

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД

Південноукраїнський національний педагогічний університет  
імені К. Д. Ушинського

Кафедра загальнотехнічних дисциплін та технологічної освіти

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

ДО ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛУ:

**«НЕРОЗНІМНІ З'ЄДНАННЯ»**

З ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ВИРОБНИЦТВА»

Одеса - 2011

Укладачі: викладач Дальока О.М.  
студент V курсу Ходоров Ю.В.

Рецензент: к.т.н., доц. Полторак В.С.

Методичні рекомендації до вивчення теми «Нерознімні з'єднання» з дисципліни «Основи виробництва» для студентів напрямку підготовки «Технологічна освіта»

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри загально технічних дисциплін та технологічної освіти

від «09» червня 2011р. (протокол №11)

Рекомендовано вченою радою ПНПУ імені К.Д.Ушинського

від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011р.

(протокол № \_\_\_\_)

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	
1. Загальні відомості.....	
2. Сутність процесу і класифікація способів зварювання.....	
3. Ручне і автоматичне дугове зварювання.....	
4. Електрошлакове зварювання.....	
5. Дугове зварювання в захисній атмосфері, плазмодугове зварювання...	
6. Зварювання електронним і лазерним променем.....	
7. Газове зварювання та різання металу.....	
8. Електричне контактне зварювання.....	
9. Зварювання тертям, газопресуванням, дифузійне зварювання.....	
10. Ультразвукове зварювання.....	
11. Зварювання вибухом.....	
12. Зварювання пластмас.....	
13. Загальні правила техніки безпеки при виконанні зварювальних з'єднань.....	
<b>КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ</b> .....	
<b>ТЕСТИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ</b> .....	
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	

## ВСТУП

Соціально-культурний і технічний прогрес ставить нові цілі перед навчанням та вихованням молоді. Тому головна увага вищої школи приділяється підвищенню якості професійної підготовки.

В системі підготовки напрямку «Технологічна освіта» як звісно передбачені різні курси педагогічних та загальнотехнічних дисциплін, кожна з яких повинна забезпечити якісне засвоєння гуманітарних та технічних знань, отримання професійних навичок та вмінь.

Дисципліна «Основи виробництва» займає одне з важливих місць серед загальнотехнічних дисциплін.

В навчальній літературі з основ виробництва складність матеріалу перевищує складність програми розробленої для студентів напрямку «Технологічна освіта». Також не досить розгорнуті деякі питання, а окремі з них зовсім відсутні, тому були розроблені методичні рекомендації до вивчення теми «Нерознімні з'єднання»

Метою методичних рекомендацій є забезпечити ефективність опанування студентами знань, глибоке розуміння цієї теми.

## **1. Загальні відомості.**

В наш час немає ні одного будівництва, ні одного підприємства будівельної індустрії і промисловості, де б не використовувалося зварювання та пайка металів.

Широке застосування зварювання в будівництві й на підприємстві будівельної індустрії пояснюється її техніко-економічними перевагами порівняно з іншими способами з'єднання металічних заготовок та деталей. Економія металу, прискорення виробничого процесу, зниження вартості продукції і висока якість зварювальних з'єднань зробили зварювання прогресивним технологічним процесом. Наприклад, якщо замінити клепані конструкції зварювальними витрати металу скорочуються на 15 – 30%. Зварювання дозволяє отримувати більш раціональні конструкції, використовуючи різні профілі прокату. Деякі ливарні вироби можливо замінити більш легкими зварними; при цьому економія металу може досягати 40 – 50% маси виробу.

Виготовлення, монтаж металічних и залізобетонних конструкцій і споруд в багатьох випадках нерозривно зв'язані з використанням різних зварювальних процесів.

## 2. Сутність процесу і класифікація способів зварювання.

*Зварюванням* називають технологічний процес утворення нероз'ємних з'єднань металевих виробів, що здійснюється при використанні міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення. Для виникнення цих зв'язків зварювані поверхні необхідно наблизити до відстані, відповідної атомному радіусу. Це можливо лише за умови усунення причин (мікронерівності, оксидні та органічні плівки, адсорбовані гази), що заважають зближенню, і надання атомам певної енергії (енергії активації). Енергія ця може передаватися у вигляді теплоти (термічна активація) та пружно-пластичної деформації (механічна активація). Відповідно до цього всі способи зварювання поділяють на дві основні групи:

- зварювання плавленням;
- зварювання тиском (пластичним деформуванням).

При зварюванні плавленням по кромках, що з'єднуються, розплавляють або тільки основний метал, або основний і додатковий (електродний або присадний). Для розплавлення основного і присадного металів необхідно, щоб температура становила понад 2500 °С.

Розрізняють *електричне* і *хімічне зварювання плавленням*. При електричному зварюванні плавленням джерелом енергії є електричний струм. Таке зварювання поділяють на *дугове, електрошлакове, електронно-променеве, плазмове, лазерне* тощо. Залежно від рівня механізації зварювання може бути ручним, автоматичним, напів-автоматичним.

При зварюванні тиском у процесі пластичної деформації в поверхневих контактуючих шарах вирівнюються мікронерівності, руйнується адсорбований шар і збільшується кількість активних центрів взаємодії. Внаслідок цього між атомами поверхонь утворюється металевий зв'язок. Зварювання тиском здійснюють з попереднім нагріванням (контактне, індукційне, дифузійне) або без нього (холодне, ультразвукове, вибухом, тертям).

Найпоширенішим способом зварювання є дугове, джерело енергії якого — зварювальна дуга. *Зварювальною дугою* називають стаціонарний електричний розряд

у газопаровій атмосфері між електродами, що перебувають під напругою. Відстань між електродами називають *областю дугового розряду*, або *довжиною дуги* (приблизно дорівнює діаметрові електрода). Запалювання дуги при зварюванні починається з короткого замикання електрода з виробом або з високочастотного електричного розряду (в разі використання неплавких електродів). Зварювальна дуга як концентроване джерело енергії забезпечує температуру стовпа дуги 6000...7000 °С і температуру катодної і анодної плям, відповідно, 2400...2600 °С. У рівноважному стані залежність між напруженням і струмом виявляє статична вольт-амперна характеристика дуги, що складається з трьох ділянок: *спадаючої, жорсткої* й такої, що *зростає*. Найчастіше використовують ділянку дуги з жорсткою характеристикою.

Зварювальну дугу можна живити постійним струмом (від генераторів і випрямовуючих установок) або змінним (від зварювальних апаратів чи трансформаторів). При зварюванні напруження на дузі має бути мінімальним. Тому потужність дуги регулюють зміною сили струму, керуючи вольт-амперною характеристикою.

Джерела зварювального струму мають відповідати таким вимогам: легке запалювання дуги і безпечність роботи (напруження холостого ходу має бути не більше 60...80 В); стабільне горіння дуги за заданим режимом; варіювання (регулювання) сили струму; обмеження струму при короткому замиканні зварювальної мережі (струм короткого замикання має не перевищувати робочий струм більше ніж у 1,5 рази).

Для виконання цих вимог найчастіше використовують джерело перемінного або постійного струму з напругою холостого ходу 60...80 В зі спадною вольт-амперною характеристикою регульованої крутизни.

### 3. Ручне і автоматичне дугове зварювання.

Зварювальне обладнання ручного дугового зварювання складається з джерела живлення дуги, зварювальних провідників, електродотримача й електродів. При зварюванні неплавкими електродами застосовують вуглецеві (графітові) електроди діаметром 6...30 мм і завдовжки 200...300 мм або вольфрамові електроди (при зварюванні в інертних газах) діаметром 1...6 мм. Для зварювання плавкими електродами з покриттям використовують металеві електроди діаметром 1,6... 12 мм і завдовжки 150...450 мм.

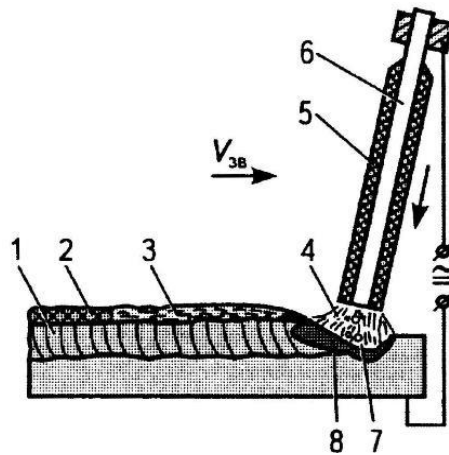


Рис.1.1 Схема зварювання електродом з покриттям:

- 1 – зварювальний шов; 2 – тверда шлакова кірка; 3 – рідка шлакова ванна;  
4 – газова захисна атмосфера; 5 – покриття електрода; 6 – стрижень електрода;  
7 – зварювальна дуга; 8 – рідка металева ванна.

Під час ручного зварювання зварник маніпулює електродом, підтримуючи задану довжину дуги, подає електрод у дугу, а також переміщує його вздовж заготовки. Схема зварювання електродом із покриттям наведена на рис. 1.1. До складу покриття входять:

- стабілізуючі (іонізуючі);
- газоутворюючі;
- шлакоутворюючі;
- розкислювальні;
- легуючі компоненти.



