі відсутності такої можливості.

Литварні сплави добре піддаються газовому зварюванню і нарівні з аргонодуговим методом

широко використовуються при зварюванні деформованого лиття та при ремонті.

Основні труднощі зварювання алюмінію і його сплавів зумовлені їх особливими фізико-хімічними властивостями.

1. Сильна окиснюваність при високих температурах спричиняє утворення тугоплавкої (температура плавлення – 2050 °С) оксидної плівки Al_2O_3 , яка має більшу густину, ніж алюміній (3,85 г/см³). Оксидна плівка утруднює сплавлення, спричиняє неспарварі, підвищує крихкість металу і видаляють механічним і хімічними способами перед зварюванням, захищають

зону зварювання інертним газом, катодним розпилюванням, застосовують покриття електродів і флюси на основі солей лужних і лужноземельних металів (NaCl, NaF, KCl та ін.).

2. Схильність до утворення гарячих тріщин зумовлена великою ливарною усадкою металу й наявністю домішок. Для запобігання цьому зменшують уміст домішок у зварюваному металі, додають модифікатори (Zr, Ti, В) і регулюють режими зварювання.

3. Підвищена пористість металу шва, що пов'язана з насиченням розплавленого металу воднем. Для зменшення пористості деталі очищають кромки і дріт від вологості, використовують попередній підігрів, збільшують діаметр присаджуваного дроту.

4. Високий коефіцієнт лінійного розширення сприяє появі значних зварювальних деформацій, що потребує використання спеціальних затискних пристосувань і усунення деформацій після зварювання.

5. Велика рідкотекучість і низька міцність при температурах вище за 550 °С спричиняє необхідність застосування накладок.

6. Висока теплопровідність алюмінію потребує застосування потужних джерел тепла й підігріву.

7. Високий коефіцієнт в'язкості й швидке тепловідривлення утруднюють формування шва, що потребує розчищення кромки.

8. Низька температура плавлення алюмінію (960 °С) і відсутність зміни кольору при нагріванні задають вчасно поміняти хомікт пачагу плавлення. Для цього важливе значення мають навички та досвід зварника.

Деталі з алюмінію та його сплавів з'єднують зварюванням плавленням і зварюванням тиском.

Широко використовуються такі види зварювання: ручне або механізоване дугове зварювання несплавним електродом у захисному інертному газі, механізоване дугове зварювання плавким електродом у захисному газі, плазмове зварювання, автоматичне дугове зварювання плавким дротом по шару флюсу, стикове і точкове контактне зварювання, газове зварювання, дугове зварювання вугільним або графітовим електродом, алюмінієвим покритим електродом, електришлакне зварювання і зварювання електронним променем.

Ручне дугове зварювання алюмінію покритими електродом використовують при виготовленні виробів, товщина яких перевищує 3 мм. Перед зварюванням кромки деталей очищають щіткою і знежирюють ацетоном, бензином або іншим розчинником. Потім видаляють оксидну плівку алюмінію протравленням протягом 0,5–1 хв у спеціальному розчині (на 1 л води 50 г ідкого натрію, 45 г фтористого натрію), проми-

вають у теплій проточній воді (40 °С) і нейтралізують у 25–35 %-му водному розчині азотної або сірчаної кислоти (1–2 хв), знову промивають у проточній воді й сушать до повного видалення вологості (у сушильних шафах). Сплави з магнієм і кремнієм освітлюють у 25 %-му розчині ортофосфорної кислоти. Алюміній до 5 мм товщини зварюють без скосу кромки, а при більшій товщині розчищають кромки під кутом 60° з притупленням 1–2 мм. Деталі товщиною до 4 мм зварюють без підігріву, 5–6 мм — з підігрівом до 100 °С, 8–10 мм — з підігрівом до 160–200 °С, при більшій товщині — з підігрівом до 200–400 °С.

Для дугового зварювання алюмінію типу А0, А1, А2, А3 використовують електроди марки ОЗА-1 з алюмінієвим стрижнем марки Св-А3 і спеціальним покриттям: хлористі натрій, калій, літій, сірчазокислий калій і криоліт. Зварювання виконують у нижньому й вертикальному положеннях постійним струмом зворотної полярності короткою дугою без коливальних рухів з підігрівом до 250–400 °С. Електроди перед використанням обов'язково присущують при температурі 200 °С протягом 1 год. Після зварювання шлак видаляють промиванням гарячою водою із застосуванням сталевих щіток. Обріз дуги при завершенні плавлення електрода необхідно виконувати поступово, щоб заклавати кратер.

Для зварювання й наплавлення деталей із сплавів алюмінію типу АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 та ін. використовують електроди марки ОЗА-2. Наплавлений метал має підвищений уміст кремнію (до 5 %), тимчасовий опір розриву — 72 Н/мм², кут згину — 90°. Решта показників і технологічні особливості такі самі, як і в електродів ОЗА-1.

Одним із недоліків зварювання алюмінію покритими електродом є внутрішня пористість шва, але при зварюванні чистого алюмінію властивості зварного шва наближені до властивостей основного металу. При зварюванні термічно зміцнених сплавів алюмінію міцність з'єднання буде меншою, ніж міцність основного металу.

Зварювання алюмінію вугільним електродом виконують у нижньому положенні постійним струмом прямої полярності. Як присаджувальний використовують електродний дріт таких марок: технічного алюмінію (Св-А97, Св-А95Т, Св-А3), алюмінієво-марганцевий (Св-АМш), алюмінієво-магнієвий (Св-АМг3, Св-АМг4, Св-АМг5, Св-АМг6, Св-АМг6Г, Св-АМг6З, Св-1557), алюмінієво-кремнієвий (Св-АК5, Св-АК10), алюмінієво-мідний (Св-1201). Стандарт поперечний на тиснутий і пресований дріт діаметром від 0,8 до 12,5 мм. Дріт постачають в упаковці з терміном зберігання не більше 1 року з дати виготовлення. Зварювальний дріт повинен бути однорідний

з основним металом або з підвищенням умістом одного чи декількох елементів проти основного металу, ураховуючи зменшення їх умісту при зварюванні.

Вироби для зварювання підготовляють так само, як і для зварювання покритими електродами. Деталі завтовшки до 3 мм зварюють з відбортовкою кромки без присаджувального дроту. Зварювання товстих деталей потребує різнищення кромки під кутом 60–75° із застосуванням присаджувального дроту. Для видалення оксидної плівки використовують спеціальні флюси АФ-4а та ін., які наносяться помазком на кромки деталей безпосередньо перед зварюванням. Залишки флюсу дуже розідають алюміній тому їх видаляють з поверхні шва промиванням водою або механічним способом. Зварювання виконують без коливальних рухів при куті нахилу електрода 10–20° до вертикалі з підформуванням із зворотного боку шва.

Особливістю **плазмового зварювання алюмінію** є стабільність процесу, зменшення мити термічного впливу висока швидкість, можливість зварювання дуже тонких металів. Зварювання виконують змінним струмом, тому що постійний струм зворотної полярності потребує застосування спеціального пальника з примусовим охолодженням вольфрамового електрода. При мікроплазмовому зварюванні можна зварювати алюміній і його сплави завтовшки 0,2–0,15 мм при силі зварювального струму 10–100 А із використанням електродів (з додавкою лантану) діаметром 0,8–1,5 мм.

 **Плазмове зварювання потребує точною складання деталей і ведення пальника строго по зварюваному стику.**

Аргонодугове зварювання алюмінію вольфрамовим електродом забезпечує сприятливі умови для руйнування оксидних плівок і підвищення якості зварних з'єднань. Підвищити ефективність руйнування тугоплавкої оксидної плівки можна збільшенням силового впливу дуги на розплавлений метал, інтенсифікацією перемішування його на всьому об'єкті зварювальної ванни й активізацією процесів катодного очищення.

1. Механічне дроблення оксидної плівки здійснюють при зварюванні з імпульсною подачею дроту. При цьому відбувається періодичне заглиблення дуги в розплавлений метал, що викликає хвилюві переміщення рідкого металу й механічне дроблення оксидної плівки.

2. Збільшити глибину проникнення дуги в розплавлений метал можна за допомогою пульсаций зварювального струму або накладання на дугу додаткових короточасних імпульсів.

Унаслідок різних значень тиску дуги в періоди змінного струму глибину занурення її в рідкий метал можна збільшити, використовуючи для зварювання асиметричний змінний струм.

3. Для перемішування металу зварювальної ванни використовують зовнішній електромагнітний вплив на дугоний розряд. При цьому керуване магнітне поле спричиняє килеве, позадкове або поперечне відхилення дуги, що сприяє інтенсивному перемішуванню рідкого металу, механічному дробленню оксидної плівки в креневій частині ванни й знесенню її частин на поверхню, де вони руйнуються катодним розпилюванням.

4. Великий вплив на процеси утворення й руйнування оксидної плівки має форма імпульсів зварювального струму. Тому застосовують струм прямокутної форми з незалежно регульованими тривалістю й амплітудами імпульсів при прямій і зворотній полярності. При переході від синусоподібної форми струму до трапецеоподібної та прямокутної тривалість зростає і складу сили струму скорочується, завдяки чому збільшується час катодного очищення і створюються сприятливі умови для катодного руйнування оксидної плівки.

Прямокутна форма струму забезпечує різкі зміни силового впливу дуги і частотою, що дорівнює зміні полярності струму. При зміні полярності струму незруйновані частинки оксидної плівки переміщуються з нижньої частини зварювальної ванни у верхню, під безпосередній вплив дуги. Змінюючи параметри амплітудки і тимчасової асиметрії струму, одночасно впливають на глибину занурення дуги в розплавлений метал, інтенсивність його перемішування та ефективність катодного розпилювання.

Застосування асиметричного струму прямокутної форми сприяє виходу газів із зварювальної ванни та зменшенню пористості шва.

5. Для зварювання нових надлегких високоміцних алюмінієво-літєвих сплавів створені спеціальні технології, які дають змогу змінювати температурний баланс у зварювальній ванні шляхом додаткового теплового впливу підтриманням присаджувального дроту або по черговому подання в зону зварювання аргону й гелію.

Плазмово-дугове зварювання з використанням асиметричного змінного струму прямокутної форми широко застосовується в літакобудуванні, космічній техніці. Наскрізне проникнення плазмової дуги сприяє ефективному руйнуванню оксидної плівки на торцях кромки за всією товщиною зварюваного металу, забезпечуючи більш високу якість швів, ніж при звичайному аргонодуговому зварюванні.

Аргонодугове зварювання алюмінію неплавким електродом виконують змінним струмом з використанням осцилятора. При живленні дуги змінним струмом за рахунок катодного розпалення в напівперіоди, коли катодом є виріб, руйнується оксидна плівка.

Як присаджувальний метал використовують дріт такого хімічного складу, як і основний метал. Зварювання виконують у всіх просторових положеннях без колидальних рухів електрода. Дугу запалюють на допоміжній графітовій пластині, а потім переносять електрод на зварювані кромки. Для захисту дуги й електрода застосовують аргон першого і другого сорту. Довжина дуги не повинна перевищувати 1,5–2,5 мм, а тиск аргону встановлюється в межах 0,01–0,05 МПа. Подача аргону проводиться за 3–5 с до збудження дуги, а вимикання — через 5–7 с після обриву дуги (забезпечується електромагнітним клапаном).

При напівавтоматичному й автоматичному зварюванні неплавким електродом пальник розташовують вертикально, а присаджувальний метал подається в плавильну зону так, щоб кінець дроту впирався у край зварювальної ванни.

Ручне й автоматичне зварювання трифазною дугою вольфрамовими електродами дає змогу пропалювати без розчищення кромок за один прохід метал, товщина якого не перевищує 30 мм. При цьому зменшується пористість шва. Глибину провару регулюють зварювальним струмом і розташуванням електродів щодо осі шва: послідовне розташування електродів сприяє збільшенню глибини провару і зменшенню ширини шва а поперечке — зменшенню провару і збільшенню ширини шва.

При використанні присаджувального металу для зменшення забруднення металу шва беруть дріт більшого діаметра: 3–6 мм — при ручному зварюванні і 2–4 мм — при автоматичному. Джерелом живлення трифазної дуги є два стандартні однофазні трансформатори, з'єднані трикутником, або спеціальний трансформатор.

При *механізованому зварюванні алюмінію та його сплавів в аргоні плавкими електродами* використовують постійний струм зворотної полярності. На прямій полярності горіння дуги нестійке і не використовується ефект катодного розпалювання. Суть *катодного розпалювання* полягає в тому, що при зварюванні на зворотної полярності відбувається дроблення оксидної плівки Al_2O_3 з наступним розпаленням частинок оксиду на поверхні виробу. Оксидна плівка, яка покриває зварювальну ванку, руйнується під ударами важких позитивних іонів захисного газу аргону, що утворюються при горінні дуги. Утворений потік іонів здатний дробити оксидні плівки алюмінію і майже інші газів, які мають меншу атомну масу, не здатні дробити і розпалити оксиди.

Механічний і легіон віддалення оксидної плівки полягає в тому, що зварник занурює у зварювальну ванку сталевий пруток діаметром 3–4 мм і виймає його з оксидом, який прилипає до поверхні прутка. При струшуванні прутка оксид легко відокремлюється від прутка. При механізованому зварюванні для живлення дуги використовують джерела струму з жорсткою зовнішньою характеристикою. Збудження дуги виконується замиканням зварювального дроту на виріб. Робочий тиск аргону такий самий, як і при зварюванні неплавким електродом. Відстань між наконечником пальника і виробом встановлюють у межах 5–15 мм.

Автоматичне зварювання алюмінію плавким електродом напіввідкритою дугою виконують при певному дозуванні флюсу, який регулюється спеціальним дозатором, що переміщується перед зварювальною дугою. Зварюють постійним струмом зворотної полярності при швидкості електрода 50–60 мм з використанням флюсів АН-А1 та ін. Однобічне зварювання виконують по зазору від 1,0 до 2,0 мм на фланцевій подушці або на підкладках. Зварюють без підгріву та розчищення кромок при товщині алюмінію не більше ніж 20–25 мм.

Газове зварювання алюмінію та його сплавів виконують у певній послідовності (табл. 52).

Табл. 52. Послідовність операцій і техніка газового зварювання алюмінію та його сплавів

Стадія процесу	Операції і техніка зварювання	Примітки
Підготовка до зварювання	Почистити поверхні деталей металевою щіткою або, у разі відвіщення вищої якості, з'єднання, використати знежирення з протравлення. Залишки масла вилити пальником. Кромки зачистити на ширину 30–40 мм з кожного боку шва (напилком, шліфшліком).	Присадку і кромки приймають 10 кг у дуголюч розчині з 20–25 г такого натрію і 20–30 г нитристого натрію на 1 дм ³ води при 65 °С з наступним прожиганням у воді. Протравлення протягом 2 хв у 25%-му розчині ортофосфорної кислоти або в 5%-му розчині азотної кислоти. Потім промивають у гарячій і мильній воді та прожигують або сушать за температури 60 °С.

