

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра „Матеріали і технології виготовлення виробів транспортного
призначення”**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних робіт з навчально-виробничої практики
з дисципліни
«Матеріалознавство та ТКМ»**

Розділ

Зварювальне виробництво

Харків – 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до
друку на засіданні кафедри МТВ 07 серпня 2009 року, протокол

№ 2.

Призначені для студентів механічного та будівельного факультетів денної форми навчання, для самостійної підготовки до практичних робіт з навчально-виробничої практики зі зварювального виробництва.

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,
доц. Г.Л. Комарова,
асист. Л.В. Волошина,
інж. В.В. Коровін

Рецензент

д-р техн. наук Е.С. Геворкян

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з навчально-виробничої практики
з дисципліни «Матеріалознавство та ТКМ»

Розділ «Зварювальне виробництво»

Відповідальний за випуск Комарова Г.Л.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 28.09.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 150. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Міністерство транспорту та зв'язку України
Українська державна академія залізничного транспорту

механічний факультет

Кафедра «Матеріали та технологія виготовлення виробів
транспортного призначення»

Методичні вказівки до практичних робіт з навчально-
виробничої практики з дисципліни «Матеріалознавство та
ТКМ»

Розділ «Зварювальне виробництво»

Харків 2011

Методичні вказівки до практичних робіт з навчально-виробничої практики з дисципліни «Матеріалознавство та ТКМ», розділ «Зварювальне виробництво» були розглянуті та рекомендовані до друку на засіданні кафедри МТВ 07 серпня 2009 року, протокол № 2.

Призначені для студентів механічного та будівельного факультетів денної форми навчання, для самостійної підготовки до практичних робіт з навчально-виробничої практики зі зварювального виробництва.

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,
доц. Г.Л. Комарова,
асист. Л.В. Волошина,
інж. В.В. Коровін

Рецензент

д.т.н. Е.С. Геворкян

ВСТУП

У зв'язку з великим обсягом зварювально-наплавлювальних робіт при ремонті рухомого складу і підвищенням вимог до їхньої якості майбутнім інженерно-технічним працівникам необхідно мати теоретичні знання та практичний досвід у галузі зварювального виробництва.

Мета методичних вказівок – надати допомогу студенту отримати практичні навички при оволодінні методикою проведення зварювальних робіт.

За час навчально-виробничої практики студент повинен ознайомитись з операціями технологічного процесу зварювання, навчитися вибирати режими зварювання для різних умов, оволодіти технікою виконання швів; навчитися визначати, які дефекти виникли на зразках, та давати висновок про причини виникнення того або іншого дефекту; вивчити особливості та відмінності зварювання різних матеріалів.

У методичних вказівках до кожного практичного заняття сформульована мета та завдання, які необхідно виконати під час практичної роботи. Для закріплення практичного та теоретичного матеріалу наведені контрольні питання.

ЗАНЯТТЯ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗВАРЮВАННЯ. ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ ТА ШВИ

1.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з загальними відомостями про процес зварювання, його особливості. Розглянути види зварних з'єднань та швів.

1.2 Короткі відомості з теорії

Зварюванням називається процес виготовлення нерознімних з'єднань твердих матеріалів, що здійснюється за рахунок використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення. Щоб привести ці сили в дію, треба зблизити атоми з'єднуваних матеріалів на відстань, що приблизно дорівнює параметрам кристалічних решіток цих матеріалів. Вказаному процесу зближення сприяє нагрівання зварювальних поверхонь до розплавленого або пластичного стану.

Зварювання широко використовується при виготовленні нерознімних з'єднань металевих виробів та конструкцій, для з'єднання деяких неметалевих матеріалів (пластмас, скла, деяких гірських порід, смол) та ін. Найважливіше значення має зварювання металів, що, як і інші способи обробки металів, широко застосовується в сучасному машинобудуванні і у будівництві.