*Стабілізуючі* — це сполуки лужних і лужноземельних металів (наприклад крейда).

*Газоутворюючі* компоненти сприяють формуванню захисного газового середовища (деревне і харчове борошно, целюлоза тощо).

*Шлакоутворюючі* компоненти захищають електродний метал, метал зварювальної ванни та гарячого шва від впливу повітря (оксиди металів та неметалів — марганцева руда, титанова руда, каолін тощо). *Розмелювальні* компоненти — це сполуки, що мають більшу спорідненість із киснем. Вони необхідні для видалення кисню з ванни і шлаків (феромарганець, феротитан, феросиліцій тощо). *Легуючі* компоненти застосовують для одержання необхідного хімічного складу і властивостей зварного шва.

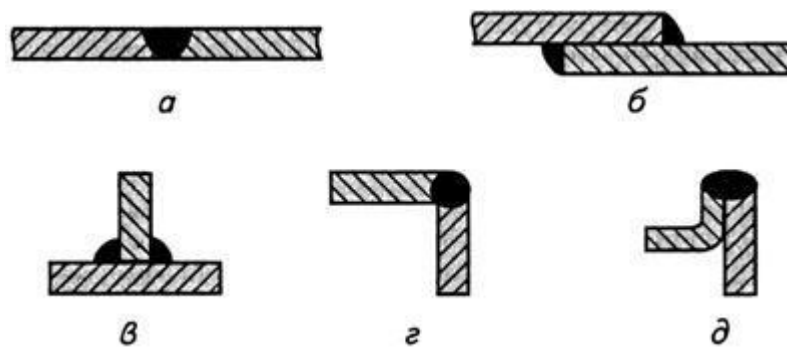


Рис. 1.2 Основні типи зварювальних з'єднань:

а – встик; б – внапуск; в – таврові; г – кутові; д – торцеві.

Ручне електродугове зварювання ефективно при одержанні всіх типів зварних з'єднань (рис. 2) і особливо при зварюванні коротких, переривчастих швів у важкодоступних місцях, у різних просторових положеннях (рис. 3) за умов ремонту, дослідного виробництва, монтажу та будівництва. При такому зварюванні об'єм рідкого металу зварювальної ванни незначний, тому може утримуватись навіть на вертикальній (рис. 12.3, в) або стельовій (рис. 12.2, г) площині за рахунок сил поверхневого натягу.

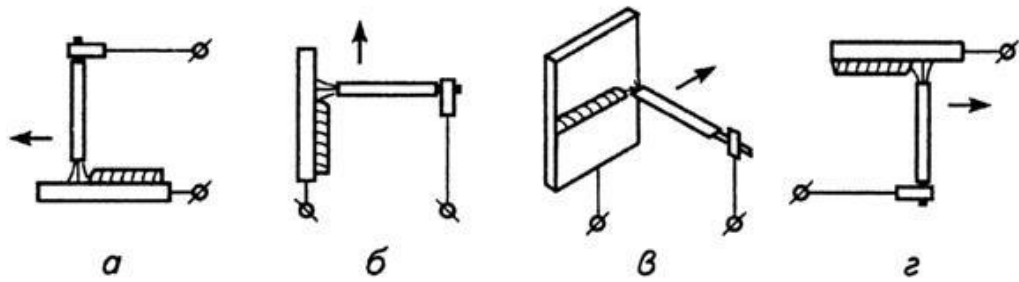


Рис. 1.3 Розміщення швів у просторі:

а – нижнє; б – вертикальне; в – горизонтальне; г – стельове.

До недоліків цього способу зварювання відносять важкі умови праці (працювати доводиться із захисною маскою) і низьку продуктивність (швидкість зварювання становить декілька метрів за годину).

Під час автоматичного зварювання під флюсом забезпечується автоматичне запалювання і підтримується стабільний режим горіння дуги. Подача електродного дроту і переміщення електрода механізовані (рис. 12.4).

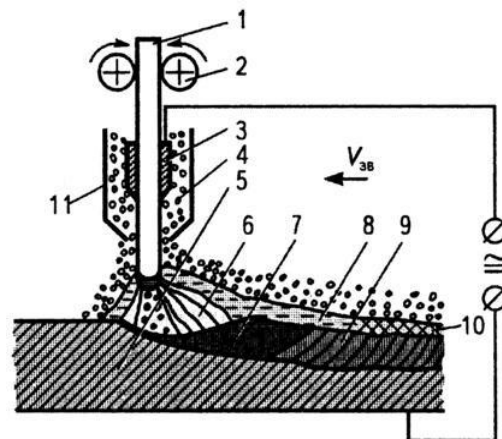


Рис. 1.4 Схема автоматичного зварювання під флюсом:

1 – електрод; 2 – флюс; 3 – основний метал; 4 – зварювальна ванна; 5 – шлакова ванна; 6 – зварювальний шов; 7 – шлакова кірка

При зварюванні під флюсом дуга збуджується між електродом (1) і основним металом (виробом) (3), і горить під шаром флюсу (2), який надходить в зону зварювання. Частина флюсу, що оточує дугу, розплавлюється, утворюючи на поверхні розплавленого металу (4) ванну рідкого шлаку (5). При переміщенні дуги метал зварювальної ванни кристалізується з утворенням шва (6), покритого кіркою (7), що легко відділяється. Флюс захищає дугу і зварювальну ванну від окислення з атмосфери, забезпечує нормальне формування шва, запобігає розбризкуванню металу. Крім цього, струм можна підводити безпосередньо до дуги, що дозволяє різко збільшити його щільність (струм зварювання до 3000 А та більше). Складовими флюсу, залежно від способу зварювання, є оксиди кремнію, титану, кальцію, магнію, марганцю, заліза, а також фтористі й хлористі сполуки (плавиковий шпат, силікат марганцю тощо).

Автоматичне зварювання, порівняно з ручним, уможливорює зменшення витрат електродного металу в два рази, підвищення продуктивності від 3 до 20 разів, поліпшує умови праці. Його застосовують для зварювання однотипних вузлів з довгими прямолінійними та кільцевими швами, листових конструкцій з різних сталей і сплавів кольорових металів.

Напівавтоматичне зварювання відрізняється від автоматичного тим, що подача електродного дроту механізована, але переміщення його вздовж шва здійснюється вручну. Зварювальну ванну при цьому захищають флюсом або захисним газом (аргоном, гелієм, двоокисом вуглецю). Напівавтоматичне зварюють короткі та криволінійні шви, які недоцільно зварювати автоматичним зварюванням.

#### **4. Електрошлакове зварювання.**

*Електрошлакове зварювання* (ЕШЗ) — це процес з'єднання металів, при якому розплавлення зон зварювання основного й електродного металів здійснюється теплотою, що виділяється при проходженні електричного струму через шлакову ванну (рис. 1.5). Шлакова ванна (2) утворюється за допомогою зварювальної дуги на початку зварювання. Подаючи флюс до дуги, створюється значний шар електропровідного шлаку, після чого дуга занурюється в шлак, стає довшою і нестабільною. Це призводить до припинення дугового розряду і замикання струму у зварювальному ланцюгу. Рідкий шлак нагрівається при проходженні електричного струму. Плавлення електродного дроту

(3), пластини або спеціального мундштука, що подаються до зварювальної ванни (4), забезпечує теплоперегрітого (до 2000 °С) шлаку. Частина теплоти витрачається також на оплавлення кромки (6) зварюваних заготовок (1).

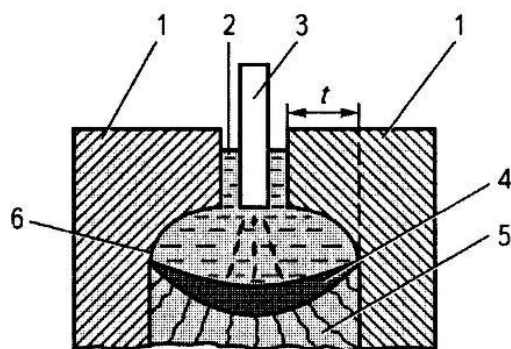


Рис. 1.5 Схема електрошлакового зварювання:

1 – зварювальний метал; 2 – шлакова ванна; 3 – електродний дріт; 4 – металева ванна; 5 – зварювальний шов; 6 – величина (t) проплавлення кромки металу.

Процес ЕШЗ можливий при вертикальному розташуванні шва і швидкості зварювання до 5 м/год. Витрати на 1 м шва, порівняно з автоматичним дуговим зварюванням під флюсом, приблизно у 10 разів менші за рахунок підвищення продуктивності (в 20 разів), скорочення витрат флюсу (в 20...30 разів) і спрощення підготовки кромки. ЕШЗ застосовують для з'єднання товстолистових (понад 20 мм) заготовок, виливків, поковок і зливків чавуну, сталі, сплавів кольорових металів. Зварювальні з'єднання при цьому можуть бути фігурними, криволінійними, перемінного перерізу. Цей вид зварювання застосовують для виготовлення великогабаритних конструкцій, порожнистих і суцільних валів, механічних і гідравлічних пресів та прокатних станів.