Стадія процесу	Операції і техніка зварювання	Примітки
Розчищення кромки (дефекту)	Розчистити місце дефекту пневмозубилом під V-подібний шов з кутим 90°. Зафіксувати кілії тріщини свердлом діаметром 6–8 мм. Розчищати стикові з'єднання деталей товщиною: до 5 мм – без скосу кромки, від 5 до 12 мм – з V-подібним скосом (кут 30–35° з кожної боки), більше 12 мм – з X-подібним скосом (кут 30–35°)	При малій товщині стінки – без скосу кромки. Наскрізні тріщини на нижній глибині, металокріпінні на 2–3 мм більше за глибину тріщини. Застосування таврових куткових і особливих з'єднань у напуск не рекомендується. Залири відстані між кромками – 0,5–6,0 мм, відстань між прихватками – від 20 до 300 мм залежно від товщини металу
Установлення деталей	Установити деталі в зону дії витяжної вентиляції з ротацією в нижньому положенні	Інші пристирпні положення не рекомендується
Вибір режиму зварювання	Нідрегулювати міяке (при тиску кисню 0,15–0,2 МПа) нормальне полум'я (1,0–1,1) Потужність полум'я – 75 л/год ацетилену на 1 мм товщини. Лівий спосіб при товщині металу до 5 мм і правий – при більшій товщині. Вибрати присаджувальний метал відповідної марки і діаметра. Для пізніх замінників урахувують значення коефіцієнта зварю	Надлишок ацетилену спричинює пористість шва, а кисню – утворення оксиду алюмінію. Можливе використання газів-замінників ацетилену: водню – для виробів завтовшки до 1,2 мм; пропану бутану – до 3 мм, але продуктивність знижується на 15–20 %
Підготовка флюсу	Для розведення флюсу використовують фарфоровий, скляний або емальований посуд. Розводять флюс у потрібній кількості з розрахунку зберігання його 4–5 год. Тривале зберігання в розведеному стані знижує його активність. Флюси гігроскопічні, тому їх зберігають у герметично закритих банках	Флюси містять легкоплавкі суміші хлористих з'єднань, лужних і лужноземельних елементів, до яких додають фтористі з'єднання. Фтористи з'єднання розчиняють оксид алюмінію. Хлористі солі діють відносною як гень. Флюси АФ-4А, АЕІ-А20І, ВАМН, КМ-1, № 1–7
Нанесення флюсу на кромки і прикладу	Тонким шаром флюс наносять на кромки або нагрітий зварювальний дріг на відстань, що дорівнює тривітній ширині шва	Флюс може бути у вигляді порошку чи пастки, виготовленої на воді або на спирті
Нагрівання поверхні деталей	Здійснити попередній загальний підігрів до температури 250 °С і відлякати з відступом – до температури 300–400 °С	Малогабаритні вироби нагрівають полум'ям пальника або електронагрівальними ікстроями, а крупногабаритні – у печі
Зварювання	Розкласти кромки деталей і полум'ям іскрами й виконати прихватки. При цьому флюс наносять тільки на присаджувальний матеріал. Зварювання виконують відновлювальною зоною полум'я, відстань від кінця дрота до кромки становить 3–5 мм. Заварюють залежно від товщини металу лівим або правим способом. Починають від середини ділянками завдовжки 60–70 мм по черзі по обидва боки або відступивши від краю на 50–100 мм з наступним зашарюванням залишеної ділянки у зворотному напрямі. Колісальних рухів при товщині металу до 3 мм не виконують, а при більшій товщині – різні колисальні рухи	Кут нахилу мушкету пальника до поверхні металу спочатку має бути 90°, а під час нагрівання хут устанавлюють, залежно від товщини металу до 5 мм – 40–60°, більше 5 мм – 60–80°. При присаджувальний прутки має розміщуватися під кутом 40–60°. Зварювання треба виконувати безперервно, відривати полум'я від вагки не можна
Закінчення зварювання	Накрити полум'я й місце дефекту іквестом або засипати піском для повільного охолодження. Промести прохолоджені, суміщаючи з відпалом при температурі 300–350 °С і витримувати протягом 2–5 год у печі для зняття залишкових напруг і покращення механічних властивостей. Почистити півя від осадку шліфують від залишків флюсів і шлаків 2%-м розчином азотної кислоти, котім промити гарячою водою та притиснути	Не можна залишати на протягах або в холодному місці. Процес не рекомендується використовувати для деталей, які знаються під впливом динамічних навантажень. Не можна на зварювання ділянок зварити разбу. Промивати не пізніше ніж через 1 год після зварювання

57. ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВ ТА ЇХ СПЛАВІВ

ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНУ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

Головною перевагою титану і його сплавів порівняно з іншими конструкційними матеріалами є те, що при малій густині ($4,5 \text{ г/см}^3$) вони мають границю міцності від 450 до 1500 МПа і велику корозійостійкість у багатьох середовищах.

Фізичні властивості й висока температура плавлення титану (1660°C) погіршують при зварюванні концентрованого джерела теплоти, але низький коефіцієнт теплопровідності й високий електричний опір створюють умови, за яких для зварювання титану треба менше електричної енергії. Титан практично немагнітний, тому при зварюванні зменшується магнітне дуття.

Головним недоліком титану є його здатність активно взаємодіяти при високих температурах з газами. При кімнатній температурі титан досить стійкий проти окиснення, але при високих температурах кисень легко розчиняється в титані, що призводить до підвищення міцності й зниження пластичності. За тривалого впливу кисню на титан, нагрітий вище від 450°C , на його поверхні утворюється шар окислини, який складається з оксиду титану TiO_2 . Цей шар є джерелом кисню при зварюванні та причиною утворення тріщин у шві. Тому вміст кисню в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,15 %.

Азот є більш енергійним елементом, який різко підвищує міцність і знижує пластичність титану. При температурі 800°C утворюється нітрид титану, температура плавлення якого становить 2950°C . Тому максимальний вміст азоту в титанових сплавах не повинен перевищувати 0,04–0,05 %.

Здатність титану поглинати велику кількість водню призводить до утворення гідриду титану TiH_2 . Гідриди, які містяться в середині зерен і на їх межах, мають великий об'єм, що викликає появу тріщин і пор. Тому для зварювання необхідно використовувати сплави з мінімальною кількістю водню (не більше 0,01 %), а електродний дріт піддавати відпалу.

Вуглець сприяє зниженню пластичності титану та його сплавів.

Через активність титану до поглинання кисню, азоту й водню при зварюванні необхідним є особливо надійний захист від цих газів. Такий захист здійснюється при дуговому зварюванні в інертних газах (аргоні, гелії) або флюс-пастою, яку наносять на кромки зварюваних деталей.

Дугове зварювання титану та його сплавів покритими електродами, вугільною дугою і газовим полум'ям не використовується. Технічний

титан з'єднують аргонодуговим, дуговим під флюсом та іншими видами зварювання тиском (дифузійним та ін.).

Для зварних виробів використовують технічний титан, який містить домішки кисню, азоту, водню марок BT1-00, BT1-0, BT1 і з домішками алюмінію, олова, марганцю, ванадію, церію марок BT-5, BT5-1, BT6, BT8, BT14.

ЗВАРЮВАННЯ НІКЕЛЮ І ЙОГО СПЛАВІВ

Нікель є важким кольоровим металом (густина $8,9 \text{ г/см}^3$) з температурою плавлення 1453°C . Нікель має високу стійкість проти корозії на повітрі, високі пластичність, міцність і жароміцність. Завдяки цим властивостям нікель широко використовується в металургії, хімічній, харчовій, авіаційній та інших галузях.

Зварюють деталі з технічно чистого нікелю (Н-0, Н-1у, Н-1, Н-2, Н-3, Н-4) і його сплавів з міддю, хромом (ніхром), молибденом, кобальтом та іншими металами. Технічний нікель містить 99,8–99,9 % чистого нікелю. Найшкідливішими домішками при зварюванні є сірка і свинець, які спричиняють утворення тріщин.

Хоча нікель має малу спорідненість з киснем і високу пластичність, зварювання нікелю утруднюється через низьку стійкість металу шва до кристалізаційних тріщин і пор. Причиною виникнення тріщин є сірка. Щоб послабити вплив сірки, у металі вважають марганець і магній, які зв'язують сірку в тугоплавкі з'єднання. Для підвищення дрібнозернистості додають титан. Виникнення пор пов'язане з високою розчинністю водню в розплавленому нікелі, а виділення газів спричиняє появу пор. Для запобігання виникненню пор зварювання виконують короткою дугою.

Зварювання нікелю і його сплавів виконують дуговим зварюванням у середовищі аргону, покритими електродами під шаром безкисневого флюсу, вугільним електродом із застосуванням флюсу, газовим зварюванням.

ЗВАРЮВАННЯ МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ

Магнієві сплави мають малу густину ($1,74 \text{ г/см}^3$), але високу міцність. У 1,5 раза легше за алюміній і в 4,5 раза – за сталі. Температура плавлення становить 651°C . Ці властивості й визначають широке використання магнієвих сплавів.

Через невисокі механічні характеристики чистий магній для виготовлення деталей у машинобудуванні не використовують. При одержанні

сплавів як основні легуючі елементи використовують алюміній, цинк і марганець.

Промислові магнієві сплави поділяють на деформовані МА1, МА2, ..., МА19 і литві МЛ2, МЛ3, ..., МЛ19. Магнієві сплави добре поглинають вібрації, немагнітні, при ударах і терті зовсім не іскрять. Корозійностійкість магнієвих сплавів невисока, тому вироби з них необхідно захищати утворенням захисних плівок з наступним покриттям лаками, фарбами, епоксидними плівками.

Магнієві сплави зварюють вольфрамовим електродом у захисному газі аргоні. Дугове зварювання покритими електродами, вугільним електродом і газове зварювання застосовують рідко.

Перед зварюванням кромки деталей зачищають на ширину не менше ніж 30 мм від мастила, захисної плівки та інших забруднень механічним або хімічним способом. Підготовку кромки магнієвих сплавів виконують так само, як і підготовку алюмінієвих сплавів.

Зварювання вольфрамовим електродом в аргоні виконують змінним струмом короткою дугою (1–2 мм), тому що при цьому краще відшаровується оксидна плівка і забезпечує гаск більш повний захист зварювальної ванки від навколишнього середовища.

ЗВАРЮВАННЯ СВИНЦЮ

Свинець — хімічностійкий метал з низькою механічною міцністю. Температура плавлення становить 327 °С. Через високу хімічностійкість використовують у хімічній промисловості для облітровання сталевих апаратур, трубопроводів, посуду, які функціонують у середовищі сірчаної, фосфорної та інших кислот, а також для покриття кабелів.

Дугове зварювання свинцю вугільним або графітовим електродом виконують постійним і змінним струмом. Перевага надається постійному струму прямої полярності. Зварювання свинцю вольфрамовим електродом виконують постійним струмом прямої полярності електродом діаметра 1–1,5 мм, загостреним під кутом 15–45°. Використовують зварювання свинцю вольфрамовим електродом імпульсною дугою, яка забезпечує максимальне програвлення металу.

ЗВАРЮВАННЯ ЦИНКУ, СРІБЛА ТА ІНШИХ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

Цинк використовують для виготовлення джерел струму, захисного покриття. Сплави цинку бувають литві (ЦА4, ЦАМ4-1) і антифрикційні (ЦАМ9-1,5; ЦАМ10-5). З них виготовляють корпусні деталі, прилади, високоточні вироби, арматуру. Температура плавлення цинку становить 419 °С. Для зварювання цинку застосовують газове та аргонодугове зварювання вольфрамовим електродом.

Із срібла виготовляють ювелірні вироби, електровакуумні прилади, припої, покриття, акумулятори, електротехнічні вироби тощо. Температура плавлення срібла 960,5 °С, густина 10,5 г/см³. Срібло зварюють вольфрамовим електродом постійним струмом прямої полярності в середовищі аргону та газовим зварюванням із застосуванням флюсів на основі бури.

Сплави ванадію, ніобію і танталу зварюють неплавким електродом у середовищі аргону.

Деталі із сплавів хрому, молибдену і вольфраму зварюють неплавким електродом у середовищі гелію та аргону.

38. ЗВАРЮВАННЯ ПЛАСТМАС

Пластмаси — це органічні матеріали, основою яких є синтетичні або природні високомолекулярні з'єднання (полімери).

Пластмаси поділяють на дві групи: термопластичні (*термопластики*) і термореактивні (*реактопласти*). Термопласти при нагріванні розм'якшуються (плавляться), тобто набувають в'язкотекучого стану. У разі біаторозового нагрівання в них виникають значні хімічні зміни. При нагріванні реактопластів у них проходять реакції утворення тривимірних структур, що виключає їх повторне розм'якшення.

Зварювання пластмас виконують плавленням і хімічним способом.

Принцип зварювання плавленням ґрунтується на властивостях полімерних матеріалів при нагріванні переходити у в'язкотекучий стан, який за наявності щільного контакту деталей спричиняє

виникнення міжмолекулярної взаємодії та дифузії. Для забезпечення щільного контакту зварних поверхонь необхідно прикласти зусилля.

Основні параметри режиму зварювання: температура та час нагрівання зварних деталей, тиск при зварюванні й тривалість його дії.

Цим способом з'єднують термопласти й еластотермопласти.

Основою процесу хімічного зварювання є виникнення хімічних зв'язків між макромолекулами.

Зварювання здійснюють з використанням групи зварних полімерів або за допомогою речовин, які вводяться у зварний шов. Додатковим нагріванням до температури, яка перевищує темпе-

ратуру затвердіння, примушують прореагувати між собою решітчасті групи реактопластів (основи фенолформальдегідних, аміноформальдегідних смол). При зварюванні пластмас на основі епоксидних полімерів додають присадку у вигляді резольної смоли. Нагрівання здійснюється за допомогою струму високої частоти або ультразвуку. Хімічне зварювання ефективне при з'єднанні термопластичних плівки і волокон.

Для виготовлення зварних конструкцій застосовують термопластичні полімери (термопласти), властивості яких наведено в табл. 53.

Контактне теплове зварювання (рис. 119) буває двох видів: зварювання оплавленням і проплавленням.

При *зварюванні оплавленням* (рис. 120, а-е) нагрівач доторкається до зварних поверхонь. При *зварюванні проплавленням* (рис. 120, є, ж) гелію

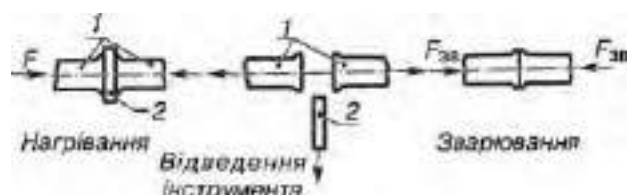


Рис. 119. Схема контактної теплової зварювання нагріваним інструментом

1 — поверхня деталі; 2 — нагрівальний інструмент.
 $F_{зв}$ — зусилля стиснення при зварюванні

до зварних поверхонь находить через щільну деталь, а нагрівач контактує із зовнішньою поверхнею зварних деталей. Перший спосіб використовують для зварювання деталей значної товщини, другий — для зварювання тонких листів і плівок, які утворюють налусткове з'єднання. Нагрівачі можуть бути у вигляді пластин, стрічок, дисків, профільних планок, ниток, голіток.

Табл. 53. Властивості пластмас, які використовуються для зварювання

Вид пластмаси	Густина, г/см ³	Границя міцності, МПа, при			Відносне відхилення δ , %	Межі застосування	
		розтягу	стиску	згину		Робочий тиск, МПа, не більше ніж	Температура, °С
Поліетилен високої щільності (ПВНП)	920-930	12-16	11,5	12-17	150-160	1	70...108
Поліетилен низької щільності (ПНПШ)	940-960	32-34	40-45	45-60	200-300	1	-70...120
Полівінілхлорид (вініпласт)	1380	50	80-100	100-120	10-25	1,6	-20...60
Поліпропілен	1070	35-60	120	37-60	1-5	1	до 80

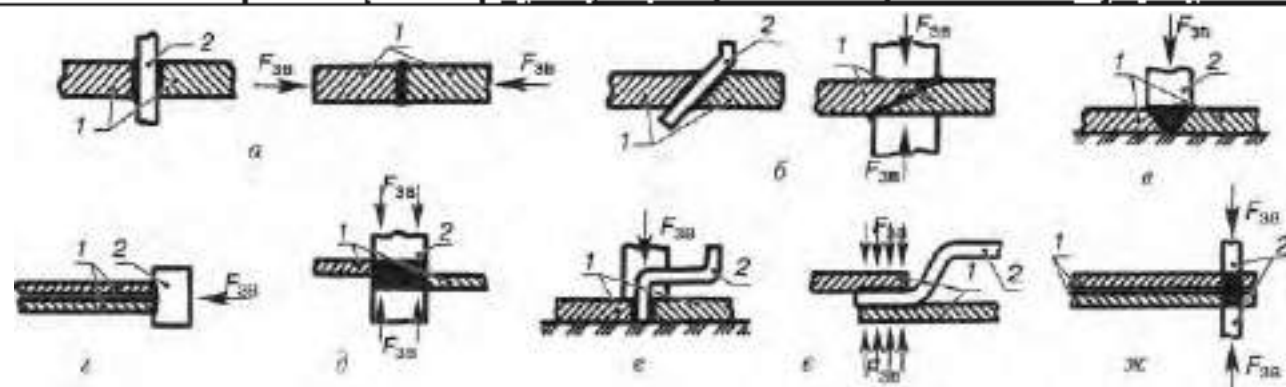


Рис. 120. Основні схеми контактної теплової зварювання нагрівальним інструментом листових матеріалів

1 — поверхні деталей; 2 — нагрівальний інструмент, а-е — оплавленням, є, ж — проплавленням
 $F_{зв}$ — зусилля стиснення при зварюванні

59. КЛАСИФІКАЦІЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Зварні конструкції — це конструкції, нероз'ємні з'єднання яких виконуються за допомогою зварювання.

Конструкції можна класифікувати за ділячим призначенням (будівельні, суднові, авіаційні), за матеріалами (сталеві, алюмінієві, пластмасові), за характером навантажень та умовами експлуатації.

Зварні конструкції поділяються на три категорії: будівельні металоконструкції, машинобудівні конструкції та трубопроводи (рис. 121-123).



Рис. 121. Класифікація будівельних зварних конструкцій



Рис. 122. Класифікація машинобудівних зварних конструкцій



Рис. 123. Класифікація трубопроводів

6.0. ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

- Балки — конструктивні елементи, які працюють на поперечний згин, жорстко з'єднані між собою і утворюють рамні конструкції.

Розрізняють три групи балок: прокатні, зварні із сумішним стиком, зварні зі зміщеним стиком.

При зварюванні прокатних балок (рис. 124, а) монтажні стикові шви виконують спочатку на товстому, а потім на тонкому металі. Тому спочатку накладають шви полиць 1 і 2, а потім — стінки 3.

При зварюванні балок із сумішним стиком (рис. 124, б) кутові шви з'єднання стінки з полицею 4 виконують наприкінці. Поздовжні шви не доводять до кінця балки на відстань, що дорівнює одній ширині полиці (низьковуглецева сталь) або двом (легована сталь).

При зварюванні балок зі зміщеним стиком (рис. 124, в) у разі, якщо товщина полиць різна, то спочатку виконують стиковий шов полиці з більшою товщиною 1, а потім — полиці з меншою 2. Бажаємо, щоб кутові шви 4 наклали одночасно для зварники від кінців до середини монтажного стику.