При ручному зварюванні краї металу заготовок деталей, що зварюють, розплавляються електричною дугою (основний метал) і одночасно розплавляється електрод (дріт), метал якого є додатковим. У місці з'єднання двох заготовок розплавлений основний і додатковий метали зливаються в загальну, так звану зварювальну ванну, у якій відбуваються фізико-хімічні процеси та встановлюються металеві зв'язки між атомами металу. Зближення цих атомів та створення умов для їх взаємодії здійснюється обраним видом зварювання, а протікання відповідних фізико-хімічних процесів (початок плавлення металу, окислювання та розкислення рідкого металу, перехід з рідкого стану у твердий та ін.)

визначається властивостями металів, що з'єднують. Ці властивості характеризують фізичну сутність зварювання.

При утворенні електричної дуги метал зварювальної ванни починає кристалізуватись, створюється зварний шов, що і з'єднує зварювальні заготовки деталей або вузлів. Склад металу зварного шва значно відрізняється від основного металу заготовок за хімічним складом та структурою, тому що зварний шов утворюється з основного та додаткового металів і має литу структуру.

Режим зварювання залежить від товщини заготовок, їх хімічного складу, розташування шва в просторі та типу зварних швів. Швидкість зварювання заготовок товщиною 3 мм при розташуванні шва в нижньому положенні вище, ніж при стельовому. Тому силу зварювального струму підбирають залежно від розташування зварного шва в просторі та від товщини заготовок, а діаметр електрода - від товщини заготовок.

Види зварних з'єднань. Основними видами з'єднань, що застосовуються при ручному, автоматичному та напівавтоматичному дуговому зварюванні, є стикові (рисунок 1.1), кутові (рисунок 1.2), таврові (рисунок 1.3) та внапусток (рисунок 1.4).

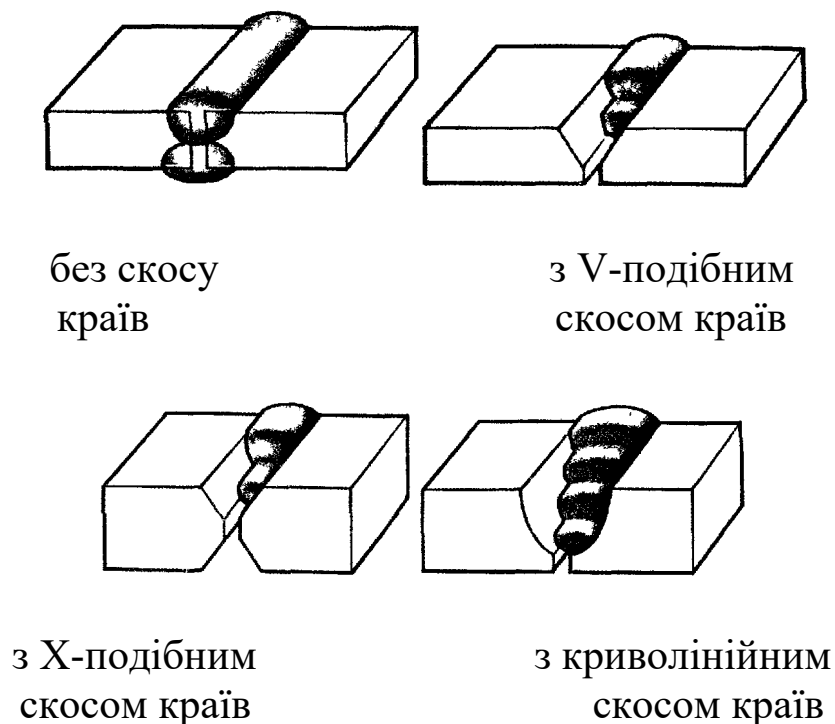
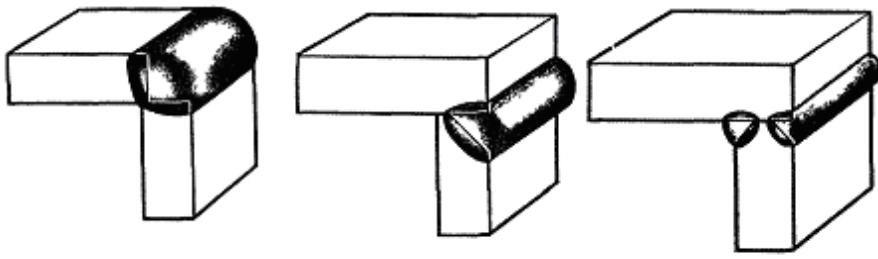