## 5 .Дугове зварювання в захисній атмосфері, плазмодугове зварювання.

При зварюванні в захисній атмосфері (Рис. 1.6) зварювальну дугу (1), основний метал (2) і електрод (3) захищають в атмосфері газу в камері або струменем газу, який подають до місця зварювання спеціальним пальником. Для зварювання використовують плавкі й неплавкі (вуглець, вольфрам) електроди, постійний і перемінний струм прямої (мінус на електроді) й зворотної полярності. Захисні атмосфери можуть бути інертними (аргон, гелій) або активними (вуглекислий газ, азот, водень). Оскільки інертні гази не

взаємодіють з металом і не розчиняються в ньому, хімічний склад шва і зварюваного металу однаковий, що забезпечує високу якість зварювальних з'єднань.

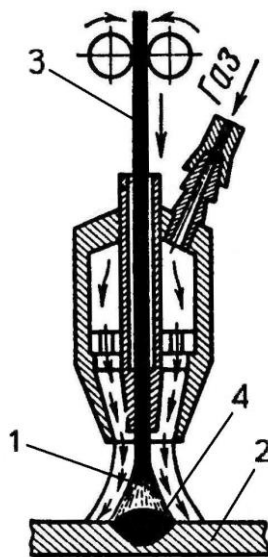


Рис. 1.6 Схема зварювання в захисній атмосфері:

1 – зварювальна дуга; 2 – зварювальний метал;

3 – електродний дріт; 4 – зварювальний шов.

Інертні гази застосовують для зварювання легованих сталей і сплавів на основі Ті, 2г, Мь, АІ, М§ завтовшки 0,1...100 мм. Найпоширеніше аргонодугове зварювання неплавким вольфрамовим електродом. Частіше застосовують дугу постійного струму прямої полярності. Завдяки цьому значна більшість теплоти дуги витрачається на розплавлення основного металу. Проте дуга зворотної полярності має дуже важливу властивість — здатність очищати поверхню металу від окисних і нітридних плівок та інших забруднень. Відбувається це очищення тому, що у зоні катодної плями на поверхні виробу завдяки катодному розпиленню під дією бомбардування позитивними іонами руйнуються оксидна та нітридна плівки та видаляються інші забруднення.

Цю властивість дуги зворотної полярності використовують для зварювання (на змінному струмі електродом, що не плавиться) алюмінію, магнію та інших сплавів, поверхня яких вкрита тугоплавкою плівкою окислів і нітридів, що не розплавляються і тим самим перешкоджають з'єднанню кромek зварюваних елементів. Змінний струм дає змогу в одному з напівперіодів очищати поверхню, а в іншому — розплавляти основний метал і зменшувати нагрів вольфрамового електрода.

Якісні з'єднання низки сплавів одержують також і в середовищі активних газів, які взаємодіють з металом зварювальної ванни. Так, більшість марок конструкційних сталей зварюють у середовищі вуглекислого газу. Надходячи в зону високих температур дуги, він частково дисоціює з виділенням атомарного кисню. Для захисту від окислення застосовують зварювальний дріт із підвищеним вмістом  $Zi$  і  $Mn$  (1...2 %), які відновлюють оксиди заліза. При цьому продукти реакції спливають на поверхню шва у вигляді шлаку. Під час такого зварювання найчастіше використовують дугу зворотної полярності.

У разі зварювання в захисній атмосфері об'єм ванни невеликий і вона швидше охолоджується. Це дає змогу, на відміну від зварювання під флюсом, здійснювати процес у вертикальному та перевернутому положеннях, що вельми важливо при зварюванні труб встик автоматичною зварювальною головкою.

При плазмодуговому зварюванні металу (Рис. 1.7) джерелом теплоти є струмінь газу, іонізованого в дузі (б), яка під час зіткнення з менш нагрітим тілом деіонізується з виділенням значної кількості теплоти. Це дає підставу вважати її самостійним джерелом нагрівання. Температура струменя плазми (1) залежить від ступеня іонізації газу. Для її підвищення використовують стовп стиснутої дуги, тобто дуги, що горить у вузькому каналі, через який під тиском подають газ (аргон, азот, водень), тим самим збільшуючи ступінь обтискування. За таких умов температура газу в стовпі дуги досягає 30 000 °С. Генератор плазми (іонізованого газу) називають *плазмотроном*. Останнім часом створено плазмотрони, в яких замість аргону і аргоно-водневої суміші застосовують дешевший вуглекислий газ.

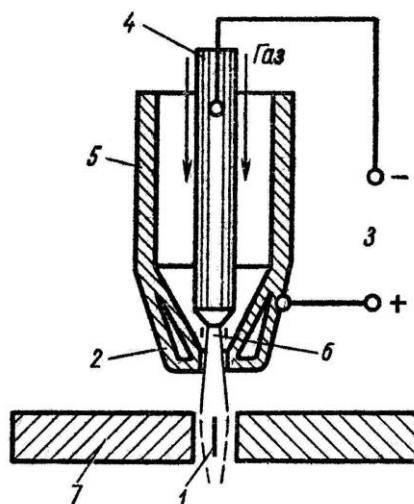


Рис. 1.7 Схема плазмодугового зварювання:

1 – струмінь плазми; 2 – мідне сопло; 3 – джерело постійного струму; 4 – вольфрамовий електрод; 5 – мундштук; 6 – електрична дуга; 7 – основний метал.

Є два варіанти використання струменя плазми: суміщений з дугою, яка горить між вольфрамовим електродом (катодом) і виробом (анодом); відокремлене від дуги. За першим варіантом здійснюють термічне різання, за другим — зварювання, наплавлення і напилення. Останній варіант застосовується також для роботи з не електропровідними матеріалами. При цьому швидкість плазмового зварювання вуглецевих сталей досягає кількох сотень метрів за годину.

## **6. Зварювання електронним і лазерним променем.**

Зварювання електронним променем відносять до зварювання плавленням. Проте, на відміну від дугових методів зварювання, його застосовують у глибокому вакуумі ( $10^2 \dots 10^4$  Па) за умов дефіциту іонів, що переносять електричний розряд. Із цієї причини дуговий електричний розряд у вакуумі нестійкий.

При зварюванні у вакуумі заготовку розміщують у камері. Джерелом тепла є потік прискорених електронів. Швидкість електронів, що дорівнює приблизно половині швидкості світла, забезпечується високою прискорювальною напругою (10...150 кВ) між катодом і анодом (заготовкою). Електрони, які випромінює катод, прискорюються і концентруються в промінь (діаметр до 10 мкм), що бомбардує метал. При цьому в процесі гальмування, внаслідок переходу кінетичної енергії в теплову, виділяється теплота. Температура у місці зварювання досягає 5000...6000 °С. Це надає променю високої здатності до проплавлення, яке дає змогу за один прохід зварювати заготовки завтовшки до 50 мм та отримувати шви мінімальної ширини, що виключає викривлення заготовок при зварюванні. Співвідношення ширини та глибини шва досягає 1 : 20 (дугове зварювання забезпечує це співвідношення в межах 1/3...1).

Зварювання електронним променем забезпечує найвищу якість з'єднань будь-яких металів, зокрема тугоплавких і таких, що окислюються при підвищених

температурах. Висока концентрація нагріву в фокусі променя (до  $5 \times 10^8$  Вт/см<sup>2</sup>) дає змогу також пробивати отвори в сапфірах, рубінах, алмазах тощо, зварювати неоднорідні матеріали (метали і неметали) завтовшки 0,01...100 мм з різними температурами плавлення та іншими теплофізичними характеристиками.

При лазерному зварюванні джерелом теплової енергії є потужний сконцентрований світловий промінь, який одержують у спеціальних установках — лазерах. Найпоширенішими є лазери зі штучним рубіном (рис. 1.8). Такий лазер складається з циліндричного рубінового стрижня (1), імпульсної ксенонової лампи (2), лінзи (4) та охолоджувальної системи (3).

Торці стрижня відполіровані й покриті сріблом. Один із них, що сприяє виходу світлового променя назовні, частково прозорий. Під час роботи ксенонової лампи атоми хрому рубінового кристала переходять із нормального стану в збуджений, з іншим енергетичним рівнем. Проте через декілька мілісекунд вони знову повертаються до нормального стану, хаотично випромінюючи фотони червоного світла. Потік їх уздовж осі стрижня викликає випромінювання нових фотонів, які поперемінне віддзеркалюються від торцевих граней, збільшуючи інтенсивність загального випромінювання. При накопиченні певного рівня фотонів вони у вигляді потоку червоного кольору прориваються крізь напівпрозорий торець стрижня назовні. Проходячи крізь лінзу (4), промінь (5) фокусується на виріб (6). Тривалість імпульсу лазерного променя дорівнює тисячним і мільйонним часткам секунди. Питома потужність лазера може перевищувати  $10^{10}$  Вт/см<sup>2</sup>. Під час контакту променя зі зварюваним виробом виділяється тепла енергія, температура в місці стику досягає 6000 °С.

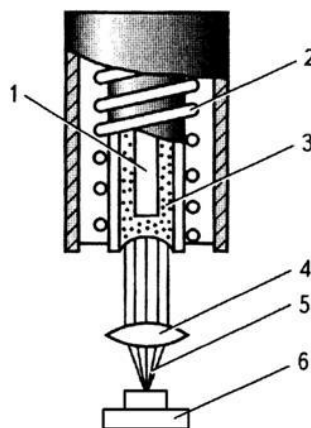


Рис. 1.8 Схема лазерного зварювання:



1 – рубіновий стрижень; 2 – ксенонова лампа; 3 – система охолодження;

4 – лінза; 5 – сфокусований потік монохроматичного світла; 6 – виріб.