● **Стійка — вертикальна або похила конструкція у будівництві, яка є колоною.**

Для зварювання малопотужних стійок використовують прокладки (рис. 125, а), для стійок середньої потужності — планки і діафрагми (рис. 125, б). Стійки високої потужності зміню-

ють решітками і похилими зв'язками, які обварюють комбінованими швами (рис. 125, в).

● **Ферми — решічасті конструкції, які працюють на згин.**

Ферми складаються з окремих стрижнів, які з'єднані у вузли й утворюють геометрично незмінну систему.

Вузли ферми зварюють послідовно — від середини ферми до опорних вузлів (рис. 126, а). Спочатку виконують стикові, а потім кутові шви. Якщо шви різного перерізу, то спочатку накладають шви з більшим перерізом, а потім з меншим.

Кожний елемент під час складання прихватують швом завдовжки 30–40 мм. Близько розташовані шви не можна виконувати одразу (рис. 126, б). Спочатку дають охолонути тій ділянці основного металу, де буде накладатися близько розташований шов. Це зменшить перегрів металу і пластичні деформації. Кінець поздовжнього шва виводять на торець приварюваного елемента на довжину 20 мм (рис. 126, в). При виконанні поздовжніх швів дотримуються певної послідовності (рис. 126, г).

Послідовність виконання швів при зварюванні листових конструкцій показано на рис. 127.

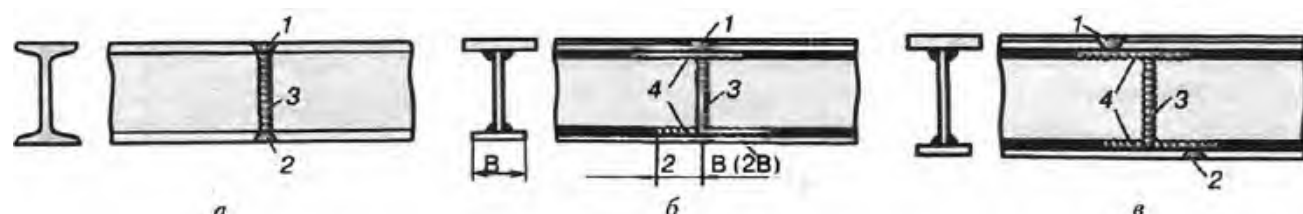


Рис. 124. Види балок:

а — прокатні; б — зварні із сумішним стиком; в — зварні зі зміщеним стиком

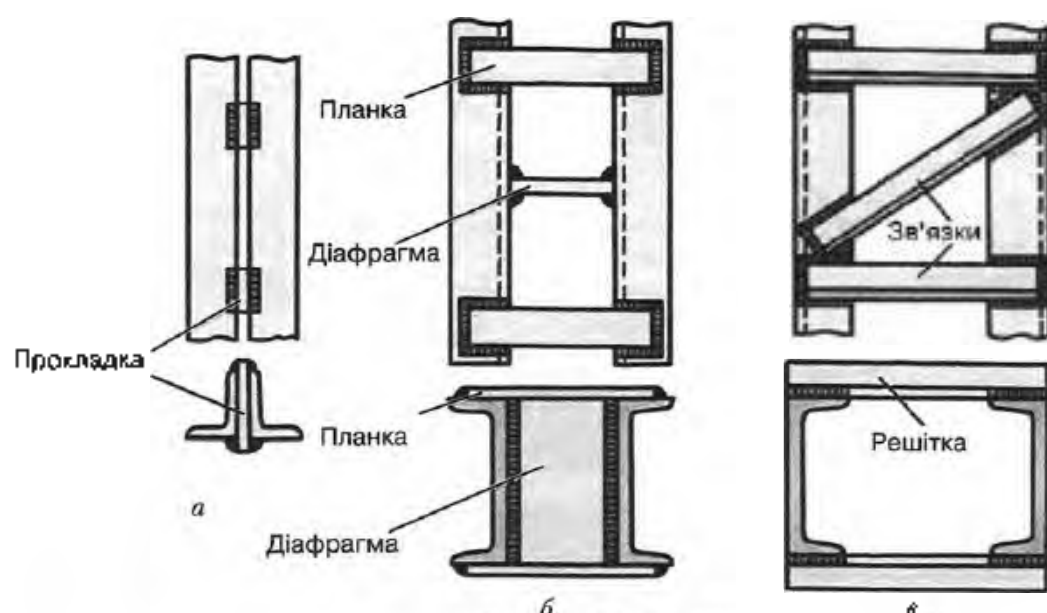


Рис. 125. Стійки:

а — малопотужна; б — середньої потужності; в — високої потужності

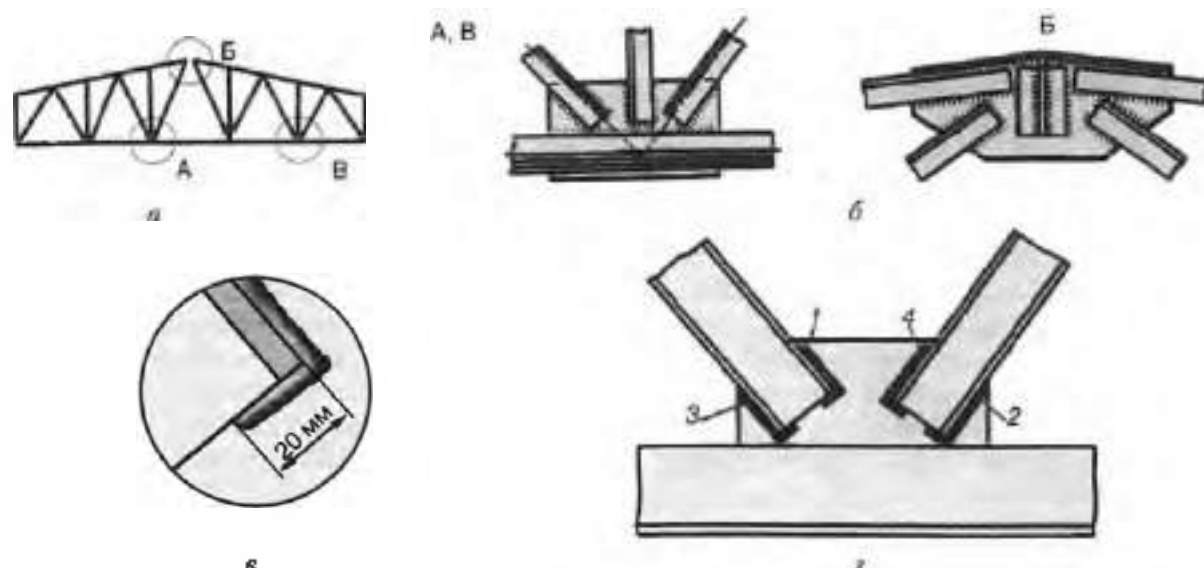


Рис. 126. Зварювання ферм

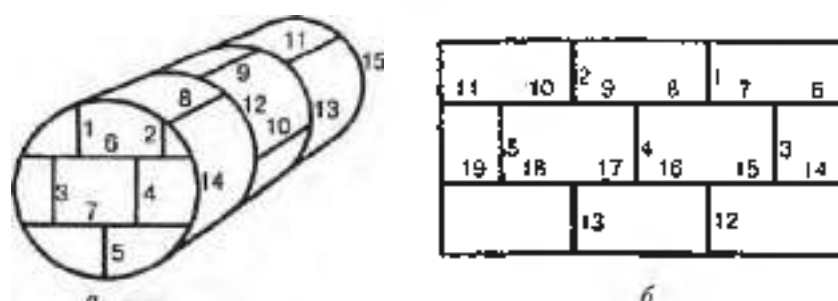


Рис. 127. Зварювання листових конструкцій:
а — резервуар, б — настил

6.1. ЗВАРЮВАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

● Трубопроводи — це пристрої для транспортування рідких, газоподібних і сипучих речовин при різних тисках і температурах. Нероз'ємні з'єднання в трубопроводах виконують зварюванням, а роз'ємні — за допомогою різьбових з'єднань (на фланцях і муфтах).

Розрізняють газове й електродугове зварювання трубопроводів.

Газове зварювання застосовують для зварювання труб з діаметром від 14 до 159 мм. Товщина стінки — від 1 до 4,5 мм.

Труби діаметром 14–48 мм з товщиною стінки до 3 мм зварюють лівим способом. Труби діаметром 57–159 мм з товщиною стінки більше 3 мм зварюють правим способом.

При зварюванні поворотних стиків (рис. 128) зварювальна ванка має розміщатися нижче від верхньої точки труби.

У кінці шва виконують з'єднання типу «змок».

Зварювання неповоротних стиків виконують переважно правим способом (рис. 129).

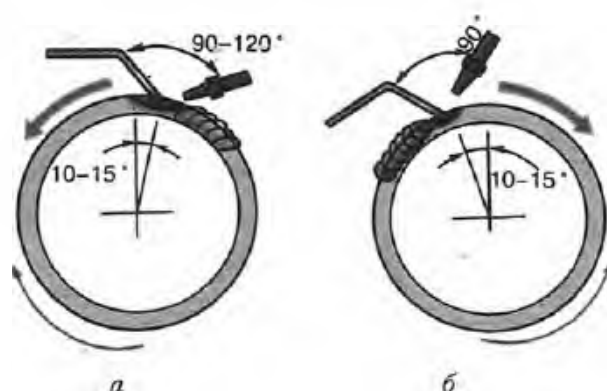


Рис. 128. Зварювання поворотних стиків лівим (а) і правим (б) способами

Під час зварювання одного стику не допускається перерви в роботі. Присаджувальний дріт розміщують білямі полото до виробу. Після закінчення зварювання полум'я пальника відводять від розплавленого металу поступово.

При зварюванні стиків труб з дашками спочатку вирізають дашок газосним полум'ям (рис. 130, а). Потім зварюють частину стику що залишилася (шов 1) із внутрішнього боку труби, і очищують кромки труби й дашка. Зварюють дашок у послідовності 2-3-4 (рис. 130, б, в).

Електродугове зварювання застосовують для зварювання труб з діаметром від 50 до 1200 мм. Товщини стінки від 2,5 мм до 25 мм і більше.

Кількість шарів залежить від товщини стінки труб (табл. 54). Після кожного проходу обов'язково зачищають поверхню попереднього шва від шлаку.

Стики труб діаметром 219 мм і менше незалежно від товщини стінки виконує один зварник. Кореневий шов виконують електродом діаметром 3 мм.

Стики труб діаметром 219 мм і більше зварюють одночасно два зварники. Зварювання ведуть найкоротшим дугом. Ширина шва має перекривати ширину розробки кромки на 1,5-2 мм у кожній бік. Обляювальний шов має бути плавно спряжений з поверхнею труби. Різні техніки зварювання показано на рис. 131-133.

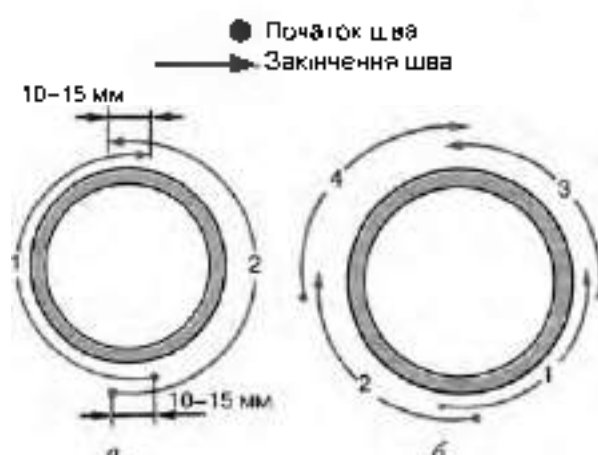


Рис. 129. Зварювання неповоротних стиків труб діаметром до 100 мм (а) і більше 100 мм (б)

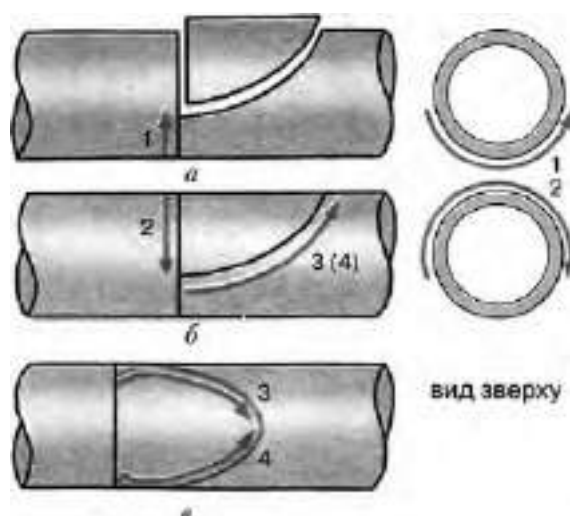


Рис. 130. Зварювання стиків труб з дашками

Табл. 54. Залежність кількості шарів від товщини стінки труб

Товщина стінки, мм	4-6	7-11	12-14	15-17	18-22	23-25
Кількість шарів	2	3	4	5	6	7



Рис. 131. Зварювання труб з поворотом на 180°
а — перший шар; б — другий шар



Рис. 132. Зварювання труб з плавиртом на 90°
а — перший шар; б — другий шар

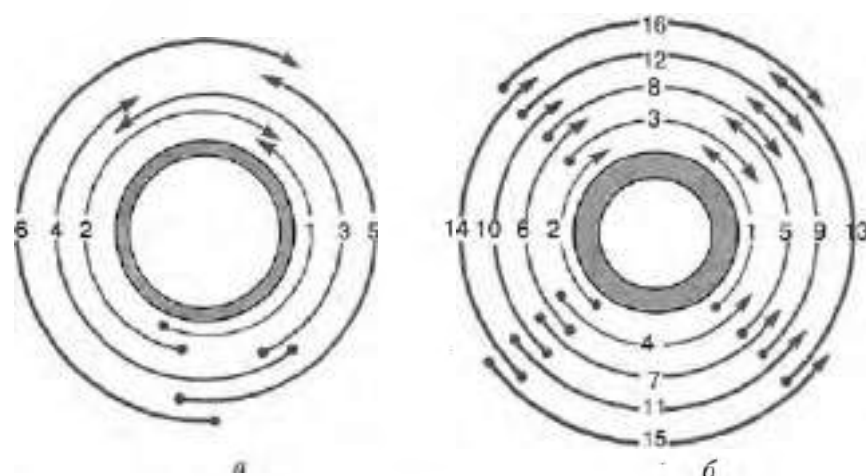


Рис. 133. Зварювання неповоротного стику труб з діаметром до 219 мм (а) більше 219 мм (б)

6.2. ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ ШВІВ

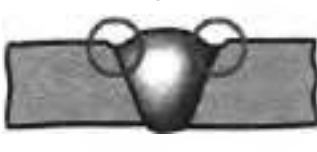
Дефекти — це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, установленим нормативною документацією.

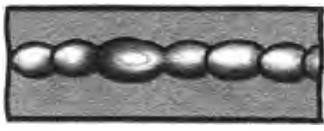
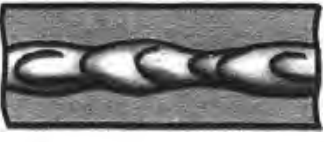
У зварювальному виробництві розрізняють дефекти підготовки та складання виробів під зварювання і зварювальні дефекти. Останні поділяються на: *зовнішні* — дефекти форми зовні (підрізи, напливи, пропали, кратери, свищі);

поверхневі і внутрішні — дефекти нещільності (тріщини, непровари, пори, шлакові, оксидні й вольфрамові включення).

Основні дефекти зварних швів та причини їх утворення наведено в табл. 55.

Табл. 55. Причини дефектів зварних швів

Дефект	Причини	Дефект	Причини
Кратери 	• Стриб дуги; • невірний кінцевий ділянки шва	Підрізи 	• Великий зварювальний струм; • довга дуга; • при зварюванні хутових швів — зміщення електроди в бік вертикальної стінки
Пори 	• Швидке охолодження швів • забруднення кромок маслом, іржею і т. п.; • недостатня електрична сила; • невелика швидкість зварювання	Непровар 	• Малий кут з'єднання вертикальних кромок; • малий зазор між ними; • забруднення кромок; • недостатня сила зварювального струму; • велика швидкість зварювання

Дефект	Причини	Дефект	Причини
Включення шлаку 	• бруд на кромках; • високий зварювальний струм; • висока швидкість зварювання	Іпролал 	• високий струм при малій швидкості зварювання; • великий зазор між кромками; • тід зварюваний шов залигано піднесута флюсова подушка або мізна підкладка
Негігантність 	• Потане зачищення кромки; • велика довжина дуги; • недостатній зварювальний струм; • велика швидкість зварювання	Нерівномірня форма шва 	• Нестійкий режим зварювання; • неточний настрям електрода
Нахил 	• Високий зварювальний струм; • неправильний нахил електрода; • занадто довга дуга	Тріщини 	• Різке охолодження конструкції; • високі напрутки в жорстко закріпленні кінці з'єднання; • підвищений уміст сірки або фосфору
Свинці 	• Низька пластичність металу шва; • утворення гартованих структур; • напрутки від нерівномірного нагріву	Перерізи (перепали) металу 	• Надмірне нагрівання близької доки; • неправильний вибір теплової потужності; • занадто значення потужності дуги або зварювального струму

6.3. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Контроль якості зварних з'єднань буває: *непорушковий* (контроль зовнішнім оглядом і вимірюванням, акустичний, капілярний, магнітний, оптичний, радіаційний, радіохвильовий, тепловий, електричний, електромагнітний) і *руйнівний* (механічні випробування зварних з'єднань).