Рисунок 1.1 - Стикові з'єднання

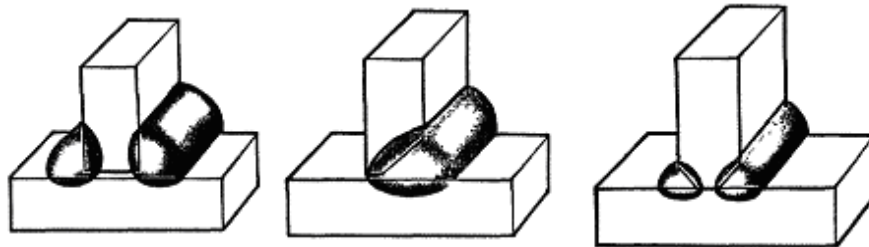


без скосу
країв

зі скосом
одного краю

зі скосом
двох країв

Рисунок 1.2 - Кутові з'єднання



без скосу
країв

зі скосом
одного краю

зі скосом
двох країв

Рисунок 1.3 - Таврові з'єднання

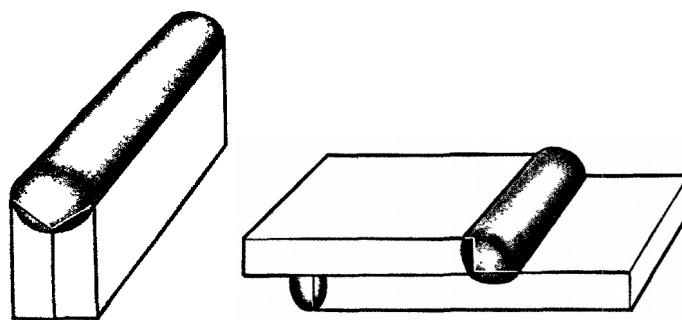


Рисунок 1.4 - Торцеве та з'єднання внапусток

Види зварних швів. Зварні шви розрізняють за зовнішнім виглядом (рисунок 1.5), за виконанням (рисунок 1.6), за кількістю шарів і проходів (рисунок 1.7) та за їх положенням в просторі (рисунок 1.8-1.9).



Рисунок 1.5 - Зварні шви за зовнішнім виглядом

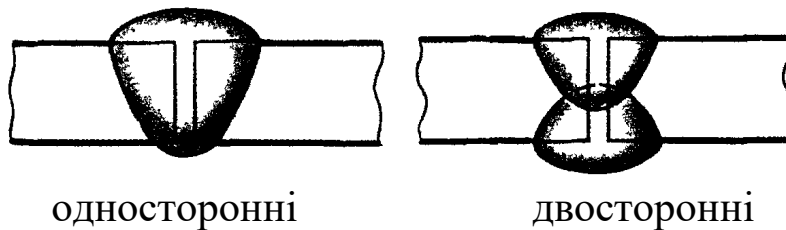


Рисунок 1.6 - Зварні шви за виконанням

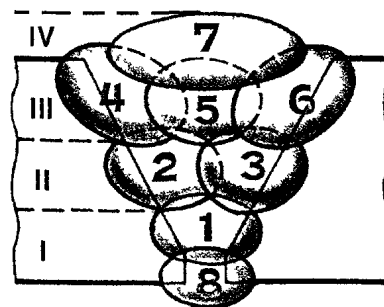


Рисунок 1.7 - Зварні шви за кількістю шарів і проходів: одношарові, багатшарові, однопрохідні, багатпрохідні (I-IV - кількість шарів, 1-8 - кількість проходів)