Лазерне зварювання дає змогу обробляти вироби в будь-якому середовищі (вакуумі, газі, повітрі), що передає промінь світла. Деталі можна розміщувати в ампулах. Завдяки волоконній оптиці промінь можна спрямовувати у важкодоступні місця, приміщення з високою радіоактивністю тощо. Найдоцільніше лазерне зварювання застосовувати для мікроз'єднань, виготовлення мікроотворів, різних композицій металів завтовшки до 0,5 мм, у мікроелектроніці.

## 7. Газове зварювання та різання металу.

Основний і присадний метали під час газового зварювання розплавляються теплом газового полум'я, яке одержують від згоряння горючого газу в суміші з киснем. *Газовим різанням* називають процес спалювання металів у струмені кисню. Найчастіше паливом є ацетилен ( $C_2H_2$ ), іноді — водень, нафтові газу, пари бензину або гасу. При спалюванні ацетилену досягають найвищої температури 3200 °С. Одержують ацетилен у спеціальних генераторах при взаємодії карбіду кальцію ( $CaC_2$ ) з водою. З 1 кг карбіду утворюється приблизно 300 л ацетилену.

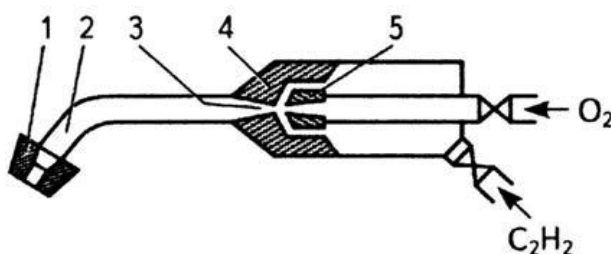


Рис. 1.9 Схема інжекторно-зварювального ацетиленового пальника:

1 – мундштук; 2 – наконечник; 3 – камера змішування; 4 – камера розрідження; 5 – інжектор.

Основний інструмент газового зварювання — *пальник* — призначений для змішування у певних пропорціях газу та кисню. За принципом дії пальники поділяють на: • інжекторні низького тиску (за тиском ацетилену); • безінжекторні рівного тиску (за тиском ацетилену та кисню). Розрізняють також одно- і багатополуменеві пальники.

Найпоширенішим є інжекторно-зварювальний пальник (рис. 1.9), під час роботи якого кисень з балона надходить до інжектора (5) і зі значною швидкістю витікає з конусного отвору інжектора, що сприяє створенню розрядження в камері (4). За рахунок цього ацетилен, що подається при низькому залишковому тиску 0,001...0,005 МПа (0,01...0,05 атм), засмоктується до камери змішування (3), утворюючи суміш, яка надходить до наконечника (2) і при виході з мундштука (1) підпалюється.

Поширеним способом з'єднання елементів при газовому зварюванні — є зварювання встик. Метод газового зварювання забезпечує плавне нагрівання і повільне охолодження виробів. Застосовують його для ремонтних робіт, при виготовленні виробів зі сталі й сплавів кольорових металів, для наплавки тощо.

При зварюванні сталі газове полум'я відповідає співвідношенню  $O_2/C_2H_2 = 1$ , при зварюванні латуні використовують окислювальне полум'я ( $O_2/C_2H_2 > 1$ ), при зварюванні чавунів і кольорових металів — науглецьовувальне полум'я ( $O_2/C_2H_2 < 1$ ). Крім цього, для зварювання кольорових металів використовують флюси.

Газовий різак відмінний від зварювального пальника тим, що його наконечник утворює прямий кут зі стволом різачка. Він має також додаткову трубу для подачі кисню крізь центральний отвір мундштука (рис.1.10).

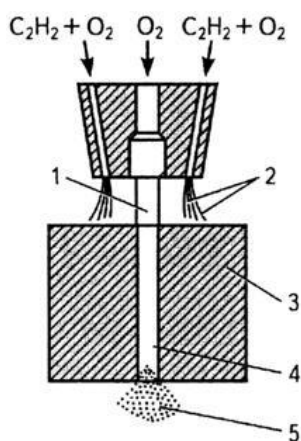


Рис. 1.10 Схема газокисневого різання металів:

- 1 – струмінь ріжучого кисню; 2 – полум'я;  
3 – основний метал; 4 – зона різання; 5 – продукти згоряння.

Різання починають з нагрівання металу (5) у вихідній точці різання до температури зполум'яніння металу в кисні. Метал нагрівають полум'ям (2), яке

утворюється при згорянні ацетилену в кисні. Коли температура підвищується до потрібної, впускають струмінь різального кисню (1). Потрапляючи на метал, що нагрівся, кисень запалює його. Розплавлені оксиди (5), що утворюються, захоплюються струменем кисню і виносяться з зони різання (4).

Газовому різанню піддають лише метали, що відповідають певним вимогам. Розглянемо основні з них. Температура плавлення оксидів має бути меншою за температуру плавлення металу, а температура плавлення металу має перевищувати температуру горіння цього металу в кисні. Для газового різання найбільш придатні залізо і залізвуглецева сталь ( $C < 0,8 \%$ ). Для обробки високолегованих сталей, чавунів, міді, латуні та бронзи використовують киснево-флюсове різання. Тоді до зони реакції додатково вводять порошки флюсів на залізній основі. Горіння цих флюсів дає додаткове тепло, крім цього, частки флюсу сприяють механічному видаленню з поверхні розрізу тугоплавких оксидів. Розрізняють три типи кисневого різання:

- розподільвальне (розкроювання металу);
- поверхневе (для усунення поверхневих дефектів);
- різання для одержання отворів у виробах з металу і бетон

## **8. Електричне контактне зварювання.**

*Електричне контактне зварювання* — це процес утворення нероз'ємного з'єднання за рахунок зчеплення атомів металу, яке здійснюється за локального нагрівання деталей електричним струмом з обов'язковим наступним їх стисненням. Таке зварювання можна здійснювати без розплавлення металу (при нагріванні до пластичного стану) або з локальним розплавленням у зоні контакту. Серед багатьох різновидів електричного контактного зварювання виділяють такі основні типи:

- точкове;
- шовне;
- стикове.
-

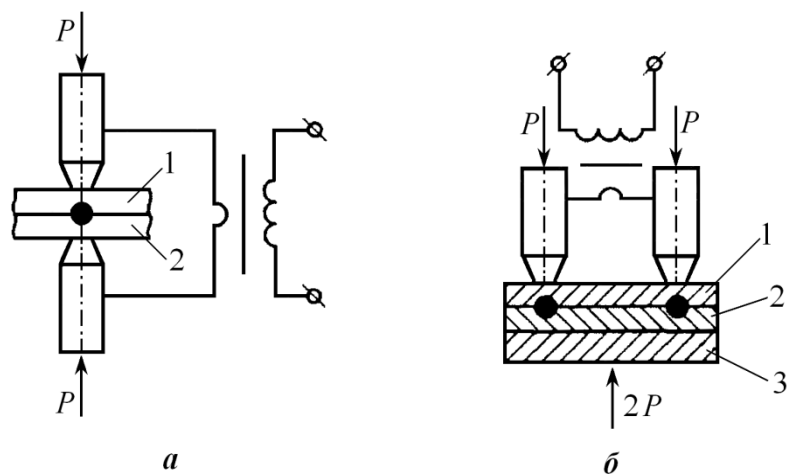


Рис. 1.11 Схеми дво- (а) та одностороннього (б) точкового зварювання

При двосторонньому *точковому* зварюванні (рис. 1.11, а) деталі (1, 2) розміщують внапуск одна на одну, затискають із зусиллям  $P$  між двома мідними електродами, які підводять струм до місця зварювання. При двосторонньому зварюванні й нагріванні бере участь увесь струм. При односторонньому — струм розподіляється між верхньою (1) і нижньою (2) заготовками (рис. 1.11, б) та підкладкою (3) з міді.

При односторонньому зварюванні зварюються дві заготовки, а при двосторонньому — дві-чотири. Для проковування точки зварювання додатково збільшують тиск (рис. 1.12). Діаметр точки зварювання ( $d_T$ ) визначають за формулою:

$$d_T = 2\delta + 3\text{мм}, \quad (1.1)$$

де  $\delta$  — товщина зварювального листа, мм.

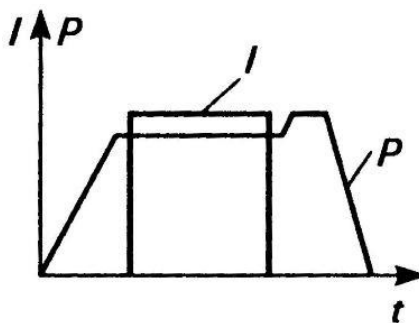


Рис. 1.12

Рекомендована відстань між зварювальними точками  $L = 2,5 d_T$ . Цей вид зварювання застосовують для з'єднання листових конструкцій з вуглецевих і легированих сталей, кольорових металів.