Контроль зовнішнім оглядом і вимірюванням здійснюють так. Насамперед перевіряють *вихідні матеріали, зготовки і складання під зварювання*. У литих виробках і металопрокаті перевіряють наявність сертифікату, заводського маркування і відповідність їх проєкту. Зовнішнім оглядом установлюють наявність раковин, розшарувань, тріщин, якість скосу кромки, відповідність хімічного складу й механічних властивостей, порушення вимог до складання під зварювання й технології його виконання.

Застосовуючи спеціальні шаблони та лінійки, перевіряють якість зрізу кромки, наявність і розмір притуплення, розмір і рівномірність зазору. При зварюванні сталей, зокрема тих, що гартуються, заводшки більше 20 мм поверхні прихваток старанно перевіряють на наявність тріщин.

Прихватки з тріщинами мають бути видалені, місця основного металу, де вони містилися, оглядають за допомогою лупи і тільки після цього виконують нові прихватки із застосуванням особливих технологічних прийомів, наприклад підігріву.

Зварювальні електроди оглядають зовнішньому огляду для виявлення механічних пошкоджень покриття, відсутності короїї стрижня, вимірюють товщину покриття.

Покриття електродів діаметром до 4 мм і більше не повинне руйнуватися при вітряному ланіні електрода на глибину сталеву плиту висоти 1 м і 0,5 м відповідно. Допускаються часткові відкопи покриття не більше ніж 5 % довжини покритої частини електрода. Придатність електродів установлюють за результатами технологічної проби. При цьому визначають характер плавлення електродного стрижня і покриття, якість формування зварного шва, ступінь розбризкування утворення «дашка», легкість відокремлення шлаку тощо. Оглядом поверхні шва визначають наявність зовнішніх пор.

Зварювальний дріт перевіряють на чистоту поверхні від оксидів, іржі та забруднень. При від-

помітності властивостей дроту сертифікації й висолам стандартів забруднення, які є на поверхні (але не оксиди), можуть бути очищені механічним або хімічним способом.

Використання дроту з мідним покриттям виключає можливість утворення іржі та сприяє утворенню якісних зварних швів.

У разі потреби виконується технологічна проба, за якою встановлюють якість формування зварного шва, ступінь розбризкування, легкість відокремлення шлаку, утворення пор, так само, як і у випадку перевірки електродів.

Зварювальний флюс перевіряють шляхом перевірки грануляції та технологічної проби, що дає змогу, як і у випадку перевірки електродів і зварювального дроту, визначити за зовнішнім оглядом шва й його зварку якість формування, пори й шлаку утворення, відокремлення шлаку. При зварюванні відповідалних конструкцій флюс перед роботою перевіряють на гранулозварювальний склад, однорідність, насиченість цільністю і забрудненість. Якщо вологість перевищує 0,1 %, флюс просушують.

Захисні гази (вуглекислий, аргон) за наявності сертифікатів заводу-виробника піддають контролю тільки тоді, коли у зварних швах, які виконані з їх використанням, виявляють недопустимі дефекти.

Візуальне спостереження за **процесом зварювання** дає змогу не допустити значної частини дефектів зварного шва. Правильність режиму зварювання контролюють за зовнішнім виглядом зварного шва, перевіряють ефективність газового захисту. Після зварювання кореневих швів і зачищення їх від шлаку контроль за допомогою лупи уможлиблює своєчасне виявлення появи тріщин. На цьому етапі дуже важливим є самоконтроль, який виконує зварник. Він перевіряє стабільність підтримування режиму, що особливо важливо при механізованому зварюванні. Він оглядає кратери, які утворюються при закінченні торінки електрода або в разі вимушеної зупинки процесу.

Готові зварні вироби підлягають приймальному контролю за допомогою лупи оглядають зварні шви та поверхню виробу в зоні термічного впливу та виявляють підрізи, поверхневі пори, свищі, капіляри, пропали, неспарені кратери, тріщини, неспарки, а застосовуючи спеціальні шаблони, перевіряють розміри з'єднань, ширину, висоту підсилення, площість переходу шва підсилення до основного металу, катет шва. Якщо зварні з'єднання мають бути водо- й газотійкими, то надійність зварної конструкції характеризуватиметься герметичністю.

64. НАПЛАВЛЕННЯ

● **Наплавлення** – це процес нанесення шару розплавленого металу або сплаву на поверхню виробу.

Наплавлення використовують для відновлення спрацьованих деталей і одержання виробів із заданими властивостями поверхні: стійкістю проти спрацювання, жароміцністю, жаро- й кислотостійкістю, антифрикційністю тощо. За допомогою наплавлення виготовляють різальний інструмент, зміцнюють робочі поверхні й кромки штамів, виправляють брак виробів, надають поверхні металу твердості й т. ін. Використання наплавлення знижує витрати дорогих і дефіцитних легованих сталей, спеціальних сплавів, підвищує надійність і термін роботи машин і механізмів.

Розрізняють такі види наплавлення: ручне дугове наплавлення плавкими й неплавкими електродами, автоматичне й напівавтоматичне наплавлення під флюсом і в захисних газах; плазмове, вибродугове, електрошнурове, індукційне, імпульсно-дугове, газове наплавлення.

Матеріали для наплавлення за способом їх виробництва поділяють на покриті електроди,

наплавлювальні суцільні дроти й стрічки, флюси, порошкові дроти й стрічки, прутки й зернисті (порошкоподібні) сплави. Підбирають матеріали для наплавлення залежно від призначення та необхідної твердості наплавленого шару.

Нелеговані й низьколеговані сталі з вмістом вуглецю не більше ніж 0,4 % використовують для відновлення розмірів деталей або нанесення проміжного шару.

Нечугунані й низьколеговані сталі з вмістом вуглецю понад 0,4 % призначені для наплавлення колінчастих валів, ножів, штамів і т. ін.

Технологічні інструментальні сталі (хромовольфрамові, хромомолібденові) наплавляють на деталі, які підлягають впливу високих напруг і високій температурі.

Швидкокорозійні сталі використовують для наплавлення різального інструменту.

Корозійстійкі хромисті сталі з вмістом вуглецю не більше ніж 0,2 % використовують для наплавлення арматури, роликів машин, плунжерів підпресів з важких видів штамів.

Високомарганцеві сталі використовують для наплавлення деталей, які зазнають абразивного спрацювання в послідній із сильними ударами.

Хромоникелеві й хромоникелемарганцеві нержавіючі сталі при наплавленні на вуглецеві конструкційні сталі мають схильність до утворення кристалізаційних тріщин і зниження корозійної стійкості.

Високохромисті чавуни використовують для підвищення довговічності деталей, які підлягають газо- й гидроабразивному спрацюванню.

Корозіє- й жаростійкі нікелеві сплави, леговані хромом або молибденом, мають високу жароміцність, стійкість проти термічної втоми, мало схильні до утворення тріщин.

Кобальтові сплави з хромом і вольфрамом (стеліти) використовують для наплавлення завдяки їх високій жароміцності, корозійній стійкості проти спрацювання при терті метали без мащення, здатності зберігати твердість при високих температурах.

Аргондугове наплавлення прутками із сплаву сормайт призначене для ацетилено-кисневого або дугового наплавлення неплавким електродами деталей, які використовуються в умовах абразивного спрацювання.

Сплави на основі карбідів вольфраму або хрому забезпечують високу стійкість в умовах абразивного спрацювання.

Що стосується наплавлення срібля, то через низьку міцність і з метою економії срібло часто використовують як плакований корозійностійкий шар.

Техніка наплавлення дротом передбачає накладання ниткових валиків з перекриттям по передньому валику на третину його ширини або валиків з поперечними коливаннями електрода. Наплавлення виконують нитковими валиками на відстані один від одного, а після видалення шлаку наплавляють валики у вільних проміжках.

Плоскі поверхні наплавляють широкими валиками з використанням колинальних рухів електрода.

Наплавлення тіл обертання виконують уздовж осі або коливними рухами (валиками) по гвинтовій лінії. При наплавленні зернистих порошків використовують вугільний електрод. Поверхню виробу очищають від іржі, масла та бруду. Насипають на поверхню тонкий шар (0,2–0,3 мм) бурі (флюсу) і шар шихти (порошку) сплаву заввишки 2–7 мм і зашліфшки 30–40 мм. Насипаний шар вирівнюють і ущільнюють. Наплавлення вугільною дугою виконують постійним струмом прямої полярності або змінним струмом з осцилятором. Рівні поверхні наплавленого шару досягають, виконуючи поперечні й поступальні рухи електродом (рис. 134).

Для відновлення форми й розмірів деталей використовують звичайні зварювальні дроти й електроди, які дають наплавлений метал низької твердості. Згідно з ГОСТ 10543-82 виготовляється сталевий наплавляювальний дріт діаметром від 0,3 до 8 мм. Стандартом передбачений вуглецевий дріт 9 марок (Нп-25, Нп-85 та ін.), легований дріт 11 марок (Нп-40Г, Нп-30ХГСА та ін.), високолегований дріт 10 марок (Нп-20Х14, Нп-30Х10Г10Т, Нп-Х2ПН80Т та ін.). Відповідно до ГОСТ 10051-75 передбачено 44 типи покритих електродів для наплавлення поверхневих шарів з особливими властивостями, які забезпечують твердість наплавленого шару від 28 до 66 HRC. Застосування, режими наплавлення та характеристика покритих електродів наведені в табл. 56.

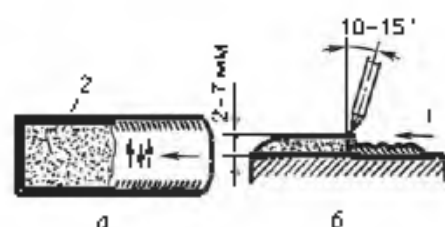


Рис. 134. Положення вугільного електрода при напавленні порошкоподібних твердих сплавів: а — переміщення електрода; б — вид збоку; 1 (стрілка) — загальний напрям наплавлення; 2 — шар шихти (порошку)

Табл. 56. Характеристика покритих електродів для наплавлення

Марка електрода	Твердість наплавлення, HRC	Призначення електродів	Режими наплавлення (діаметр електрода, мм, струм, А, полярність)
ОЗН-250	22–25	Кінці рейок, наконічні й автотракторні деталі, валки, осі	4, 170–200 5, 210–240 Постійний струм, зворотна полярність
ОЗН-300	24–32	Залізничні хрестонини, наконічні автотракторні деталі й т. ін.	4, 170–200 5, 210–240
ОЗН-350	26–37	Залізничні хрестонини, вагонні, автотракторні деталі й т. ін.	4, 170–200 5, 210–240

Марка електродів	Твердість нагівлення, НВС	Призначення електродів	Режими нагівлення (діаметр електродів, мм, струм, А, полярність)
ОЗН-450	37-40	Швидкопрямлювальні деталі з високою твердістю	4; 170-200 5; 210-240
T-590	55-62	Сталі й чавунні деталі, які працюють при ударному навантаженні в абразивному середовищі (шпихи дробилки, лопатки й колеса землевсмктувачів)	4; 200-220 5; 250-270 Змінний і постійний струм
T-620	58-59	Швидкопрямлювальні деталі зі сталі й чавуну, які працюють в умовах сильного стирання та ударних навантажень (шпихи дробилки, зуби ковшів екскаваторів)	4; 200-220 5; 250-270 Постійний струм
ОЗН-1	54-55; 50-60*	Різучий інструмент і штампи	3; 80-110 4; 120-150 5; 160-200

* Після нагівлення й термообробки відповідно

6.3. ТЕРМІЧНЕ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ ТА ЙОГО ОСОБЛИВОСТІ

Термічне різання — це процес відокремлення частин металу його окисненням або плавленням.

Суть **різання окисненням** полягає в нагріванні місця різання до температури спалаху металу, згоряння підігрітого металу в кисні та виділенні продуктів горіння із зони розрізу струменем кисню. Основними видами різання окисненням є кисневе, киснево-флюсове й киснево-дугове.

Суть **різання плавленням** полягає в нагріванні місця різання сильним концентрованим джерелом до температури, вищою за температуру плавлення металу, з виділенням розплавленого металу з розрізу дугою або лазером. Основними видами різання

плавленням є плазово-дугове, газолазерне, неплавким і плавким покритим електродом. Поштрак-дугове, різання під флюсом, підводне.

Для обробки матеріалів, залізобетону та інших неметалевих матеріалів застосовують **різання хімічним спосібом і реактивним струменем**.

За формою розрізняють **роздільне й поверхневе різання**, за шорсткістю поверхні розрізу — **чистове і чорнове** (для заготовок).

Застосування способів термічного різання різних металів наведено в табл. 57.

Табл. 57. Способи термічного різання різних металів

Метал	Кисневе	Киснево-флюсове	Позитивно-дугове	Плазово-дугове	Дугове	Газо-лазерне
Низькоуглецева сталь	-	0	-	-	0	+
Корозійостійка сталь		+	+	-	+	+
Чавун		-	+	+	+	0
Алюміній з його сплави			0	+	-	
Магній і його сплави				-		
Мідь і її сплави	-	0	0	-	+	
Титан	+	0	0	-	0	+
Нікель	-	0	0	-	0	

Примітки: + — доцільний спосіб різання; 0 — недоцільний спосіб різання; - — різання неможливе.

66. ДУГОВЕ РІЗАННЯ ТА ЙОГО ВИДИ

Існують різкі види дугового різання

Ручне дугове різання покритими електродами ґрунтується на розплавленні металу електричною дугою і скапуванні його вниз під впливом власної маси (рис. 135). Силу струму вибирають на 35–40 % вищою, ніж при зварюванні. При різанні необхідно забезпечити стікання основного й електродного металу. Для цього метал розміщують горизонтально. Щоб полегшити стікання металу, виконують пилоподібні рухи електродом. Кут нахилу електрода до металу становить 30° – 60° .

Для різання, стругання, прошивки отворів, вирізання дефектів у литих і литві використовують спеціальні електроди марок АІР-2, АІР-3, АІР-4, ОЗР-1, ОЗР-2. При різанні цими електродами поверхня розрізу залишається чистою, кромки не насичуються вуглецем, аерозолі не містять шкідливих домішок. Сталевими покритими електродами можна різати сталь завтовшки не більше ніж 15 мм.

При **повітряно-дуговому різанні** використовують вугільні або графітові електроди й стиснене повітря. Застосовують також обміднені графітові електроди, покриті шаром міді завтовшки не більше ніж 0,1 мм. Такі електроди є економічнішими.

При різанні метал розплавляється теплом електричної дуги, а потім видушається стисненим повітрям із зони розрізу. Частина металу згорає в кисні, який міститься в повітрі. Цей спосіб різання застосовують для роздільного й поверхневого різання чавунів, нержавіючих сталей і кольорових металів, товщина яких не перевищує 20 мм (рис. 136). Різання виконують постійним струмом зворотної полярності, а інколи використовують змінний струм. Електроди можуть бути круглими (марки ВДК, довжина 300 мм, діаметр 6, 8, 10, 12 мм) і пластинчастими (марки ВДП, пласкі, довжина 350 мм, переріз 12×5 і 18×5 мм). Різакни для повітряно-дугового різання (РВДм-315, РВДл-315) бувають двох типів: з послідовним і з хвиляцевим розташуванням повітряного струменя відносно електрода. Тиск повітря має становити 0,4–0,6 МПа. Ширина канавки розрізу в 1–3 рази більша за діаметр електрода. Різання виконують у всіх просторових положеннях.

Киснево-дугове різання полягає в тому, що метал розплавляється електричною дугою і згорає в струмені кисню. Утворені при цьому оксиди під впливом кисневого струменя витікають із порожнини розрізу. При згорянні металу в кис-

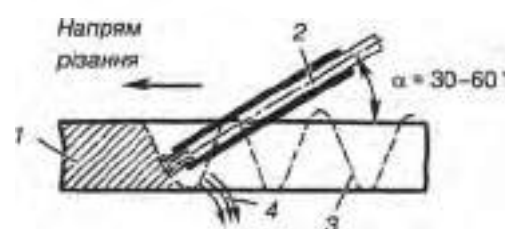


Рис. 135. Ручне дугове різання покритими електродами:

1 — розрізуваний метал; 2 — покритий електрод; 3 — траєкторія руху кінця електрода; 4 — витічна струмина рідкого металу

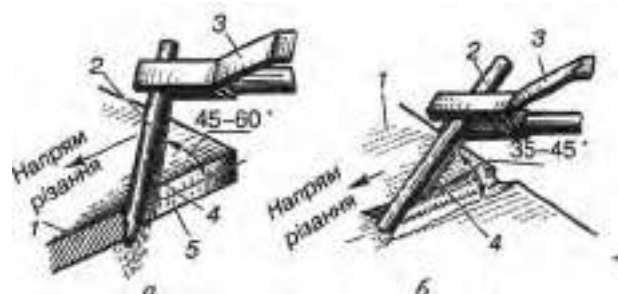


Рис. 136. Види повітряно-дугового різання:

а — роздільне; б — поверхневий; 1 — розрізуваний метал; 2 — вугільний електрод; 3 — електродотримач; 4 — струмень стисненого повітря; 5 — порожнина розрізу

ні утворюється додаткове тепло, яке прискорює процес різання.