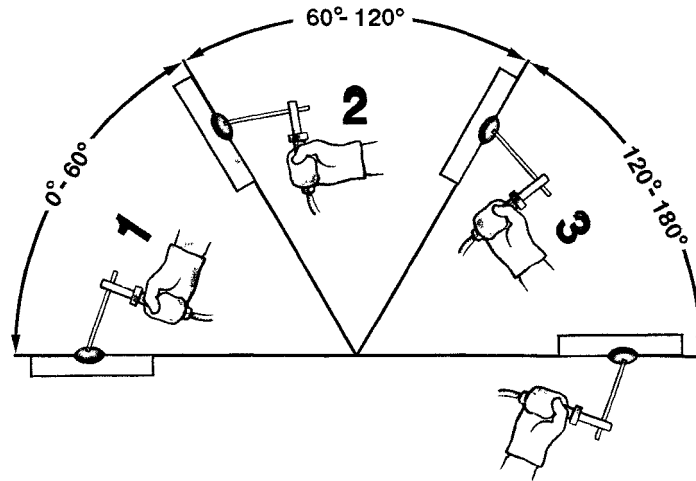


Рисунок 1.8 - Зварні шви за їх положенням у просторі:
 1 - нижні, 2 - вертикальні або горизонтальні, 3 - стельові

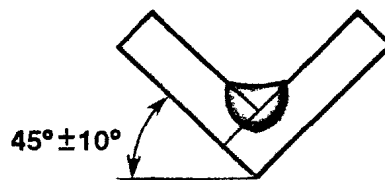


Рисунок 1.9 - Зварний шов у „човник”

1.3 Вказівки до практичної роботи

2 Навчитися визначати необхідний перетин країв заготовок для виконання зварювання в залежності від виду з'єднання.

3 Навчитися визначати вид зварного шва за зовнішнім виглядом.

Контрольні питання

- 1 Що називається зварюванням і в чому сутність процесу?
- 2 За яких умов вибирається сила зварювального струму?
- 3 Які бувають види зварних з'єднань?
- 4 Які бувають види зварних швів?
- 5 Як класифікуються зварні шви за їх положенням у просторі та за кількістю шарів і проходів?

ЗАНЯТТЯ 2

ОБЛАДНАННЯ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ПОСТІВ ДЛЯ РУЧНОГО ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ. ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ЗВАРНИКА

2.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з устаткуванням зварювального поста для ручного дугового зварювання, освоїти інструмент та приладдя зварника.

2.2 Короткі відомості з теорії

Зварювальний пост - робоче місце зварника, обладнане всім необхідним для виконання зварювальних робіт. Зварювальний пост укомплектований джерелом живлення, електричними дротами, електродотримачем, щитком або маскою, приладдям та інструментом.

Зварювальні пости залежно від роду електричного струму та типу джерела живлення дуги поділяють на такі види:

- постійного струму з живленням від однопостового або багатопостового зварювального перетворювача або зварювального випрямляча;

- змінного струму з живленням від зварювального трансформатора.

Зварювальні пости можуть бути стаціонарними або пересувними.

Пересувні пости (рисунок 2.1) застосовують при зварюванні великогабаритних виробів безпосередньо на виробничих площах цехів або будівельних майданчиків. Захист від променів дуги в цих випадках здійснюється щитами.

Стаціонарні пости (рисунок 2.2) являють собою відкриті зверху кабінки для зварювання виробів невеликих розмірів. У кабінці звичайно розміщують однопостовий зварювальний трансформатор або зварювальний випрямляч.