При шовному (роликовому) зварюванні між заготовками утворюється міцний і щільний шов. Складається він із низки послідовно розміщених точок зварювання, які частково накладаються одна на одну. Такий вид зварювання також може бути одно- та двостороннім. Схема двостороннього зварювання зображена на рис. 1.13.

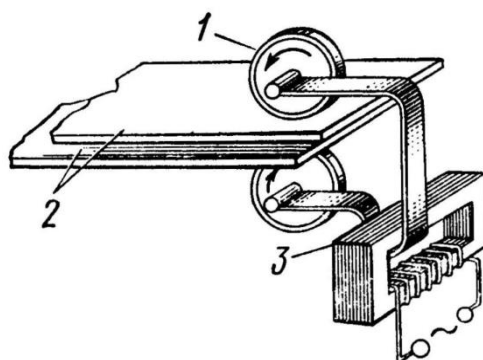


Рис. 1.13 Схема шовного двостороннього зварювання:

1 – дискові електроди; 2 – виріб; 3 – джерело струму.

Основні технологічні цикли процесу шовного зварювання такі: з безпервним вмиканням струму (рис.1.14, а); з переривчастим вмиканням (рис. 1.14, б). Перший застосовують для зварювання коротких швів металів, які не схильні до зростання зерна і змін структури під час нагрівання, а другий — для зварювання довгих швів металів, для яких перегрів небезпечний (неіржавіючі сталі, сплави алюмінію).

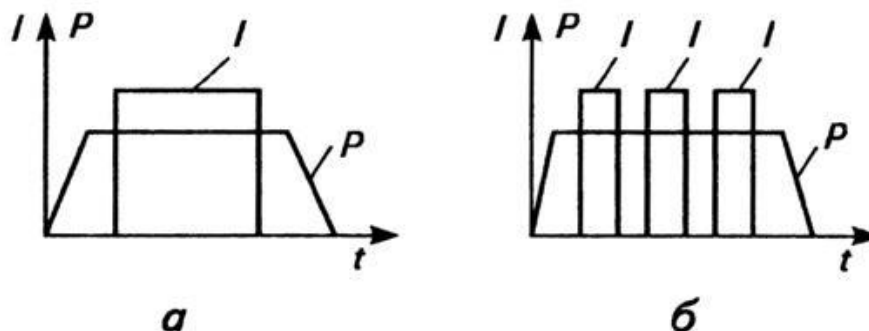


Рис. 1.14 Цикл роботи шовного зварювання з безперервним (а) і переривчастим (б) включенням струму

Шовне зварювання застосовують при виготовленні тонкостінних ємкостей для зберігання і транспортування рідини або газів, а також у виробництві тонкостінних труб.

Стикове зварювання здійснюється при пластичному деформуванні заготовок, нагрітих у зоні зварювання (рис. 1.15).

Перед зварюванням заготовки очищують від оксидної плівки, механічно обробивши їх, щільно підганяють торці один до одного. На початку зварювання заготовки стискають, а потім вмикають електричний струм, під дією якого місця з'єднання нагріваються до пластичного стану. У процесі зварювання заготовки продовжують притискувати, стик потовщується і відбувається зварювання по всій площині контакту.

Стикове зварювання з оплавленням — це вид контактного зварювання, при якому заготовки зближують, коли струм вже ввімкнуто. Внаслідок цього на торцях виникають дугові розряди, які оплавляють метал. Після оплавлення заготовки швидко притискують торцями (процес осаджування), оплавлений метал витискується з зони дотику й утворюється зварювальне з'єднання по всій площині контакту.

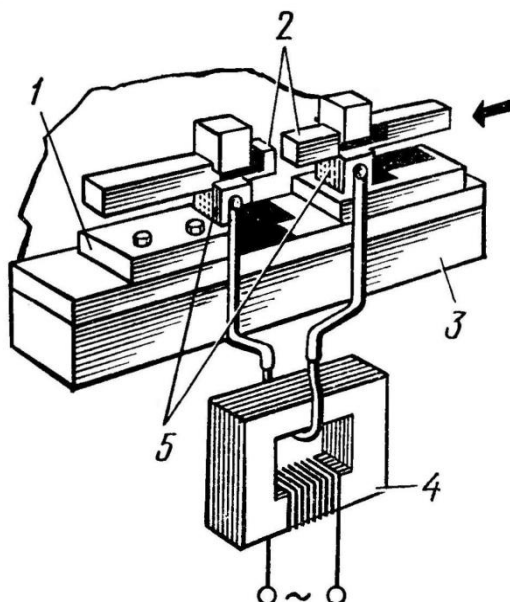


Рис. 1.15 Схема стикового зварювання:

1 – контактна плита; 2 – зварювальні деталі; 3 – станина;

4 – трансформатор; 5 – електроди.

Максимальна площа перерізу, що зварюється, — до  $6 \times 10^4$  мм<sup>2</sup>. Цим способом легко зварюють різномірні метали різних перерізів. Широко застосовують стикове зварювання різального інструменту, залізничних рейок, труб магістральних газо- і нафтопроводів.

### 9. Зварювання тертям, газопресуванням, дифузійне зварювання.

Способи зварювання тертям і газопресуванням належать до зварювання тиском і відрізняються вони лише джерелом теплоти. *Зварювання тертям* (рис. 1.16) здійснюють у твердому стані, використовуючи теплоту як наслідок тертя поверхонь зварюваних елементів. Спочатку при їхньому обертанні на поверхнях металів руйнуються окисні плівки, й механічна енергія перетворюється на теплову.

При цьому локальне підвищення температури досягає  $950 \dots 1300$  °С. Досягши необхідної температури, відносний рух зварюваних елементів майже миттєво припиняють, і до нагрітих нерухомих деталей підводять стискальні зусилля. При зварюванні тертям, порівняно з електричним, витрати енергії зменшуються у  $5 \dots 10$  разів. Перевагами цього виду зварювання є екологічність, відсутність газовиділень і випромінювання. Зварювання тертям застосовують для з'єднання одно- та різномірних металів (сталь з алюмінієм), виготовлення різального інструменту, валів, штоків тощо.

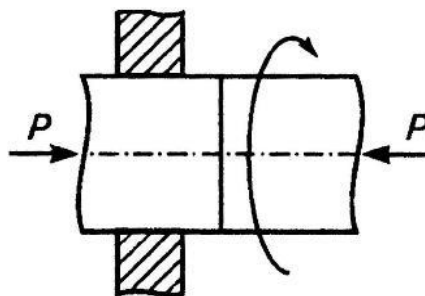


Рис. 1.16 Схема зварювання тертям.

При зварюванні газопресуванням Рис. 1.17 торці або кромки заготовок нагрівають полум'ям пальників до пластичного стану або до оплавлення, після чого заготовки притискують одну до одної. Перевагою газопресового зварювання є плавні режими нагрівання й охолодження, воно придатне й для проведення ремонтних робіт великих об'єктів. Проте через низьку продуктивність і складність оснащення застосування цього виду зварювання обмежене.

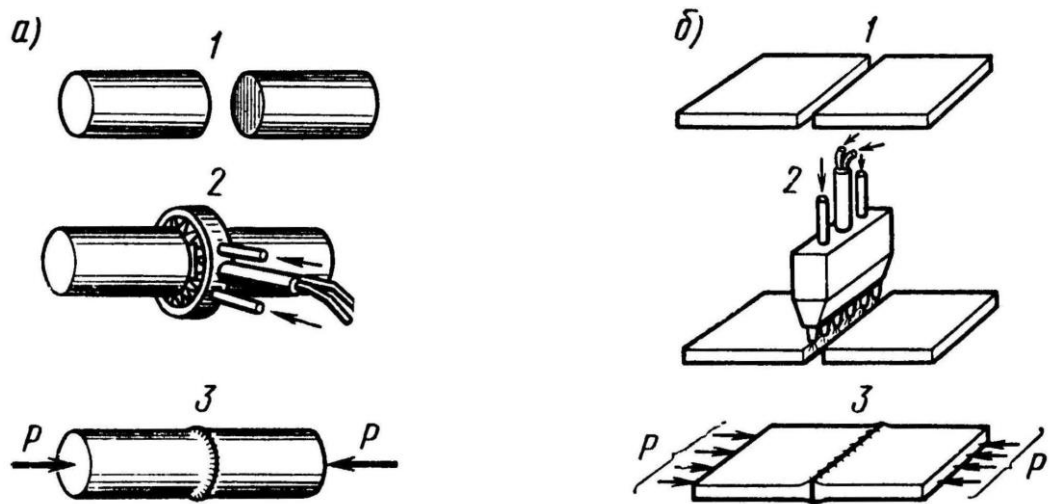


Рис. 1.17 Зварювання газопресуванням:

1 – вироби перед зварюванням; 2 – нагрівання виробів; 3 – стискання виробів.