Для киснево-дугового різання використовують вугільні, графітові, металеві та спеціальні плавкі трубчасті електроди з подачею різального кисню крізь внутрішній отвір. Трубчасті електроди застосовують для різання профільного прокату, пакетного різання та вирізання отворів у сталевих конструкціях, товщина яких не перевищує 100 мм. Для різання кінець електрода впливають у розрізувану поверхню під кутом 80° – 85° до неї. Утворений на кінці електрода дашок із покриття забезпечує необхідку для різання довжину дуги.

При різанні значайними покритими електродами до електродотримача для ручного зварювання під'єднують спеціальну підставку, за допомогою якої подається струмінь різального кисню. Киснево-дугове різання використовують для вуглецевих і легированих сталей, чавунів, кольорових металів.

Продуктивність **підводного киснево-дугового різання** залежить від виду різання, прозорості води, досвіду зварника і т. ін. Техніка підводного різання дає змогу виконувати роботи на глибині до 150 м і різати метал завтовшки не більш як

150 мм. Нині для різання під водою використовують плазмове різання.

Дугове різання під флюсом виконується дугою, що горить під флюсом. Високу якість забезпечує автоматичне дугове різання дротом марки Св-08 під флюсом марки АН-348. Використовуючи дріт діаметром 4 мм, напруги дуги 42–44 В і силу струму 1200 А, ріжуть сталь завтовшки 20 мм із швидкістю 30 м/год. Цей спосіб застосовують для різання труб при зварюванні їх на спеціальному трубозварювальному стенді спіральним швом.

Аргонодугове різання неплавким електродом доцільно використовувати для обробки листів завтовшки не більше ніж 5 мм із алюмінію, міді та їх сплавів, нержавіючих сталей та інших металів.

Плазмове-дугове різання застосовують при обробці металів, які не піддаються кисневому різанню: високотемпературних сталей, алюмінію, титану, міді та їх сплавів. Плазмовим струменем ріжуть тонкі метали.

Плазмодуга подібна до зварювальної дуги прямої і непрямої дії. У першому випадку одним з електродів є оброблюваний метал (рис. 137, б), у другому — дуга збуджується між незалежними від металу електродами (рис. 137, а). Дугу прямої дії називають *плазмодугою*, а непрямої дії — *плазмовим струменем*. Для роздільного різання металів доцільно використовувати плазмодугу, яка має вищий к.к.д., а плазмовий різак менше піддається спрацюванню.

Плазмове-дугове різання полягає в проплавленні металу на вузькій ділянці по лінії розрізу і видаленні розплавленого металу струменем плазми, утвореним у дузі. Дуга збуджується між металом 1 і вольфрамовим електродом, що розташований у голівці різка. При різанні плазмовим струменем метал не вводиться в електричне коло дуги, яка горить між кінцем вольфрамового електрода і внутрішньою стінкою охолоджуваного водою наконечника різка. Живлення дуги виконують від джерела постійного струму, «мінус» підводиться до вольфрамового електрода, а «плюс» — до мідної

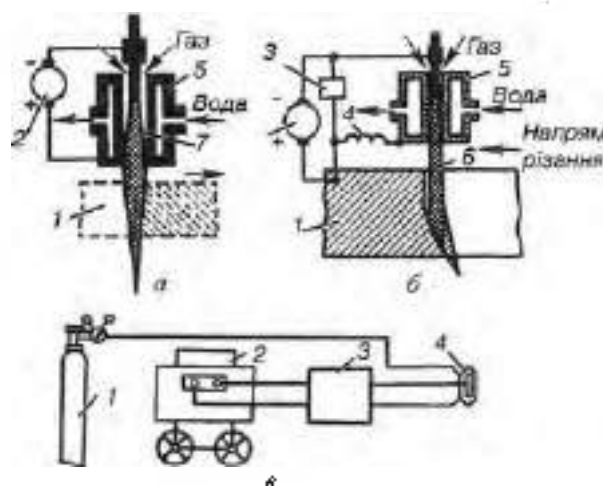


Рис. 137. Схема плазмове-дугового різання:

а — плазмовим струменем, б — плазмодугою, 1 — розрізуваний метал; 2 — джерело живлення; 3 — ісцилятор; 4 — реостат, який регулює допоміжну дугу; 5 — плазмотрон; 6 — плазмодуга; 7 — плазмовий струмінь; в — плазмодугова установка. 1 — балон з газом; 2 — джерело живлення; 3 — баластний реостат; 4 — плазмотрон

насадки, охолоджуваної водою. Як плазмутворювальні гази та для захисту вольфрамового електрода застосовують аргон, азот, суміші аргону з азотом, воднем і повітрям, стиснене повітря.

У комплект обладнання для плазмове-дугового різання входять різак (плазмотрон), пульт керування, джерело живлення дуги, балони з плазмутворювальними газами, механізм для переміщення плазмотрона вздовж лінії різання (рис. 137, в).

Для охолодження плазмотронів використовують воду, а в плазмотронах невеликої потужності — стиснене повітря. Використовують також різальні плазмотрони з плівковими катодами. Здатність утворювати плівку на катоді мають цирконій і гафній. Такий катод може тривалий час працювати в окиснювальному середовищі, наприклад у стисненому повітрі.

Для плазмове-дугового різання використовують джерела живлення дуги постійного струму з крутопадаючими вольт-амперними характеристиками.

67. КИСНЕВЕ РІЗАННЯ

Для змішування горючого газу з киснем, утворення підігрівального полум'я та подачі до розрізуваного металу струменя різального кисню використовують *різак*.

Різак класифікуються:

- за родом горючого газу: для ацетилену, для газів-заминників, для ріdkого пального;
- за принципом змішування горючого газу з киснем: інжекторні (рис. 138), безінжекторні;

- за призначенням: універсальні, спеціальні;
- за видом різання: для роздільного, для поверхневого, для киснево-флюсового, для списового різання;
- за конструкцією: шлинні багатополум'яні з попереднім або внутрішньосопловим змішуванням газів.

Найчастіше застосовують універсальні різак (табл. 58). До них висувають такі вимоги: здат-

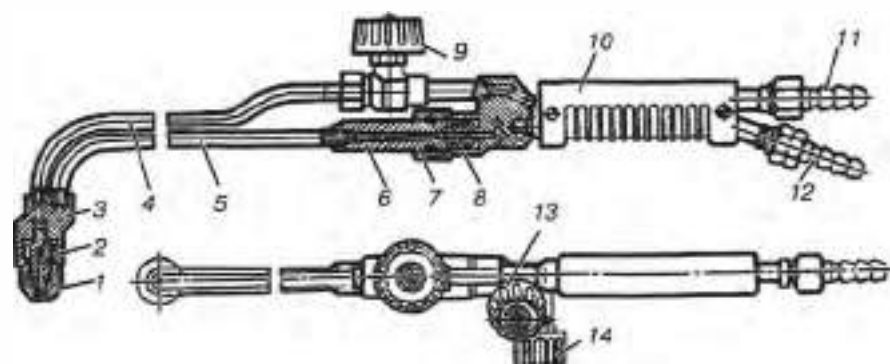


Рис. 138. Будова інжекторних різаків:

1, 2 — мундштуки, 3 — голівка; 4 — трубка для подачі різального кисню; 5 — трубка для подачі горючої суміші; 6 — змішувальна камера; 7 — накидна гайка; 8 — інжектор; 9 — вентиль різального кисню; 10 — створ; 11 — ніпель кисню; 12 — ніпель ацетилену або горючого газу; 13 — вентиль кисню; 14 — вентиль ацетилену або горючого газу

Табл. 38. Типи інжекторних різаків для ручного кисневого різання

Тип різаків	Використання різаків	Товщина розрізуваної сталі, мм	Номери змінних мундштуків
Р1 — малої потужності	Ацетилен	3-100	0, 1, 2, 3, 4
РВ1 — металний малої потужності	Природний газ, пропан-бутан		
Р2 — середньої потужності	Ацетилен	3-200	0, 1, 2, 3, 4, 5
РВ2 — металний середньої потужності	Природний газ, пропан-бутан		
Р3 — великої потужності	Природний газ, пропан-бутан	3-300	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6

ність різати сталі завтовшки від 3 до 300 мм і в будь-якому напрямі, стійкість проти зворотних ударів; мала маса; зручність у користуванні.

Основними показниками режиму кисневого різання є: потужність полум'я, тиск різального кисню та швидкість різання.

Потужність полум'я залежить від товщини металу, складу і стану сталі (зрукат або локовка). При ручному різанні через нерівномірність переміщення різаків потрібно в 1,2-2 рази збільшувати потужність полум'я порівняно з машинним різанням.

При різанні литих заготовок треба підвищувати потужність полум'я в 3-4 рази, тому що поверхня відливок покрита піском і тригиром.

Для різання сталі, товщина якої не перевищує 300 мм, застосовують нормальне полум'я, а при різанні металу понад 400 мм завтовшки доцільно використовувати підігрівне полум'я з надлишком ацетилену для збільшення довжини факела і підігрівання нижньої частини розрізу.

Тиск різального кисню залежить від товщини металу (табл. 59), форми сопла і чистоти

кисню. Якщо тиск є нижчим за рекомендований, струмінь кисню не зможе відштовхнути шлаки з місця розрізу і метал не проріжеться на всю товщину. Коли надто великий тиск кисню, витрати його збільшуються, а розріз буде недостатньо чистим.

Табл. 59. Рекомендоване співвідношення тиску кисню й товщини металу

Товщина металу, мм	5-20	20-40	40-60	60-100
Тиск кисню, кг/см ²	3-4	4-5	5-6	7-9

Швидкість різання має відповідати швидкості окиснення металу по товщині листа. Правильність вибору швидкості різання можна визначити за такими ознаками:

- при малій швидкості проходить оплавлення верхніх кромek металу і розплавлені шлаки (оксиди) витікають з розрізу у вигляді іскр у напрямі різання (рис. 139, а);

- при великій швидкості іскри витікають у бік протилежний напрямі різання, можливе не-прорізання металу (рис. 139, б);

• При оптимальній швидкості різання потік іскри шлаку з протилежного боку листа відносно спокійний і спрямований майже паралельно кисневому струменю (рис. 139, б).

Установлено, що зменшення чистоти кисню на 1 % знижує швидкість різання в середньому на 20 %.

На швидкість різання також впливає ступінь механізації процесу, форма лінії розрізу, якість поверхні (чистова, чорнова).

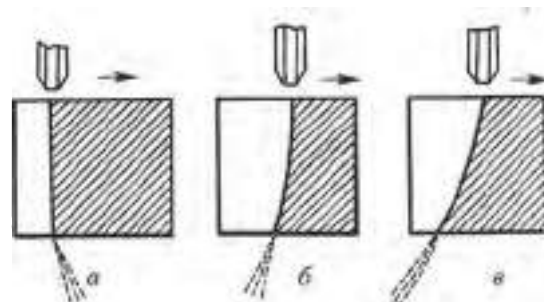


Рис. 139. Характер викидів іскри шлаків при різанні на малій (а), оптимальній (б) і великій (в) швидкостях різання

6.0. КИСНЕВО-ФЛЮСОВЕ РІЗА

Під час киснево-флюсового різання в цилінду розрізу разом з різальним киснем і підігрітим полум'ям увалиться порожкоподібний флюс. Флюс виконує дві функції: теплову й абразивну.

Теплова дія флюсу полягає в тому, що він згорає в щільній розрізу, унаслідок чого підвищується температура місця розрізу, тугоплавкі оксиди стають рідкоплинними і під дією сили тяжіння і тиску кисневого струменя легко видаляються. Флюс у щільній розрізу утворює шлак, який передає тепло нижнім шарам металу. Вони додатково нагріваються до температури спалаху, і глибина розрізу збільшується.

Абразивна дія флюсу полягає в тому, що його частинки мають велику швидкість і ударним тертям стирають з поверхні розрізу тугоплавкі оксиди.

Якщо температура плавлення утворених при різанні оксидів буде вищою за температуру плавлення металу, то киснєве різання стає неможливим. Наприклад, хромісті сталі утворюють оксиди хрому з температурою плавлення 2270 °С, тоді як хром плавиться при температурі 1903 °С. Це стосується і нікелю (1983 °С і 1452 °С) та інших металів.

Тугоплавка плівка унеможливує контакт між підігрітим до температури спалаху металом і кисневим струменем. Збільшується відведення тепла сусідніми ділянками металу, струмінь кисню охолоджує місце розрізу – і процес різання припиняється. Тугоплавка плівка утворюється в корозійостійких (нержавіючих), жаростійких сталях, чавунах, міді та її сплавах тощо.

Основним компонентом флюсів для киснево-флюсового різання є залізний порошок марки ПЖ з розмірами крупинок від 0,07 до 0,16 мм (ПЖ1–ПЖ6).

Вибираючи залізний порошок, треба врахувати, що різання залежить від хімічного складу порошку і його грануляції. При використанні по-

рошків із вмістом не більше ніж 0,4 % вуглецю і 0,6 % кисню процес різання нержавіючої сталі є стійким. Подальше збільшення вмісту вуглецю і кисню в порошках призведе до збільшення витрат порошків і погіршення якості поверхні розрізу. Кисень присутній у порошках у вигляді оксидів, які сповільнюють процес різання, тому що потребують додаткового тепла для їх нагрівання.

Для киснево-флюсового різання використовують спеціалізовані установки. Як складаються з флюсоживильника та різака. Існує три схеми установок: із зовнішньою подачею флюсу; з однопровідною подачею флюсу під високим тиском; із механічною подачею флюсу.

Комплект флюсового різання (КФР) призначений для різання високохромистих, хромо-нікелевих, жароміцних, нержавіючих сталей і чавунів (рис. 140).

Технічні характеристики КФР наведено в табл. 60. Схему комплекту киснево-флюсового різання зображено на рис. 141.

Табл. 60. Характеристики КФР

Характеристики	Показники
Товщина розрізуваного металу, мм, не більше	200
Флюс	залізний порошок марки ПЖ
Носій флюсу	пропан-бутан метал
Максимальні витрати, м³/год: кисню природного газу (метан) пропан-бутану	22,5 3,1 1,8
Робочий тиск газів, кгс/см²: кисню флюсоносного газу	6–8 0,1–0,4
Маса різака, кг, не більше	0,97/1,27/2,1
Довжина різака, мм	520/420/1500



Рис. 140. Комплект флюсового різання

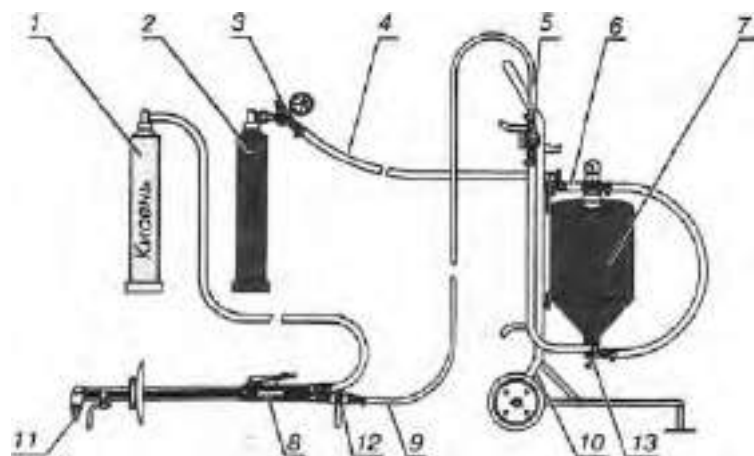


Рис. 141. Схема комплексу киснево-флюсового різання:

1 — кисневий балон; 2 — балон горючого газу; 3 — редуктор БПО-5ДМ; 4 — рукав газопровідний діаметром 9 мм з накидними гайками; 5 — запобіжник для КФР-352; 6 — клапан вогнезапобіжний; 7 — флюсоживильник; 8 — різак газокисневий; 9 — рукав діаметром 6 мм; 10 — шовок; 11 — мундштук газозмішувальний ФЖМ №1, 2 і 3; 12 — кран кульовий; 13 — змичувальний пристрій із ситом 0,2 × 0,4 мм

6.9. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ

● **Технічне нормування** — це встановлення технічно обґрунтованих норм часу на виконання різних зварювальних робіт.

Дотримання норм часу дає змогу зварювальникові продуктивніше використовувати робочий час, повністю завантажувати зварювальне обладнання, а при застосуванні раціональних прийомів зварювання перевищувати встановлені норми.

У норму часу на виконання зварювальних робіт входять: основний час; підготовчо-заключний час; допоміжний час; час на обслуговування обладнання і відпочинку.

НОРМУВАННЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Основний час, хв. затрачений на зварювання 1 м шва, визначають за формулою

$$t_{\text{осн}} = k S,$$

де k — коефіцієнт, що залежить від типу зварного з'єднання, виду шва і зварюваного металу (для газового зварювання $k = 2-6$); S — товщина зварюваного металу, мм.