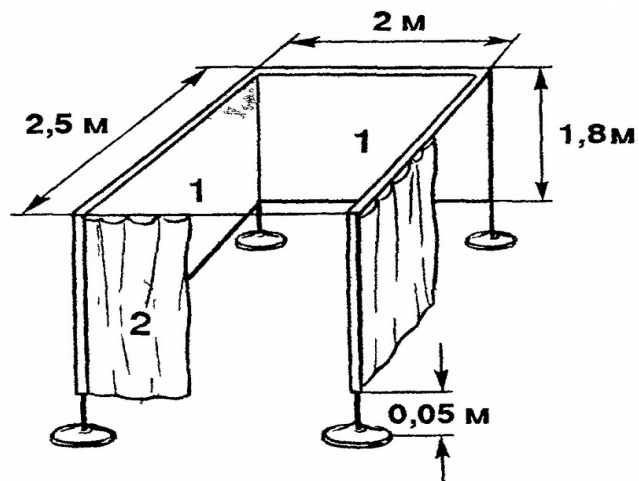


Рисунок 2.1 - Огородження зварювального поста: 1 - сталеві або азбестові листи; 2 – полотна з брезенту з вогнестійким просоченням

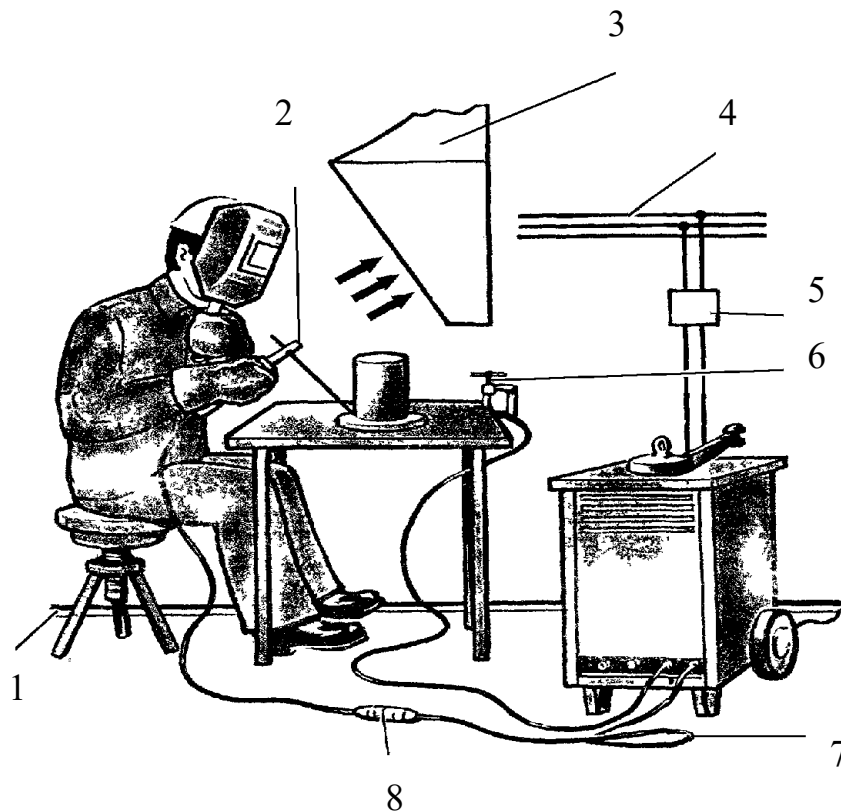


Рисунок 2.2- Устаткування зварювального поста:
 1 - шина заземлення; 2 - електродотримач; 3 - зонт місцевої витяжки;
 4 - мережа електроживлення; 5 - автоматичний вимикач;
 6 - струмопідвідні затискачі; 7 - зварювальний дріт;
 8 - з'єднувальна муфта

Рисунок 2.3 перетворює змінний струм однієї напруги в змінний струм меншої напруги тієї ж частоти та служить для живлення зварювальної дуги.