Сутність дифузійного зварювання зводиться до створення умов для максимальної швидкості дифузії на межі контакту зварювальних деталей, утворення нових зерен, які належать водночас кожному з металів, що контактують. Для цього температура має бути такою, щоб зберегти твердий стан металів і максимально підвищити швидкість дифузійних процесів; тиск має бути нижчим за поріг текучості; вакуум застосовують для захисту від окислення. Зварювання здійснюють у вакуумі ( $10^{-1} \dots 10^{-3}$  Па) або в атмосфері інертних газів, нагрітих до  $400 \dots 1300$  °С під тиском до  $10 \dots 20$  МПа. Зварювані метали нагрівають індукційними струмами високої частоти (до  $600 \dots 800$  °С), електронним або лазерним променем. Температури у цьому інтервалі сприяють ефективному руйнуванню оксидних плівок, щільний контакт поверхонь металів полегшує перебіг дифузійних процесів.

Дифузійне зварювання уможливорює з'єднання однорідних і різнорідних металів та їхніх сплавів, а також металокерамічних виробів з металами. До переваг цього способу



зварювання слід віднести міцне з'єднання без помітних змін фізико-механічних властивостей у зоні зварювання. Практично використовують два різновиди технології:

- без проміжного шару (для однорідних металів);
- з проміжним шаром (містить плавкі та неплавкі прошарки).

Проте цей спосіб зварювання потребує застосування складного

обладнання, обмежує розміри заготовок розмірами вакуумної камери й є досить тривалим (10...30 хв).

Дифузійне зварювання застосовують в електронній, космічній, авіаційній техніці, при створенні багат шарових композиційних матеріалів.

### 10 .Ультразвукове зварювання.

Ультразвукове зварювання також відносять до зварювання тиском. Для нього характерне застосування ультразвукових механічних коливань і незначних зусиль стискування. Використовуючи ефект магнітострикції, тобто здатність деяких металів і їхніх сплавів до перетворення електромагнітних коливань ультразвукової частоти (15... 100 кГц) на механічні, одержують коливання тієї самої частоти. Таку здатність мають сплави нікелю з залізом (пермалой), кобальту з залізом (пермендюр) тощо. З них виготовляють магнітострикційні перетворювачі.

Заготовки (5) для зварювання (рис. 12.15) розміщують на опорному електроді (6), який притискує заготовки до наконечника (4) хвилеводу (3). Його з'єднують з котушкою (2) магнітострикційного вібратора (1).

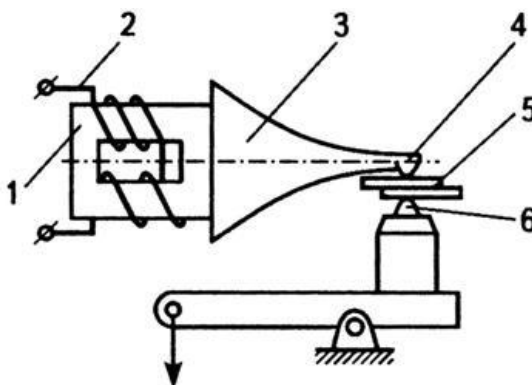


Рис. 1.18 Схема ультразвукового зварювання:

1 — магніострикційний вібратор; 2 — котушка;

3 — хвилевод; 4 — наконечник; 5 — заготовки;

6 — опорний електрод.

Змінний струм високої частоти, проходячи крізь котушку, збуджує в ній перемінне магнітне поле, яке передає механічні коливання на її стрижень. Зміна розмірів на торці магніостриктора незначна — 1...3 мкм. Для збільшення амплітуди коливань застосовують хвилеводи складної форми, забезпечуючи амплітуду коливань до десятків мікрометрів. Ці коливання викликають сили тертя в місцях зварювання, руйнують оксидні плівки, пластично деформують поверхневі шари, нагрівають поверхні металу до 200...1200 °С. Отже, створюються умови зближення зварюваних матеріалів до відстані взаємодії міжатомних сил, що сприяє утворенню міцних зварюваних з'єднань. На спеціальному обладнанні однорідні та різнорідні метали і сплави зварюють "внапуск" завтовшки 0,001 мм з утворенням точкових і шовних з'єднань.

За такою технологією добре зварюються алюміній і його сплави, титан, цирконій, нікель; гірше — низьковуглецеві, жароміцні та інструментальні сталі, сплави магнію. Ультразвукове зварювання застосовують також для з'єднання неметалевих матеріалів — хлорвінілу, поліетилену, капрону, органічного скла, біологічних тканин тощо.

## 11. Зварювання вибухом.

Під зварюванням вибухом розуміють з'єднання металів у твердому стані з утворенням нових атомних зв'язків у процесі високошвидкісного зіткнення тіл, яке здійснюють з використанням енергії вибухових речовин або інших джерел енергії з великою питомою потужністю (рис. 1.19, *a*). На верхній частині заготовки розміщують вибухову речовину (2). При спрацюванні детонатора (7) відбувається спрямований вибух, і тиск  $10^4$  МПа (до  $10^5$  атм), що утворюється, сприяє переміщенню верхньої заготовки (3) до нижньої (4). Під час удару в точці *A* (рис. 1.19, *b*) видаляються тонкі поверхневі шари металу, оксидні плівки і забруднення. Заготовки (3 і 4) зближуються на відстань, що забезпечує взаємодію міжатомних сил. У такий спосіб за тисячні частки секунди поверхні в кілька квадратних метрів з'єднують з досить високою міцністю. Основними

параметрами зварювання вибухом є швидкість детонації  $V$ , нормальна швидкість  $V_n$ , кут  $\gamma$ . Вихідний проміжок між зварюваними заготовками дорівнює 2...3 мм.

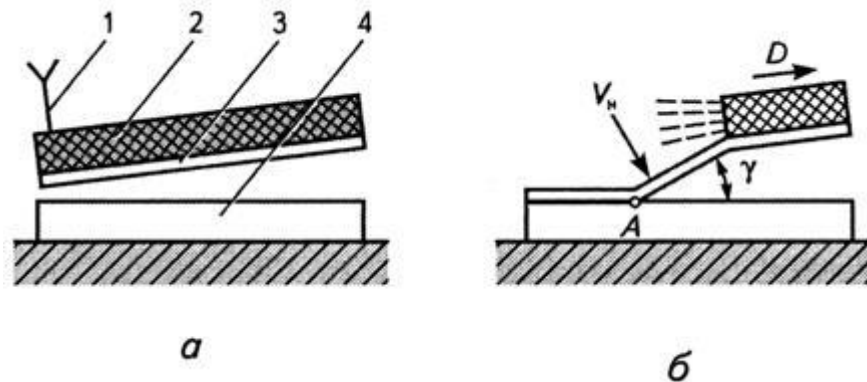


Рис. 1.19 Схема зварювання вибухом:

а – вихідне положення; б – процес зварювання

Цей вид зварювання має певні недоліки і переваги. До переваг слід віднести універсальність, самоочищення контактних поверхонь, зміцнення металу біля меж з'єднання, відсутність термічного впливу і прошарків дифузійного походження, можливість багат шарового зварювання, не громіздке, просте обладнання. Основними вадами зварювання вибухом вважають необхідність встановлення заготовок під кутом, складність стикового зварювання, небезпечність застосування вибухових речовин.

Зварювання пластмас здійснюють шляхом використання теплоносія (нагрітого газу або інструмента) або нагріву тертям, струмами високої частоти (СВЧ), ультразвуком.

Контактні методи застосовують переважно для з'єднання деталей з термопластів, а зварювання реактопластів, зазвичай, проводять СВЧ або ультразвуком, які використовують і для зварювання термопластів.

Зварювання однорідних термопластів відбувається під тиском за рахунок взаємного проникнення (дифузії) частинок поверхневих шарів, розігрітих до в'язкотекучого стану. Температура зварювання та затрати тепла на розігрів матеріалу залежать від його складу, теплоємності, товщини та ширини зварювального шва. Тому

нагрівачі бажано виготовляти з терморегуляторами. При роботі з термопластами, широко застосовують зварювання гарячим газом (газовим теплоносієм) та нагрітим інструментом (контактний нагрів).

Зварювання гарячим газом виконується за допомогою спеціальних зварювальних пальників. Сутність цього способу полягає в тому, що зварювані поверхні термопласта і присадний пруток (якщо він використовується) нагріваються гарячим газом і розм'якшуються до такого ступеня, що при незначному тиску відбувається їх злипання. Газовим теплоносієм слугує повітря або інертний газ (аргон, азот). Застосовується інертний газ для зварювання поліетилену, поліамідів та інших термопластів. Повітря в такий пальник подається від компресора під тиском 0,15...0,25 МПа (тобто 1,5...2,5 атм), а інертний газ — безпосередньо з балона.

В електричному пальнику повітря, що подається (або азот), нагрівається електричними спіралями. Розжарення спіралі регулюється автотрансформаторами. В газовому пальнику повітря (або азот) нагрівається за рахунок згоряння горючого газу в порожнині пальника, а подача газу регулюється краном.

Вадою газових пальників є неточність регулювання температури газу, що обігріває поверхні.

Перед зварюванням на кромках зварюваних деталей, залежно від їхньої товщини, знімають фаску під кутом 30...60°.

Зварювання контактним нагрівом виконують як вручну, так і на спеціальних механічних установках та пристроях.