При зварюванні вертикальних швів основний час множать на коефіцієнт 1,2, горизонтальних — на 1,4, стельових — на 1,6.

Підготовчо-заключний час — це час на отримання завдання, інструктаж, вибір номера наконечника пальника, встановлення балонів, зарядку генератора, перевірку запобіжного затвору, здачу готової продукції.

Допоміжний час складається з часу запалювання та гасіння пальника, регулювання полум'я, розігрівання кромки, перехід з одного місця на інше, огляд шва, очищення кромки і шва, клеймування та прибирання виробу.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби включає прибирання робочого місця, балонів і устаткування.

Підготовчо-заключний, допоміжний час і час на обслуговування робочого місця та відпочинок при дуговому зварюванні становить 30–50 % основного часу.

НОРМУВАННЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

Для розраховування **основного часу** зварювання необхідно знати силу зварювального струму, масу наплавленого металу та коефіцієнт наплавлення електрода.

Об'єм наплавленого металу визначають за формулою

$$V_{\text{н}} = F l,$$

де $V_{\text{н}}$ — об'єм наплавленого металу, см³; F — площа поперечного перерізу шва, см²; l — довжина шва, см.

Масу наплавленого металу визначають за розмірами шва за формулою

$$Q_{\text{н}} = V_{\text{н}} \gamma,$$

де, Q_n — маса наплавленого металу, г; V_n — об'єм наплавленого металу, см^3 ; γ — густина металу, г/см^3 (для сталі $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Силу зварювального струму встановлюють залежно від діаметра електрода, просторового положення шва та інших даних.

Коефіцієнтом наплавлення α_n називають кількість металу, наплавленого протягом 1 год горіння дуги на одиницю сили струму (г/А-год). При ручному зварюванні коефіцієнт наплавлення залежить від марки електрода.

Основний час зварювання $t_{\text{з}}$ визначають за формулою

$$t_{\text{з}} = Q_n / (I_{\text{з}} \alpha_n),$$

де $I_{\text{з}}$ — сила зварювального струму.

Допоміжний час при ручному зварюванні складається з часу, витраченого на вмикання і вимкання джерела живлення, зміну електродів, зачищення кромки, установлення і зняття деталей, зачищення шлаку, огляду швів.

Витрати підготовчо-заключного і допоміжного часу на обслуговування робочого місця та відпочинок становлять 30–50 % і визначаються хронометражними спостереженнями.

Витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу при зварюванні змінним струмом становлять 3–4 кВт-год, а при зварюванні постійним струмом — 4–6 кВт-год.

НОРМУВАННЯ НАПІВАВТОМАТИЧНОГО І АВТОМАТИЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Норму часу на автоматичне й напівавтоматичне зварювання визначають так само, як і для ручного дугового зварювання. Основний час при однаковій товщині металу менший, ніж при ручному зварюванні. Силу зварювального струму визначають за даними технологічного процесу. Коефіцієнт наплавлення залежить від хімічного складу дроту і флюсу, від полярності струму та його густини. Коефіцієнт наплавлення в середньому становить 11–18 г/А-год . Витрати дроту $Q_{\text{др}}$ при автоматичному зварюванні становлять $Q_{\text{др}} = 1,1 Q$, де Q — маса наплавленого металу.

Підготовчо-заключний час складається з часу, витраченого на ознайомлення та одержання завдання, інструктаж, установлення режиму зварювання, підготовку та встановлення пристосувань.

Допоміжний час включає витрати часу на зачищення й огляд зварюваних кромки, завантаження флюсу, встановлення та зняття виробу, огляд швів та інші операції.

На обслуговування робочого місця при автоматичному зварюванні витрачається значно менше часу, ніж при ручному дуговому зварюванні. Підготовчо-заключний і допоміжний час на обслуговування робочого місця та відпочинок становить 10–13 % основного часу зварювання.

НОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Розраховуючи норми основного часу на наплавлення, ураховують кількість наплавленого металу за годину.

Для ручного дугового наплавлення час наплавлення однієї деталі t_n , хв, визначають за формулою

$$t_n = 60 Q_n k / (I_{\text{з}} \alpha_n),$$

де k — коефіцієнт, який ураховує допоміжний час на технічне обслуговування та перерви на відпочинок, $k = 1,5$; α_n — коефіцієнт наплавлення, $\alpha_n = 12–18 \text{ г/(А-год)}$.

Допоміжний час установлюють за допомогою хронометражного спостереження, він дорівнює 30–50 % основного часу. При наплавленні порошковим дротом відкритою дугою коефіцієнт наплавлення дорівнює 13–16 г/(А-год) , витрати дроту на 1 кг наплавленого металу становлять 1,25–1,42 кг. Нормою часу при наплавленні порошкоподібних матеріалів є *погодина продуктивності*, при якій наплавляють поверхню площею 60–100 см^2 , товщиною шару 1,5–2 мм. При цьому маса наплавленого металу становить 0,15–0,18 кг.

При газовому зварюванні залежно від товщини металу, S витрати є такими: на 1 м шва ацетилену, л — 8,5; кисню, л — 9,5; дроту, г — 10,5.

70. ВИДИ ТА ПРИЧИНИ ТРАВМАТИЗМУ

Виробничий травматизм при виконанні зварювальних робіт та шкідливий вплив зварювання і термічного різання на людину можуть призвести до тимчасової втрати працездатності (табл. 61).

Електричний струм (постійний і змінний) небезпечний для людини, а змінний струм у 3–5 разів небезпечніший від постійного. Ступінь небезпеки залежить від умов включення людини

в коло напруги. Сила струму, що протікає через організм людини, обернено пропорційна опору (за законом Ома). Мінімальний розрахунковий опір людини — 1000 Ом. Ураження електричним струмом найбільш небезпечне при включенні людини у двофазне коло, коли на організм людини діє повна напруга кола при порівнянні невеликому опорі. Менш небезпечним є включення

людини в однофазне коло, коли коло замикається через землю (або повітря) при загальному збільшенню опору. Види ураження електричним струмом: *електричні удари* (уражуються нервова система, м'язи грудної клітки і шлункових серія; можливий параліч дихальних центрів і втрата свідомості); *травми* (опіки шкіри, тканин м'язів і кровоносних судин).

Світлова радіація дуги, яка діє на незахищені органи зору (продовж 10–30 с у радіусі до 1 м від дуги, може викликати сильну різь, слізоотечу і світлобоязнь. Довготривала дія світла дуги за таких умов може призвести до більш важких захворювань (електроофтальмія, катаракта). Дія променів зварювальної дуги на органи зору *має алія на відстані до 10 м від місця зварювання*. Підвищена яскравість променів дуги спостерігається в захисних газах, особливо при зварюванні плавким електродом алюмінію в аргоні.

Шкідливі речовини (гази, пара, аерозоль) при зварюванні виділяються внаслідок фізико-хімічних процесів, які виникають при плавленні й випаровуванні зварюваного металу, компонентів покриття електродів і зварних флюгів. Дія зварювальної аерозолі може призвести до появи професійних інтоксикацій і пневмоконіозу, розвиток і важкість перебігу яких залежать від хімічного

складу та концентрації шкідливих речовин (оксидів заліза, марганцю, хрому, цинку свинцю, вуглецю, азоту, газоподібних фтористих з'єднань).

Вибухонебезпечність зумовлюється ластисуванням при зварюванні й різанні кисню, захисних газів, балонів із стиснутими газами. Вибухонебезпечні хімічні з'єднання, які утворюються під час ремонту резервуарів та іншої тари для зберігання горючих рідин, потребують спеціальних заходів для попередження вибухів.

Теплові опіки, удари та поранення можуть виникнути внаслідок дії високої температури джерел зварювального тепла і значного нагрівання металу, а також через обмежену можливість огляду робітником навколишнього простору у зв'язку з проведенням робіт з використанням щитків, масок і окулярів із світлозахисним склом. Зварникам і різальникам, які зайняті в будівництві, часто доводиться працювати поблизу діючих будівельно-монтажних машин, у важкодоступних місцях на тимчасових підмостках, на великій висоті, у котлимахах, трамваях, що значно підвищує небезпеку травматизму.

Несприятливі кліматичні умови діють на зварників (різальників), будівельників більше половини часу року, тому що їм доводиться працювати переважно на відкритому повітрі.

Табл. 61. Основні види і причини травматизму при зварюванні та різанні

Травми і характер шкідливого впливу	Основні причини	Наслідки	Вид зварювання і різання
Ураження електричним струмом	Протікання через людський організм електричного струму силою 0,002–0,05 А може призвести до смерті	Електричні удари та травми	Усі види зварювання з використанням електроенергії
Дія променів енергії дуги	Виділення електричної дугою іонізуючих потоків видимих світлових і невидимих (ультрафіолетових та інфрачервоних) променів та їх дія на незахищені органи тіла та шкіру	Електроофтальмія, катаракта, опіки шкіри	Дугове зварювання в захисних газах і відкритому дугою
Дія токсичних речовин	Утворення токсичних газів, парів та аерозолів, які складаються з оксидів металів і їх домішок, а також продуктів згоряння і випаровування захисних покриттів основного металу (цинку, свинцю тощо), компонентів покриттів електродів, флюгів і паст	Захворювання органів травлення, пневмоконіоз	Дугове зварювання покривними електродами і від флюсом, зварювання і різання плавких і кольорових металів
Вибухонебезпечність при роботах з застосуванням кисню, з посудинами під тиском і при ремонті посудин і підпалів	Утворення вибухових сумішей з кислородом. Ударна дія, неправильне транспортування або експлуатація, перетрів газонних балонів. Утворення сумішей з повітрям, парів горючих рідин (у замкнутому приладі), вибухонебезпечність при дії високих температур	Наслідки вибухів	Зварювання дугою і в захисних газах, термічне різання
Теплові опіки	Дія на незахищену шкіру високої температури дуги, іскр, нагрітого металу, флюгу і т. д.	Опіки різкого ступеня	Усі види зварювання й різання з нагріванням
Метеорологічні умови	Низька й висока температури повітря, сильні погодні потоки, опади	Переохолодження, перегрівання, млягість	Зварювання, термічне різання та будівельних майстерів
Пожезна небезпека	Дія на вогненебезпечні матеріали відкритої дуги, іскр, розплавленого металу, флюгу	Наслідки пожежі	Усі види зварювання і різання з нагріванням

Підвищена пожежна небезпека при зварюванні спричинена тим, що температура плавлення металу перевищує 1000 °C, а рідкі горючі речовини, дерево, папір, тканини та інші легкозаймисті матеріали загоряються при 250–400 °C.



Близько 80 % професійних захворювань зварників в Україні спричинені дією зварювальних аерозолів на органи дихання!

71. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ

До зварювальних робіт усіх видів не допускаються особи, яким не виповнилося 18 років.

При дуговому зварюванні та різанні необхідно дотримуватися таких **заходів безпеки**:

1. Надійно заземляти корпуси зварювальних апаратів і установок, затискачі вторинного кола зварювальних трансформаторів, призначені для підключення зворотного проводу, а також зварні виробн й конструкції.

2. Не торкатися голими руками (без діелектричних рукавиць) струмонесучих частин зварювальних установок, а також проводів без ізоляції або з пошкодженою ізоляцією.

3. Перед початком роботи перевіряти ізоляцію зварювальних проводів, зварювальний інструмент й обладнання, а також надійність усіх контактних з'єднань зварювального кола.

4. При довгогривальних перервах зварювального процесу відключати джерело зварювального струму.

5. Застосовувати як зворотний провід зварювального кола металеві конструкції і трубопроводи (без гарячої води або вибухонебезпечного середовища) тільки тоді, коли їх чварюють. Забороняється використовувати як зворотний провід зварювального кола контури заземлення, труби санітарно-технічних пристроїв, металоконструкції закінчених будов і технологічного обладнання.

6. При прокладанні зварювальних проводів не допускати пошкодження ізоляції і стикання проводів із водою, маслом, сталевими канатами, підлогами і трубопроводами з горючими газами та киснем, з гарячими трубопроводами.

7. Гнучкі проводи електричного керування зварювальної установки при значній їх протяжності помішати в гумові або брезентові рукави.

8. Надійно заземляти металевий корпус одноступінчастого генератора, конструкція якого має забезпечувати автоматичне відключення струму при відкриванні його дверцят.

9. Не ремонтувати зварювальне обладнання та установки, які перебувають під напругою.

10. При зварюванні в особливо небезпечних умовах (у середині металевих посудин, трубопроводів, у тунелях, на понтонах):

- оснащувати електрифіковані установки пристроями автоматичного відключення напру-

ги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 В з витримуванням не більше ніж 0,5 с;

- виділяти робітника-помічника, який повинен перебувати поза псевдудиною для спостереження за безпечністю роботи зварника. Зварникові видають поле з інструментом, кінець якого завдовжки не менше ніж 2 м має тримати робітник-помічник.

11. Не допускати до дугового зварювання або різання зварників у мокрих рукавицях, взутті й спецодязі.

12. Ремонтувати ємкості, що використовувалися під гарячі рідини, тільки після дво-триразового промивання їх водним розчином каустичної соди або тринатрійфосфату, кип'ятінням або продуванням паром.

13. Під час дощу роботи на відкритому повітрі необхідно вести тільки за наявності відплатливих захисних пристроїв (навіси, дашки і т. д.)

14. У разі ожеледиці або вітру більше шести балів виконувати зварювання або різання на висоті не дозволяється.

15. При захворюванні очей від світлової радіації дуги необхідно негайно звернутися до лікаря, за відсутності швидкої медичної допомоги робити примочки очей слабким розчином питної соди.

При ураженні електричним струмом необхідно:

- терміново відключити струм вимикачем, який розташований найближче, або швидко витягнути потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи сухі підручні матеріали (дошку і т. д.), після чого покласти його на теплу підстилку і по можливості зігріти;

- негайно викликати медичну допомогу, адже затримка більше 5–6 хв може призвести до непоправних наслідків;

- у разі втрати потерпілим свідомості звільнити його від тісного одягу, очистити рот від сторонніх предметів, прилягти мирно проти задання язика та негайно приступити до виконання штучного дихання, продовжуючи його до прибуття лікаря або відновлення нормального дихання.

Для захисту очей і обличчя зварника від світлової радіації електричної дуги застосовують ручні щитки, маски або шоломи із світлофільтрами, призначеними для захисту очей від ультрафіолетового та інфрачервоного випро-

мінювання. Світлове випромінювання дуги послаблюється світлофільтрами в 10^2 – 10^6 разів. Застосовують скляні світлофільтри серії С, які поділяють на 13 класів. Вони забезпечують за-

хист очей від випромінювання при зварюванні за струмах від 5 до 1000 А. Вибирають світлофільтри залежно від виду зварювання і сили струму.

7.2. ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ГАЗОПОЛУМЕНЕВИХ РОБОТАХ

При газополуменевих роботах у повітрі робочої зони накопичуються шкідливі речовини. Одні з них утворюються внаслідок взаємодії полум'я з металами і повітрям — з'єднання марганцю, заліза, хрому, нікелю, міді, цинку та інших металів, монооксиду вуглецю та оксиду азоту. Інші проникають у повітря з ацетиленового генератора: ацетилен, природний газ, зріджені гази (бутан, пропан), пари рідкого пального (бензин, гас), кисень і домішки ацетилену — фосфористий водень (фосфін) і сірководень. Ці речовини є шкідливими й небезпечними для зварників, деякі з них — вибухо- й пожежонебезпечні.

Газозварювальні роботи мають виконуватися на відстані не менше 10 м від пересувних генераторів, 5 м — від балонів і баків з рідким паливом, 1,5 м — від газопроводу. У разі напруження полум'я в бік джерел живлення застосовують заходи захисту від впливу теплоти полум'я шляхом установлення металевих ширм.

Перш ніж розпочати роботу, необхідно перевірити справність апаратури, обладнання, балонів, рукавів, герметичність з'єднань, справність пломб на редукторах і затворах.

У разі перегрівання пальника роботу треба припинити, а пальник охолодити водою.

Після закінчення роботи потрібно перекрити усі вентилі на балонах, відкрутити гвинт редуктора, відкрити вентиль на пальнику (різаку), навести лад на робочому місці, прибрати обладнання в спеціально відведене місце.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ

при газополуменевих роботах: експлуатувати обладнання власного виготовлення; виконувати роботи в разі порушення герметичності з'єднань і рукавів; працювати без спецодягу та засобів індивідуального захисту, у замасленому одязі; використовувати кисень для очищення одягу; виконувати роботи без протипожежних засобів, палити під час роботи з пересувним ацетиленовим генератором, карбідом кальцію, рідким паливом; ремонтувати пальник та інше обладнання на робочому місці; установлювати пересувні генератори в похилому положенні та поруч із кисневим балоном; транспор-

тувати кисневі й ацетиленові балони (за винятком двох балонів до робочого місця);

при монтажних роботах: продовжувати роботу при зворотному ударі або виявленні несправностей обладнання; тримати під час роботи руки на плечах, ногах, навколо поясу; перебувати із запаленим пальником, трапами, драбинами, переходити з поверху на поверх; зберігати мастильні матеріали лоруч із кисневим балоном; зберігати карбід кальцію у відкритій тарі на робочому місці; переносити завантажений генератор; скидати з висоти балони; зливати намул на території будівельного майданчика;

при застосуванні рідкого палива: виконувати роботи з рідким паливом у закритих посудинах і колодязях; використовувати різак або пальник без зворотного клапана; застосовувати паливо, не передбачене інструкцією з експлуатації, виконувати роботи в разі появи хлопків або зворотних ударів; наливати паливо в бачок більше ніж на $\frac{3}{4}$ його місткості, випускати повітря з бачка перш ніж погасне полум'я; відкручувати гайку насоса до повного випускання повітря з бачка; зменшувати тиск кисню на вході в різак нижче за тиск пального в бачку; користуватися рукавами невідповідного класу і типу, довжина яких перевищує 10 м; гасити водою бензин, гас або їх суміші;

у посудинах, тунелях, холодах: працювати в закритих посудинах при недостатньому місці в повітрі кисню (менше за 19 %); виконувати роботу без робітника-страхувальника; зварювати або різати посудини, що перебувають під тиском або містять вибухові речовини; використовувати апаратуру, що працює на рідкому паливі, залишати пальник (різак) із запаленим полум'ям.