Залежно від форми матеріалу як нагрівачі можуть використовуватися: паяльники, стрижні, пластини, клини та наконечники різних форм. При зварюванні контактним нагрівом після видалення нагрітого інструмента поверхні деталей також стискають, чим і забезпечують нероз'ємне з'єднання.

Зварювання пластмас тертям, як і металів, засноване на використанні тепла, що виділяється при терті поверхонь зварюваних деталей. Труби та прутки зварюють на спеціальних установках, але можна застосовувати і токарні верстати.

Зварювання з нагрівом СВЧ засноване на використанні тепла, яке виділяється за рахунок діелектричних втрат в зоні дії високочастотного електричного поля. В

промисловості широко застосовують спеціальні машини, що забезпечують роликоче, точкове, пресове зварювання плівок, листів, труб. Зварювання з нагрівом СВЧ забезпечує міцність та герметичність швів, високу продуктивність і економічність процесу.

Ультразвукове зварювання пластмас практично таке саме як і ультразвукове зварювання металів, оскільки в обох випадках ультразвукові коливання магнітостриктора перетворюються на теплову енергію, яка сприяє формуванню нероз'ємного з'єднання.

При зварюванні ультразвуком заготовки з пластика розігріваються тільки в зоні контактуючих поверхонь, що гарантує від перегріву. Використання спеціальних хвилеводів дає змогу застосовувати ультразвукове зварювання у важкодоступних місцях.

Нероз'ємні з'єднання в деталях із пластмас здійснюють і шляхом склеювання. Для цього використовують синтетичні клеї, які підрозділяють на три групи:

- термореактивні (на основі фенол формальдегідних, поліуретанових, поліефірних, епоксидних та інших смол);
- термопластичні (дихлоретан, бензол та інші);
- на основі каучуку.

Склеювання виконують без нагріву (клеї Б-3, ПУ-2, ВК-5 та інші) та з нагрівом до 150...250 °С (клеї БФ-2, БФ-4, ВК-3 тощо).

Технологічний процес склеювання деталей складається:

- з підготовки поверхонь;
- зачистки (знежирювання);
- нанесення клею;
- просушування клейових плівок перед з'єднанням (іноді);
- з'єднання поверхонь, що необхідно склеїти;
- закріплення під визначеним тиском;
- термообробки (тверднення) клейового з'єднання, або витримки при нормальній температурі

### 13. Загальні правила техніки безпеки при виконанні зварювальних з'єднань.

Під час зварювальних робіт необхідно:

- перевірити справність інструменту та обладнання;
- переконатися, що зварювальне обладнання надійно заземлене;
- перевірити наявність вогнегасника, ящика з сухим піском, ємності з водою;
- працювати в сухому брезентовому одязі, в гумовому взутті або в іншому сухому взутті за наявності гумового килимку під собою;
- захищати лице та очі від випромінювання електричної дуги і бризок розплавленого металу щитком або шоломом зі спеціальним захисним склом;
- постійно пам'ятати, що метал нагрітий до 400 – 450° С, по зовнішньому вигляду нічим не відрізняється від холодного металу и торкання до нього незахищеною рукою може спричинити опіки;
- після закінчення робіт необхідно привести до ладу все обладнання зварювального майданчика перевіривши його наявність та справність.

Під час зварювальних робіт забороняється:

- працювати особам не ознайомлених з будовою обладнання і умовами його експлуатації;
- працювати в приміщеннях з несправними вентиляційними системами;
- виконувати зварювальні роботи на відстані менше 8 м від легкозаймистих речовин;
- вести зварювання єдностей, в яких зберігалися легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У чому полягає сутність процесу зварювання?
2. У чому полягає сутність і відмінності ручного та автоматичного дугового зварювання?
3. У чому суть процесу електрошлакового зварювання?
4. Що являє собою дугове зварювання в захисній атмосфері?
5. У чому суть плазми лугового зварювання?
6. У чому суть зварювання електронним променем?
7. У чому суть зварювання лазерним променем?
8. У чому суть і відмінності газового зварювання та різання металу?
9. У чому суть і відмінності точкового і шовного електричного контактного зварювання?
10. У чому суть та відмінності контактного зварювання опором та оплавленням?
11. У чому суть зварювання тертям та газопресуванням?
12. У чому суть дифузійного зварювання?
13. Що являє собою ультразвукове зварювання?
14. У чому суть процесу зварювання вибухом?
15. Яким способами здійснюється зварювання пластмас?

## ТЕСТИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

Рівень А		
<b>Виберіть одну правильну відповідь:</b>		
1. ТВЕРДЖЕННЯ, ЩО: Зварюванням називають технологічний процес утворення нероз'ємних з'єднань металевих виробів, що здійснюється при використанні міжмолекулярних і міжатомних сил зачеплення		
<b>А. вірне</b>	<b>В. невірне</b>	
<b>Виберіть одну правильну відповідь:</b>		
2. ОСНОВНІ ТИПИ ЗВАРЮВАЛЬНИХ З'ЄДНАНЬ:		
<b>А. встик</b>	<b>В. горизонтальне</b>	<b>С. електродугове</b>
внапуск	вертикальне	електрошлакове
таврове	стельове	лазерне

кутове  
торцеве

**Виберіть одну правильну відповідь:**

**3. ОСНОВНІ ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ**

<b>А.</b> встик	<b>В.</b> точкове	<b>С.</b> електродугове
внапуск	шовне	електрошлакове
таврове	стикове	лазерне
кутове		
торцеве		

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

**4. СПОСОБИ ЗВАРЮВАННЯ ПОДІЛЯЮТЬ НА ДВІ ОСНОВНІ ГРУПИ: зварювання плавленням та**

\_\_\_\_\_

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

**5. Процес з'єднання металевих деталей, при якому розплавлення зон зварювання основного і електродного металів здійснюється теплотою, що виділяється при проходженні електричного струму через шлакову ванну називається**

\_\_\_\_\_

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

**6. НАЙПОШИРЕНІШИМ СПОСОБОМ ЗВАРЮВАННЯ Є ДУГОВЕ, ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ ЯКОГО**

\_\_\_\_\_

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

**7. ПРИ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВЛЕННЯМ ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ Є**

\_\_\_\_\_

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

**8. ПРИ ЗВАРЮВАННІ В ЗАХИСНІЙ АТМОСФЕРІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПЛАВКІ І НЕПЛАВКІ \_\_\_\_\_, ПОСТІЙНИЙ І ПЕРЕМІННИЙ СТРУМ ПРЯМОЇ Й ЗВОРОТНЬОЇ ПОЛЯРНOSTI**

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

**9. ПРИ ЗВАРЮВАННІ ЕЛЕКТРОДОМ ІЗ ПОКРИТТЯМ ДО СКЛАДУ ПОКРИТТЯ ВХОДЯТЬ**



**КОМПОНЕНТИ:**

<b>А.</b> сплави магнію	<b>В.</b> стабілізуючі
вольфрам	газоутворюючі
нікель	шлакоутворюючі
	розкислювальні
	легуючі

**Виберіть одну правильну відповідь:**

10.ТВЕРДЖЕННЯ, ЩО:

ЗВАРЮВАННЯ ТЕРТЯМ ЗДІЙСНЮЮТЬ У ТВЕРДОМУ СТАНІ, ВИКОРИСТОВУЮЧІ ТЕПЛОТУ ЯК НАСЛІДОК ТЕРТЯ ПОВЕРХОНЬ ЗВАРЮВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**А. вірне**

**В. невірне**

**Виберіть одну правильну відповідь:**

11.ЗВАРЮВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ СКЛАДАЄТЬСЯ З:

**А.** джерела живлення дуги

**В.** джерела живлення дуги

зварювальних провідників

електродів зварювальної ванни

електродотримача електродів

шлакової ванни

**Виберіть одну правильну відповідь:**

12.ТВЕРДЖЕННЯ ЩО:

при автоматичному зварюванні під флюсом флюс захищає дугу і зварювальну ванну від окислення з атмосфери, забезпечує нормальне формування шва, запобігає розбризкуванню металу

**А. вірне**

**В. невірне**

***Виберіть одну правильну відповідь:***

13.ТВЕРДЖЕННЯ ЩО:

газовим різанням називають процес спалювання металів у струмені кисню

**А. вірне**

**В. невірне**

***Виберіть одну правильну відповідь:***

14.ТВЕРДЖЕННЯ ЩО:

газовий різак не відміняється за конструкцією від зварювального пальника

**А. вірне**

**В. невірне**

***Виберіть одну правильну відповідь:***

15.ТВЕРДЖЕННЯ ЩО:

газовому різанню піддають майже усі метали

**А. вірне**

**В. невірне**

### **Відповіді**

1. А
2. А
3. В
4. зварювання тиском
5. електрошлакове зварювання
6. зварювальна дуга
7. електричні струми
8. електроди
9. В
10. А
11. А
12. А
13. А
14. В
15. В

**Рівень В**

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

1. ЕЛЕКТРИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПЛАВЛЕННЯМ ПОДЛЯЮТЬ НА:

А. електрошлакове

В. дугове

електронно-промене

електрошлакове

електроконтактне

плазмове

лазерне

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

2. ЗВАРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМ ПРОМЕНЕМ ВІДНОСЯТЬ ДО ЗВАРЮВАННЯ:

А. плавленням

В. пластичним деформуванням

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

3. ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ЗВАРЮВАННІ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ Є:

А. перемінний струм

В. постійний струм

С. сконцентрований

світловий промінь

**Доповніть твердження, вписавши одне чи декілька слів:**

4. З'ЄДНАННЯ МЕТАЛІВ У ТВЕРДОМУ СТАНІ З УТВОРЕННЯМ НОВИХ АТОМНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ПРОЦЕСІ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЗІТКНЕННЯ ТІЛ, ЯКЕ ЗДІЙСНЮЮТЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН АБО ІНШИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З ВЕЛИКОЮ ПИТОМОЮ ПОТУЖНІСТЮ НАЗИВАЮТЬ

\_\_\_\_\_

**Доповніть твердження:**

5. ПРИ ПЛАЗМОДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ МЕТАЛУ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОТИ Є СТРУМЕНЬ

\_\_\_\_\_, ІОНІЗОВАНОГО В ДУЗІ, ЯКА ПІД ЧАС ЗІТКНЕННЯ З МЕНШ НАГРІТИМ ТІЛОМ ДЕІОНІЗУЄТЬСЯ З ВИДІЛЕННЯМ ЗНАЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛОТИ

**Доповніть твердження:**

6. СУТНІСТЬ \_\_\_\_\_ ЗВАРЮВАННЯ ЗВОДИТЬСЯ ДОЛ СТВОРЕННЯ УМОВ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ДИФУЗІЇ НА МЕЖІ КОНТАКТУ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ, УТВОРЕННЯ НОВИХ ЗЕРЕН, ЯКІ НАЛЕЖАТЬ ВОДНОЧАС КОЖНОМУ З МЕТАЛІВ, ЩО КОНТАКТУЮТЬ

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

7.ДИФУЗИЯ ЗВАРЮВАННЯ УМОЖЛИВЛЮЄ З'ЄДНАННЯ:

- А.** однорідних і різнорідних металів та сплавів  
**В.** металокерамічних виробів з металами  
**С.** А + В

**Виберіть правильну відповідь:**

8. УЛЬТРАЗВУКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ВІДНОСЯТЬ ДО ЗВАРЮВАННЯ:

- А.** плавленням  
**В.** тиском

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

9. КОНТАКТНЕ РОЛИКОВЕ (ШОВНЕ) ЗВАРЮВАННЯ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ:

- А.** тонкостінних ємкостей, тонкостінних труб  
**В.** різального інструменту, залізничних рейок, труб магістральних газо – і нафтопроводів

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

10.СТИКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ З ОПЛАВЛЕННЯ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ:

- А.** тонкостінних ємкостей, тонкостінних труб  
**В.** різального інструменту, залізничних рейок, труб магістральних газо – і нафтопроводів

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

11. ОСНОВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

- А.** газовий різак  
**В.** пальник

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

12.ПОШИРЕНИМ СПОСОБОМ З'ЄДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ГАЗОВОМУ ЗВАРЮВАННІ Є ЗВАРЮВАННЯ:

- А.** встик  
**В.** внапуск  
**С.** таврове

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

13. ПРИБЗВАРЮВАННІ В ВАКУУМІ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛА Є :

**А.** електричний  
струм

**В.** світловий  
промінь

**С.** потік прискорених  
електронів

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

14. ПРИБЗВАРЮВАННІ ЕЛЕКТРОДОМ ІЗ ПОКРИТТЯ М ДО СКЛАДУ ПОКРИТТЯМ ВХОДЯТЬ КОМПОНЕНТИ:

**А.** сплави магнію  
вольфрам  
нікель

**В.** стабілізуючі  
газоутворюючі  
шлакоутворюючі  
розкислювальні  
легуючі

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

15. ТВЕРДЖЕННЯ. ЩО УЛЬТРАЗВУКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ЗАСТОСОВУЮТЬ ДЛЯ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ:

**А.** вірне

**В.** невірне

### Відповіді

1. В
2. А
3. С
4. зварювання вибухом
5. газу
6. дифузійного
7. С
8. В
9. А
10. В
11. В
12. А
13. В

14. А

15. С

<b>Рівень С</b>		
<b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b> 1. ПРИ ЗВАРЮВАННІ ПЛАВЛЕННЯМ ДЛЯ РОЗПЛАВЛЕННЯ ОСНОВНОГО І ПРИСАДНОГО МЕТАЛІВ НЕОБХІДНО, ЩОБ Т ЕМПЕРАТУРА СТАНОВИЛА ПОНАД:		
<b>А. 1000°С</b>	<b>В.2500°С</b>	<b>С. 3000°С</b>
<b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b> 2. ВІДСТАНЬ МІЖ ЕЛЕКТРОДАМИ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ (ДОВЖИНА ДУГИ) ПРИБЛИЗНО ДОРІВНЮЄ:		
<b>А. діаметрові електрода</b>	<b>В.1мм</b>	<b>С.3мм</b>
<b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b> 3. СКЛАДОВИМИ ФЛЮСУ ПРИ АВТОМАТИЧНОМУ ЗВАРЮВАННІ ПІД ФЛЮСОМ, ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБУ ЗВАРЮВАННЯ, Є:		
<b>А.оксиди Si, Ti, Pb, Sn, Cu, Fe, а також фтористі й хлористі сполуки</b>	<b>В.оксиди Si, Ti, Ca, Mg, Mn, Fe, а також фтористі й хлористі сполуки</b>	
<b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b> 4. ПРИ НАПІВАВТОМАТИЧНОМУ ЗВАРЮВАННІ ЗВАРЮВАЛЬНУ ВАННУ ЗАХИЩАЮТЬ ФЛЮСОМ АБО ЗАХИСНИМ ГАЗОМ:		
<b>А. аргоном, гелієм азотом</b>	<b>В. двоокисом вуглецю, азотом, киснем</b>	<b>С. аргоном, гелієм, двоокисом вуглецю</b>
<b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b> 5. УЛЬТРАЗВУКОВЕ ЗВАРЮВАННЯ ДОЦІЛЬНО ЗАС ТОСОВУВАТИ ДЛЯ З'ЄДНАНЬ З:		
<b>А.алюмінію та його сплавів,титану, цирконію, нікелю</b>	<b>В.низьковуглецевих, жароміцних та інструментальних сплавів</b>	

<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          6. ЗВАРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИМ ПРОМЕНЕМ ЗАСТОСОВУЮТЬ В:</p> <p>А. глибокому вакуумі                      В. захисному газі                      С. повітрі</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          7. ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ ДАЄ ЗМОГУ ОБРОБЛЯТИ ВИРОБИ:</p> <p>А. в будь-якому середовищі                      В. тільки в вакуумі</p> <p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          8. ДЛЯ ГАЗОВОГО РІЗАННЯ НАЙБІЛЬШ ПРИДАТНІ СТАЛІ ІЗ ЗМІСТОМ ВУГЛЕЦЮ:</p> <p>А. <math>C &gt; 0,8\%</math>                      В. <math>C &lt; 0,8\%</math>                      С. <math>0,8 &lt; C &lt; 2,14\%</math></p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          9. КИСНЕВО-ФЛЮСОВЕ РІЗАННЯ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ ОБРОБКИ:</p> <p>А. низьковуглецевих сталей, міді та її сплавів                      В. високолегованих сталей, чавунів, міді та її сплавів</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          10. ЕЛЕКТРИЧНЕ КОНТАКТНЕ <u>ШОВНЕ</u> ЗВАРЮВАННЯ ЗАСТОСОВУЮТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ:</p> <p>А. тонкостінних емкостей і тонкостінних труб                      В. різального інструменту, труб магістральних газо- і нафтопроводів</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          11. ЕЛЕКТРИЧНЕ КОНТАКТНЕ <u>СТИКОВЕ</u> ЗВАРЮВАННЯ ЗАСТОСОВУЮТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ:</p> <p>А. тонкостінних емкостей і тонкостінних труб                      В. різального інструменту, труб магістральних газо- і нафтопроводів</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          12. ЗВАРЮВАННЯ РЕАКТОПЛАСТІВ, ЗАЗВИЧАЙ ПРОВОДЯТЬ:</p> <p>А. контактними методами                      В. СВ4 або ультразвуком</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          13. ЗВАРЮВАННЯ ТЕРМОПЛАСТІВ, ЗАЗВИЧАЙ ПРОВОДЯТЬ:</p> <p>А. контактними методами                      В. СВ4 або ультразвуком</p>
<p><b>Виберіть літеру правильної відповіді:</b>          14. ДИФУЗІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПРОВОДЯТЬ У :</p>

**А.**будь-якому  
середовищі

**В.**вакуумі або в атмосфері  
інертних газів

**Виберіть літеру правильної відповіді:**

15. ДИФУЗІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ ЗДІЙСНЮЮТЬ НА ПРАКТИЦІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ:

**А.**без проміжного шару  
(для однорідних металів)

**В.**з проміжним шаром містить плавкі та неплавкі прошарки

**С.**без проміжного шару й з проміжним шаром

**Відповіді**

1. В
2. В
3. С
4. А
5. А
6. А
7. В
8. В
10. А
11. В
12. В
13. А
14. В
15. С