Для проведення робіт у посудинах, тунелях і колодязях необхідно оформляти наряд-допуск. Обов'язково слід забезпечити примусову вентиляцію і місцеве освітлення з напругою 12 В. Роботу повинні виконувати не менше ніж два робітники. Один з них повинен страхувати зовні посудини. Почувши запах газу, зварник зразу ж повинен припинити роботу й покинути робоче місце.

Жінки до таких робіт не допускаються!

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

Загальні відомості про зварювання

1. Що називають зварюванням?
2. Назвіть основні види зварювання плавленням.
3. Що називають зварним з'єднанням?
4. Що таке зварювальна ванна?
5. Що називають кратером?
6. Що таке розчищення кромок?
7. Що називають коренем шва?
8. Як класифікують шви?
9. Як вказують місце розташування шва?
10. Як позначають шов по незамкнутому контуру?
11. Яким допоміжним знаком позначають катет шва?
12. Як позначають монтажний шов?

Зварювальна дуга

1. Що називають зварювальною дугою?
2. Як називається процес утворення заряджених частинок в газах?
3. Яка температура столба дуги?
4. Який загальний спад напруги в дузі?
5. Яку полярність треба використовувати для зварювання тонких металів?
6. Що таке магнітне дуття? Укажіть способи, якими можна послабити дію магнітного дуття.

Обладнання зварювального поста

1. Що таке зварювальний пост?
2. Які є види електродотримачів?
3. Як вибірають перекид зварювального приводу?
4. Для чого призначені зварювальні щитки і маски?
5. Як підбирають світлофільтри?
6. Назвіть основні виміри до одягу зварника.
7. Як класифікують джерела живлення за родом струму?
8. Які види джерел живлення постійного струму?
9. Яким може бути зовнішня локоть-амперна характеристика?
10. Який принцип дії трансформатора?
11. Якню має бути напруга холостого ходу?
12. Для чого призначений зварювальний випрямляч?
13. Як будова зварювального генератора?
14. З яких вузлів складається ланцюговий перетворювач?
15. Назвіть види зварювальних агрегатів.

Зварювальні дроти та електроди

1. Для чого призначений сталевий зварювальний дріт?
2. Яке умовне позначення зварювального дроту?
3. Назвіть марки дротів і прутків, що використовуються для зварювання чорних і кольорових металів.
4. Які дроти використовують для зварювання алюмінію?
5. Які марки дроту застосовують при зварюванні міді та її сплавів?
6. Який дріт використовують для зварювання титану, нікелю, свинцю, цинку та магнісних сплавів?
7. Що таке порошковий дріт?
8. Якого перерізу випускають порошкові дроти?
9. Що таке електрод?
10. Як класифікують плавкі штучні електроди?
11. Як умовно позначають плавкі штучні електроди?
12. Для чого використовують просушувальні електродів?
13. Як зберігають електроди?

Ручне дукне зварювання покритими електродами

1. У чому полягає підготовка деталей до зварювання?
2. Як виконують складання деталей для зварювання?
3. Назвіть режими ручного дукного зварювання покритими електродами.
4. Як підбирають діаметр електрода?
5. Як визначають силу зварювального струму?
6. Що називають зривом полярності?
7. Коли використовують збуртну полярність?
8. Як вибирають режим зварювання на розміри та форму шва?
9. Назвіть способи запалювання дуги.
10. Коли виконують коливальні рухи електродом?
11. Як визначити довжину дуги?
12. Як треба зацілювати дугу після її обриву?
13. Як завершують процес зварювання?
14. Назвіть способи зварювання кутових швів.
15. Як зварюють кутів шви «у човник»?
16. Як способи виконання швів великого перерізу?
17. У чому суть зворотно-ступінчастого способу зварювання?
18. Як зварюють довгі шви?
19. Який кут нахилу електрода при зварюванні нижніх швів?
20. У який спосіб виконують зварювання вертикальних швів при малій товщині металу?

Металургійні процеси при зварюванні

1. Які особливості металургійних процесів при зварюванні?
2. Чим характеризується ділянка неповного розплавлення більшої зони? А ділянка перетворення?
3. Що характерно для ділянки нормалізації?
4. Чим характеризується ділянка рекристалізації?
5. Яка особливість ділянки синьоломкості?

Деформації та напруги при зварюванні

1. Коли виникають гарячі тріщини?
2. При яких температурах виникають холодні тріщини?
3. Що таке ливарна усадка розплавленого металу?
4. Що забезпечує зворотно-ступінчастий порядок накладання швів?
5. Що таке визношення деформацій?
6. Для чого використовують термічну обробку зварних виробів?

Матеріали для газового зварювання

1. Якими способами одержують кисень?
2. Чому необхідно уникати забруднень кисневих балонів часами?
3. Якими способами одержують ацетилен?
4. Яка температура пропан-бутанового полум'я?
5. Назвіть хімічний склад технічного карбіду кальцію.
6. Який вихід ацетилену з 1 кг CaC_2 ?
7. Які грануляти випускають карбід кальцію?

Обладнання для газового зварювання

1. Для чого призначені ацетиленові генератори?
2. Які основні частини ацетиленового генератора?
3. Що таке запобіжний затвор?
4. Де встановлюють полум'ягасники?
5. Для чого використовують хімічні очисники?
6. Що таке балон?

7. Для якого тиску націнюють кисневий балон?
8. Чому не можна випускати повільно кисень з балона?
9. Чим заповнений ацетиленовий балончик?
10. Який запобіжний тиск має бути в ацетиленовому балоні?
11. Який максимальний робочий тиск в балонах з ардуменом газом (ціпраном)?
12. Чому ацетиленовий вентиль випускають зі сталі?
13. Для чого призначений редуктор?
14. Чим відрізняється ацетиленовий редуктор від кисневого?
15. Коли виникає замерзання редуктора?
16. Як вийти з рукотв. (підняти)?
17. Для чого призначені манометри?
18. Що таке инжектор? Яка особливість роботи безинжекторного пальника?
19. Які пальники використовують для паяння, нагрівання і пиччення?

Технологія дугового зварювання

1. Як утворюється зварювальне подум'я?
2. Яка температура окислюючо-кисневого подум'я?
3. Чим характеризуються ядро подум'я?
4. Яким чином виконують зварювання?
5. На якій відстані від кінця ядра відокремлюється зона з найвищою температурою?
6. Як вийти з подум'я?
7. Як одержують окислювальне подум'я? А навуслепцюване?
8. Описати зварювання ливним способом.
9. Для зварювання яких металів застосовують ливний спосіб?
10. Як зварюють правим способом?
11. Як здійснюють коливальні рухи пальником і присадковим дротом?
12. Як вибирають розмір кута нахилу мундштука до зварювального металу?
13. Як зварюють вертикальні шви при малій товщині металу?
14. Як зварюють горизонтальні шви? А стельові?

Зварювання в захисних газах і під флюсом

1. Для чого використовуються захисні гази?
2. Як їх розділяють на інертні та активні?
3. Що таке зварювання електродом?
4. Назвіть види подіформованих електродів.
5. Як особливості вугільних і графітових електродів?
6. Назвіть основні параметри режиму зварювання в захисних газах.
7. Як починають і закінчують процес напіварування в захисних газах?
8. Які характерні особливості зварювання вугільним і графітовим електродом?
9. Охарактеризуйте призначення флюсів для механізованого зварювання.
10. У чому полягає суть зварювання під флюсом і які його основні переваги?
11. Назвіть особливості плазменного зварювання.

Зварювальність матеріалів

1. Що таке зварювальність матеріалів?
2. На які групи за зварюваністю поділяють сталі?
3. Для чого виконують попередній підігрів сталей?
4. Як зварюють різновидні й двоварові сталі?
5. Які способи зварювання різновидних і тугоплавких металів?

6. Які труднощі зварювання чавунів?
7. Назвіть способи зварювання чавунів.
8. Які способи зварювання міді?
9. У чому полягає основна трудність зварювання латуні?
10. Які особливості зварювання бронзи?
11. Поясніть труднощі зварювання алюмінію.
12. Які способи зварювання алюмінію?
13. Охарактеризуйте технології зварювання титану, нікелю, свинцю, цинку, срібла та інших кольорових металів і сплавів.
14. Якими способами зварюють пластмаси?

Зварювання металоконструкцій

1. Як класифікують зварні конструкції?
2. Де застосовують балкові конструкції?
3. З яких елементів складаються ферми?
4. Укажіть порядок зварювання труб різного діаметра.

Наплавлення

1. Що називають наплавленням?
2. Якими матеріалами виконують наплавлення?
3. Охарактеризуйте покриті електроди для наплавлення.
4. Як особливості техніки наплавлення?

Різання металів

1. Які способи дугового різання?
2. Як виконують повітряно-дугове різання?
3. У чому полягає суть окислювально-дугового різання?
4. Укажіть особливості плазменного різання.
5. У чому полягає суть різання окисненням?
6. Чим відрізняється різак від пальника?
7. Як бувають мундштуки різаків?
8. Як здійснюють різак?
9. У чому суть хімічно-флюїдні різання?
10. Охарактеризуйте теплову й абразивну дію флюїду.
11. Що є основним компонентом флюїду?

Дефекти й контроль якості зварних з'єднань і швів

1. Які дефекти виникають при підготовці та збиранні зварних вирубів?
2. Які дефекти виникають внутрішніми й зовнішніми?
3. За якими ознаками класифікують внутрішні методи контролю?
4. Як контролюють надійність матеріалів, заготовки під зварювання?

Нормування зварювальних робіт

1. Що передбачає технічне нормування зварювальних робіт?
2. Як розраховують основний час зварювання?
3. Як визначають масу наплавленого металу?
4. Що називають коефіцієнтом наплавлення?
5. Як визначають норму часу на автоматичне й напівавтоматичне зварювання?

Охорона праці при зварювальних роботах

1. Які види ураження електричним струмом?
2. Укажіть послідовність дій при ураженні електричним струмом.
3. Виберіть світлофільтр для зварювання сталі похрипними електродом при струмі зварювання 300 А.
4. Як попередити теплові опіки зварників?
5. Які основні протипожежні заходи здійснюються при зварюванні?

ВЛАСТИВОСТІ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Елемент	Символ	Умовне позначення в таблиці Менделєєва і подання		Температура, °C		Густина, г/см³	Темлопровідність, Вт/м·K	Темлоємність, Дж/кг·K	Шалений коефіцієнт теплового розширення, 10⁻⁶/°C	Температурний коефіцієнт		Твердість, ГПа, 10 Па	Гранична висота, м, 10³ м
		чорний	кольоровий	плавлення	кипіння					електричного опору, 10⁻⁸/°K	линійного розширення, 10⁻⁶/°K		
Срібло	Ag		Cr	960,5	2163	10,5	425,5	254	0,0163	4,1	19,7	25	18
Алюміній	Al	Ю	A	933	2520	2,70	238	913	0,0267	4,5	23,5	5	5
Золото	Au		Ja	1063	2868	19,3	415,5	140	0,0220	4,0	14,7	25	14
Наріж	Pa			729	2130	3,5		285	0,00		18		
Неростій	Ne	Л	В	1297	2473	1,85	194	2052	0,033	9,0	12		
Висхід	Be	—		271	1564	9,80	9	24,8	11,7	4,6	13,4	9,2	1,7
Кальцій	Ca	—		839	1484	1,54	125	624	0,037	4,57	22		
Церій	Ce	—		798	3430	6,75	1,9	188	0,054	8,7	8		
Кадмій	Cd	Kz	Ka	321	767	8,64	103	233,2	0,033	4,0	31	20	6,8
Кобальт	Co	K	K	1492	2930	8,9	66	427	0,0034	9,6	12,5		
Хром	Cr	X	X	1860	2680	7,1	91,3	461	0,132	2,14	5,5	11,2	41
Цезій	Cs			28,5	679	1,89	46,1	734	0,20	4,8	97		
Мідь	Cu	D	M	1083,4	2560	8,96	397	186	0,0169	4,3	17	45	23
Берилій	Be		Ж	1550	2869	7,84	78,2	456	0,101	6,5	12,1		—
Зинк	Zn			297	2205	7,01	41,0	177			18,3	7,5	1,5
Неростій	Ge			937	2830	5,32	56,4	210	890		5,73		
Ірідій	Ir			2227	4600	21,1	22,9	147	0,037	4,4	6,8	145	42
Ртуть	Hg			238,7	357	13,55	8,65	138	0,039	1,0	61		
Індій	In			156,4	2070	7,3	80,0	243	0,035	5,7	24,8	0,9	0,3
Срібля	Te			2154	4390	22,4	146,5	130,6	0,03	4,5	6,8	212	22
Калій	K			63,2	759	0,86	104	354	0,065	5,7	85		—
Літій	Li			181	1342	0,534	76,7	3517	0,0929	4,35	56		
Магній	Mg	III	M	649	1090	1,74	135,5	1038	0,042	4,25	26,0	30	12
Марганець	Mn	Г	Mn	1244	2060	7,4	7,8	495	0,0161		23		
Молибден	Mo	M		2613	4610	10,2	137	251	0,037	4,33	5,1	181	68
Натрій	Na			97,8	881	0,97	129	1227	0,047	5,5	31		
Ніобій	Nb	Б	НБ	2467	4740	8,6	54,7	268	0,100	2,8	7,2	73,5	34
Нікель	Ni	Н	Л	1455	3013	8,9	88,5	452	0,069	6,5	13,5	90	38
Осмій	Os			3070	5000	22,5	87,5	130	0,088	4,1	4,57	350	
Смоль	Pb		С	327,4	1750	11,68	34,9	129,8	0,036	4,2	29,8	5	1,4
Галій	Ga			1352	2400	12,0	75,5	217	0,108	4,2	17,0	40	14
Іттерій	Pr		Па	1369	1830	71,45	71,5	134,4	0,1058	3,92	9,0	30	15
Радій	Ra			700	1600	5							
Рубідій	Rb			38,8	688	1,53	58,4	356	0,127	4,8	9,0		
Реній	Re			3180	5690	21,3	47,6	138	0,187	4,5	6,6	200	111
Родій	Rh			1566	2700	12,4	149	243	0,047	4,4	8,5	136	55
Рутеній	Ru			3310	4120	12,2	116,3	214	0,0377	4,1	9,6	216	50
Сурма	Sb		Сv	630,5	1590	6,68	23,8	209	0,461	5,1	8,11		—
Кремій	Si	С	Kp	1415	1270	2,34	148,5	709	0,0134		7,6		
Олово	Sn		П	231,9	2625	7,3	73,2	22,6	0,126	4,6	23,5	5,1	2,75
Стронцій	Sr			770	1374	2,4		717	0,23		190		
Тантал	Ta		ГТ	2980	5370	16,6	57,55	142	0,133	3,5	6,5	123	39
Терій	Th			1755	4290	11,5	49,2	100	0,14	4,0	11,2		
Титан	Ti	T	Tv	1667	3285	4,5	21,6	528	0,54	3,8	8,9	267	45
Галій	Se			364	1473	11,85	45,3	130	0,166	5,2	30	2,6	1,7
Ванадій	V	Ф	Вам	1903	3416	6,1	31,6	498	0,196	3,9	8,3	61	22
Цинк	Zn		Ц	419,5	911	7,14	119,5	391	0,0396	4,2	31	40	14
Вольфрам	W	В	В	3400	5555	19,3	174	115	0,034	4,5	4,5	750	147
Цирконій	Zr			1852	4400	6,49	22,6	289	0,94	4,4	3,9	57	27

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕМЕТАЛІВ

Неметали	Температура плавлення, °C	Температура кипіння, °C	Густина, г/см³	Умовні позначення в марках металів і сплавів	
				чорний	який маркується
Алюм Al	-210	195,5	2,70	А	
Бор В	2075	3850	2,35	В	
Бром Br	-7,3	59	3,12		
Вуглець Н	-259,4	-252,8			
Водень С	3500	—	1,21 г/см³	У	
Іод І	113	183	4,93		
Кисень О	-218,3	183	1,32		
Кремій Si	1415	3270	2,34	С	Кр(к)
Селен Se	179	688	4,5		
Сірка S	112,8	444,5	1,96		
Телур Te	453	1012	6,25		
Фосфор Р	44,2	280	1,82	П	Ф
Хлор Cl	-101,3	-34	1,57		
Фтор F	-223	-188,1	1,11		

ОДИНИЦІ ВИМІРЮВАННЯ І ПЕРЕВІДНІ КОЕФІЦІЄНТИ

Величини	Одиниці СІ		Співвідношення одиниць
	назва	позначення	
Температура	кельвін	К	Т°С = Т°К - 273,15
Маса	грам	г	1 фунт = 453,6 г; 1 т = 1000 кг
Довжина	метр	м	1 А = 10 ¹⁰ м = 0,1 км; (А - астрономічний, н - нано; 10 ⁻⁹) 1 дюйм = 25,4 мм; 1 фут = 30,48 см
Об'єм, місткість	кубічний метр	м³	1 л = 1 дм³
Час	секунда	с	1 хв = 60 с; 1 год = 3600 с; 1 доба = 86400 с
Сила	ньютон	Н	1 кгс = 9,807 Н
Зварна в'язкість	—	Дж/см²	1 Дж/см² = 0,9807 кгс·м/см²
Робота, енергія, місткість конденсаторів	джоуль	Дж	1 Дж = 1 Н·м; 1 ккал = 9,807 Дж; 1 ккал = 4,185 Дж
Потужність	ват	Вт	1 Вт = 1 Дж/с; 1000 Вт = 1 кВт = 1,36 кгс·м/с; 1 ккал = 735,5 Вт
Електроенергія	—	Ватгод	1 Втгод = 3600 Дж; 1 кВтгод = 10 ⁶ Втгод = 1000 Втгод = 3600000 Дж
Тиск, напруження, гранична міцкість	паскаль	Па	1 Па = 1 н/м²; 1 кгс/см² = 9,807 МПа; 1 кгс/см² = 98,07 кПа; 10,7807 МПа = 105 Па; 1 бар = 1 мм рт.ст. = 1 кгс/м² = 9,807 Па; 1 мм рт.ст. = 133,3 Па
Сила струму	ампер	А	1 мА = 10 ⁻³ А; 1 кА = 10 ³ А; 1 кА = 10 ³ А
Напруга	вольт	В	1 кВ = 10 ³ В; 1 мВ = 10 ⁻³ В; 1 мВ = 10 ⁻³ В
Частота	герц	Гц	1 кГц = 10 ³ Гц; 1 МГц = 10 ⁶ Гц
Опір	ом	Ом	1 кОм = 10 ³ Ом; 1 МОм = 10 ⁶ Ом; 1 мОм = 10 ⁻³ Ом
Листова площа	—	А·м²	А·мм²

УМОВНЕ ЦИФРОВЕ ПОЗНАЧЕННЯ СПОСОБІВ ЗВАРЮВАННЯ ВІДПОВІДНО ISO 4063-78

Ручне дугове зварювання покритим електродом (РЗЕ)	111
Дугове зварювання порошковим дротом (ЗП)	114
Дугове зварювання під флюсом дрітним електродом (ЗФ)	121
Дугове зварювання металевим (плавким) електродом в інертних газах (МІГ)	131
Дугове зварювання металевим (плавким) електродом в активних газах (МАГ)	135
Дугове зварювання порошковим дротом із захистом активним газом (ПАГ)	136
Дугове зварювання порошковим дротом в інертних газах (ПІГ)	137
Дугове зварювання вольфрамовим електродом в інертних газах із присаджувальним дротом чи без нього (ВІГ) (ПІГ)	141
Плазміне зварювання (ПЗ)	15
Газове зварювання (ГЗ)	311

ВИДИ ЗАГОТОВОК (МЕТАЛОПРОКАТ)

ВОДОГАЗОПРОВІДНІ ТРУБИ

Зовнішній прокат D	Зовнішній діаметр D _н	Легкі		Звичайні		Шляхисті	
		Товщина стінки	Маса 1 м	Товщина стінки	Маса 1 м	Товщина стінки	Маса 1 м
6	10,2	1,5	0,17	2,0	0,4	2,5	0,47
8	13,5	2,0	0,57	2,2	0,61	2,8	0,74
10	17,0	2,0	0,74	2,2	0,8	2,8	0,95
15	21,3	2,35	1,10	—	—	—	—
15	21,3	2,35	1,16	2,8	1,28	3,2	1,42
20	26,8	2,55	1,42	—	—	—	—
20	26,8	2,5	1,50	2,8	1,55	3,2	1,66
25	33,5	2,8	2,12	3,2	2,19	4,0	2,90
32	42,1	2,8	2,71	3,2	2,79	4,0	3,38
40	48,0	3,0	3,33	3,5	3,94	4,0	4,14
50	60,0	3,0	4,22	3,5	4,88	4,5	6,16

ТОНКОЛИСТОВА ГАРЯЧОКАТАНА І ХОЛОДНОКАТАНА СТАЛІ, ММ

Ширинна листа	600	710	750	800	1000
Товщина листа	Довжина				
0,7, 0,75, 0,8, 0,9, 0,95, 1,0	1200	1420	1500	1500	1500
0,7	2000	1420	1500	1500	1500
0,8, 0,9	2000	2000	2000	2000	2000
1,0, 1,1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2,0	2000	2000	2000	2000	2000
2,2, 2,5, 2,8, 3,0, 3,2, 3,5, 4,0	2000	1420	1500	1500	2000

СОРТАМЕНТ ПРОКАТУ

Гарячекатана труба (ГОСТ 2500-71):

- діаметр, мм: 6, 8, 10, ..., 34, 36, 40, 45, ..., 103, 140, 120, 130, ..., 190, 240;
 маса 1 м зазначено в таблиці: 0,222; 0,395; ..., 148,26 кг.

Гарячекатана квадрат (ГОСТ 2591-72):

- сторона квадрата: 10, 12, 13, 14, 15, ..., 6, 18, 20, 22, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 60 мм;
 маса 1 м зазначено в таблиці: 785, 1, 13, ..., 28, 26 кг.

Гарячекатана шестигранник (ГОСТ 2874-69):

- діаметр вписаного кола: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 30, 32, 36, 38, 40, 45, 50, 55, 60, 65, ..., 100

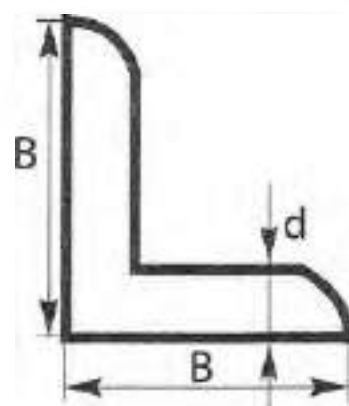
- маса 1 м зазначено в таблиці: 113, 0, 580, ..., 67, 98 кг.

ДОВЖИНА ПРОФІЛІВ КУТОВОЇ СТАЛІ

Питер профілю		Довжина, м	
рівнобічна	нерівнобічна	40,1	12,1
7-4	2,5-1,6-57,2	4	9
4,5-8	5,6-3,6-97,6	4	12

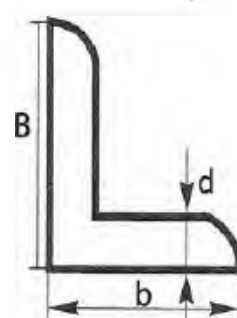
КУТОВА РІВНОБІЧНА ПРОКАТНА СТАЛЬ (ГОСТ 8509-72)

Питер профілю	Ширинна B, мм	Товщина d, мм	Площа профілю, см²	Маса 1 м, кг
2	30	1,4	1,1, 1,25	0,89 - 1,5
2,5	35	1,4	1,41, 1,55	1,12 - 1,46
3,6	40	1,4	1,70, 1,75	1,63 - 2,16
4	40	1,4	1,75, 1,98	1,80 - 2,42
4,5	45	1,4, 1,5	1,65, 1,79	2,08 - 2,33
5	50	1,4, 1,5	1,96-1,50	2,12 - 3,12
6,3	63	4, 5, 6	4,96-7,73	3,98 - 5,72
7	70	4, 5, 6, 7, 8	6,20 - 10,7	4,87 - 8,12
7,5	75	5, 6, 7, 8, 9	7,95-12,8	5,88-10,1
8	80	6, 7, 8, 9	8,67-12,7	6,63-12,3
9	90	6, 7, 8, 9	10,6 - 15,6	8,33-12,2
10	100	6, 7, 8, 10, 12, 14, 16	12,8 - 29,7	10,1-23,3
11	110	7, 8	15,2 - 31	11,9-33,5
12,5	125	8, 9, 10, 12, 14, 16	19,7 - 37,8	15,5-29,0
14	140	9, 10, 12	24,7 - 38,5	19,4-25,3
16	160	10, 11, 12, 16, 18, 20	31,4 - 60,4	24,7-67,4
18	180	11, 12	38,8 - 42,3	30,5-33,1
20	200	12, 13, 14, 16, 20, 25, 30	47,1 - 115,5	37,0 - 87,8



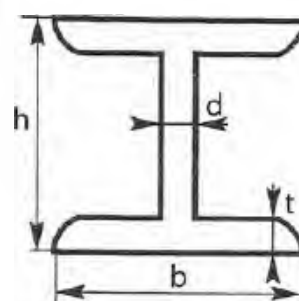
КУТОВА НЕРІВНОБІЧНА ПРОКАТНА СТАЛЬ (ГОСТ 8510-72)

Номер профілю	Висота H, мм	Ширина B, мм	Товщина d, мм	Площа профілю, см ²	Маса 1 пог. м, кг
2,5-1,6	25	16	3	1,15	0,9
3,5-2	35	20	3,5	1,9, 1,94	1,17-1,51
4-2,5	40	25	3,4	2,9, 2,47	1,48-1,61
5-3,2	50	30	3,3	3,41, 3,17	1,90-1,45
5,5-3,6	55	36	3,4, 3	3,6-4,4	1,48-1,46
6,5-4,0	65	40	4,5, 2,8	4,04, 3,68	1,77-1,60
7-4,5	70	50	4,5	4,67, 5,49	1,98-1,16
8-5	80	50	5,5	6,16, 7,55	2,99-1,92
10-6,5	90	50	5,6, 8	7,36-11,5	6,17-8,73
10-6,5	100	65	6,5, 8, 10	9,99-15,5	7,55-12,1
11-7	110	70	6,5, 8	11,4, 13,5	8,98-10,9
12-8	125	80	7,8, 10, 12	14,1-21,4	11,0-18,5
14-9	140	90	8,7, 10	18,0, 22,2	14,1-17,3
16-10	160	100	9,10, 12, 14	22,9-34,7	18,0-27,5
18-11	180	110	10, 12	28,3, 33,7	22,0-26,4
20-12,5	200	125	11, 12, 14, 16	34,9-49,8	27,4-39,1
25-16	250	160	12, 16, 18, 20	48,3-78,3	37,0-51,70



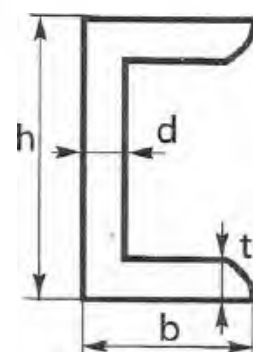
ДВОТАВРОВІ БАЛКИ (ГОСТ 8239-72)

Номер профілю	h	b	d	t	Площа профілю, см ²	Маса 1 пог. м, кг	Момент опору, см ³
10	100	55	4,5	7,2	12	9,40	49,7
12	120	65	4,8	7,5	14,7	11,5	58,0
14	140	75	4,9	7,5	17,4	13,7	81,7
16	160	81	5,0	7,8	20,7	15,9	109
18	180	89	5,1	8,1	23,4	18,4	145
18a	180	90	5,1	8,5	25,4	19,9	159
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,0	184
20a	200	101	5,2	8,6	28,9	22,7	205
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,0	230
22a	220	111	5,4	8,9	32,8	25,8	254
24	240	115	5,6	9,5	35,8	27,7	289
24a	240	125	5,6	9,5	37,5	29,4	317
25	250	125	5,7	9,8	40,2	31,5	35
27a	270	135	6,0	10,7	43,2	33,9	400
30	300	145	6,5	11,0	46,5	36,5	475
36	360	165	7,5	12,0	61,9	48,6	641
40	400	175	8,1	13,0	71,4	56,1	947
45	450	180	8,5	14,5	87,0	68,2	1290
50	500	170	9,5	15,2	91,8	76,8	1576
55	550	180	10,0	16,5	111	89,8	2000
60	600	190	11,0	17,8	112	104	2510
65	650	200	12,0	19,0	153	120	3120
70	700	210	13,0	20,8	176	138	3840



ШВЕЛЕРИ (ГОСТ 8240-72)

Номер профілю	h	b	d	t	Площа профілю, см ²	Маса 1 пог. м, кг	Момент опору, см ³
5	50	42	4,4	7,0	6,16	4,84	2,19
6,5	65	46	4,4	7,2	7,51	5,90	15,9
8	80	50	4,5	7,5	8,98	7,05	22,4
10	100	56	4,5	7,5	10,9	8,59	34,8
12	120	62	4,8	7,8	15,5	12,1	50,5
14	140	68	4,9	8,1	18,6	14,7	60,2
16a	160	72	5,0	8,7	17,0	13,0	77,8
16	160	74	5,0	8,6	18,1	14,2	97,4
18a	180	78	5,0	9,0	19,5	15,3	109
18	180	80	5,1	8,7	20,7	16,3	131
20	200	84	5,1	9,0	22,7	17,9	152
22	220	90	5,2	9,0	24,4	19,4	172
25	250	98	5,3	9,5	28,2	22,0	197
27	270	107	5,4	10,2	28,8	22,6	212
24	240	101	5,6	10,3	30,6	24,0	242
24a	240	105	5,6	10,7	32,5	25,8	260
27	270	115	6,0	10,5	35,2	27,7	308
30	300	120	6,5	11,0	40,5	31,8	387
40	400	175	8,0	15,5	61,5	48,1	781



ЗМІСТ

1. Класифікація основних видів зварювання	4	35. Зварювальне полум'я	61
2. Зварні з'єднання. Символізація і визначення	5	36. Режим газопого зварювання	62
3. Класифікація зварних швів	6	37. Техніка газопого зварювання	63
4. Умовні позначення швів зварних з'єднань	6	38. Газове зварювання в різних просторових положеннях	65
5. Зварювальна дуга	8	39. Захисні гази	67
6. Зварювальний пост з його обладнанням. Інструменти й прилади зварника	10	40. Неплазмі електроди	68
7. Джерела живлення їх класифікація, умовні позначення та характеристики	13	41. Зварювання в захисних газах	69
8. Зварювальний трансформатор	15	42. Газова апаратура і прилади	70
9. Зварювальний випрямляч	17	43. Режим зварювання плавким електродом у вуглекислому газі	72
10. Зварювальний перетворювач	19	44. Техніка зварювання в захисних газах	74
11. Зварювальний генератор	19	45. Зварювання порошковим і самозахисним дугами	75
12. Зварювальний агрегат	20	46. Зварювання вольфрамовим електродом	76
13. Інверторні джерела живлення	21	47. Зварювання вугільним електродом	78
14. Додаткове обладнання	22	48. Зварювальні флюкси	79
15. Сталевий і самозахисний зварювальний дріт	23	49. Зварювання під флюсом	80
16. Порошковий дріт і стрічка	24	50. Техніка зварювання під флюсом	81
17. Дріт і прутки для зварювання та наплавлення	25	51. Плазмове зварювання	83
18. Класифікація та характеристика покритих електродів	26	52. Зварювання сталей	84
19. Умови зберігання та підготовка електродів до зварювання	30	53. Зварювання розгорілих і тупогравих металів	87
20. Підготовка та складання деталей для зварювання	32	54. Зварювання чавунів	89
21. Параметри режиму ручного дугового зварювання та їх вплив на форму і розміри шва	34	55. Зварювання міді та її сплавів	90
22. Спосіб застосування зварювальної дузи	36	56. Зварювання алюмінію та його сплавів	91
23. Виконання зварних з'єднань у різних просторових положеннях	38	57. Зварювання кольорових металів та їх сплавів	96
24. Зварювання товстостінних конструкцій	41	58. Зварювання пластмас	97
25. Спосіб виконання швів різної довжини	42	59. Класифікація зварних конструкцій	98
26. Структура шва за зона термічного впливу	42	60. Зварювання металоконструкцій	99
27. Нарруги та деформації зварних конструкцій	43	61. Зварювання трубопроводів	101
28. Матеріали для плазмового зварювання	44	62. Дефекти зварних швів	103
29. Ацидний генератор АСП-10	47	63. Контроль якості зварних з'єднань	104
30. Запобіжні затвори	50	64. Наплавлення	105
31. Газові балони, циліндри, рукави	51	65. Термічне різання металів та його особливості	107
32. Редуктори, їх будова та принцип дії	54	66. Дугове різання та його види	108
33. Манометри, полум'ятаснихи, хімічні очисники	56	67. Кислєве різання	109
34. Газові пальники. Спеціалізовані пальники установки, комплекти	57	68. Кислєво-флюсове різання	111
		69. Основи технічного нормування	112
		70. Види та причини тріщинизму	113
		71. Охорона праці при дуговому зварюванні	115
		72. Охорона праці при плазмовому зварюванні	116
		Комп'ютеризоване зварювання та контроль	117