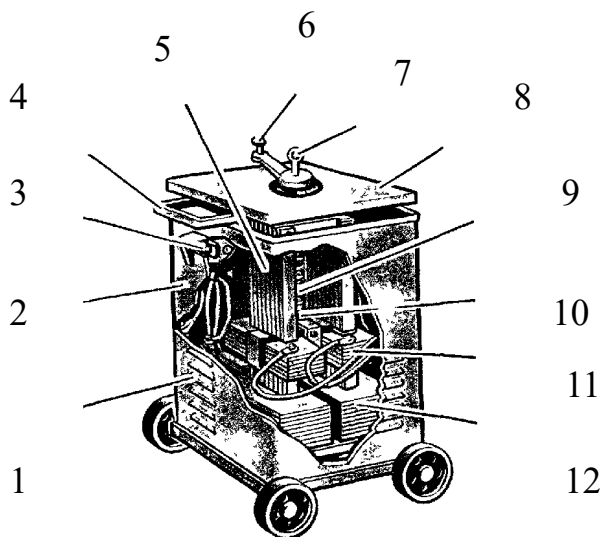


Рисунок 2.3 - Зварювальний трансформатор: 1 - жалюзі для охолодження; 2 - корпус; 3 - затискач для приєднання проводів зварювального дроту; 4 - ручка; 5 - замкнутий магнітопровід (сердечник); 6 - рукоятка; 7 - рем-болт; 8 - кришка корпусу; 9 - вертикальний гвинт; 10 - ходова гайка гвинта; 11 - вторинна обмотка трансформатора; 12 - первинна обмотка трансформатора

Обмотка, яка підключена до мережі називається первинною, а обмотка, яка підключена до електродотримача - вторинною. Для надійного запалювання дуги вторинна напруга зварювальних трансформаторів повинна бути не менш 60-65 В; напруга дуги при ручному зварюванні звичайно не перевищує 20-30 В.

Діапазони струму перемикають виведеною на кришку рукояткою.

Зварювальні випрямлячі служать для перетворення змінного струму в пульсуючий постійний струм (рисунок 2.4).

Зварювальний перетворювач складається зі зварювального генератора постійного струму та приводного електродвигуна, розміщених звичайно в загальному корпусі та на загальному валу (рисунок 3.5). Приводний електродвигун перетворює електричну енергію змінного струму в механічну, а зварювальний генератор перетворює механічну енергію в електричну енергію постійного струму, що живить зварювальну дугу.

Регулювання зварювального струму виконується реостатом, увімкненим в обмотку магнітних полюсів.

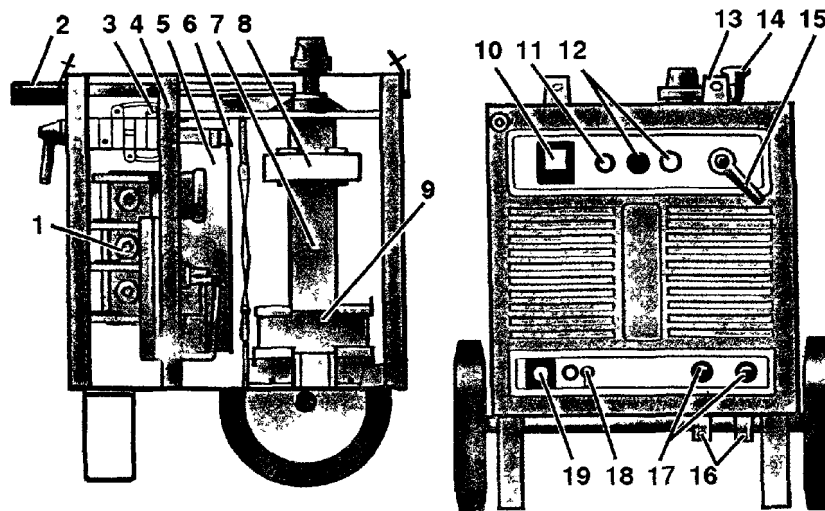


Рисунок 2.4 - Зварювальний випрямляч: 1 - випрямний блок; 2 - висувні ручки; 3 - запобіжники; 4 - блок апаратів; 5 - вентилятор; 6 - реле; 7 - силовий трансформатор; 8 - вторинна обмотка; 9 - первинна обмотка; 10 - амперметр; 11 - лампа; 12 - кнопки вимикача; 13 - скоби; 14 - рукоятка регулювання струму; 15 - перемикач діапазонів струму; 16 - шини зворотного заземлення; 17 - струмові рознімачі; 18 - болт заземлення; 19 – штепсельний рознімач для підключення до мережі

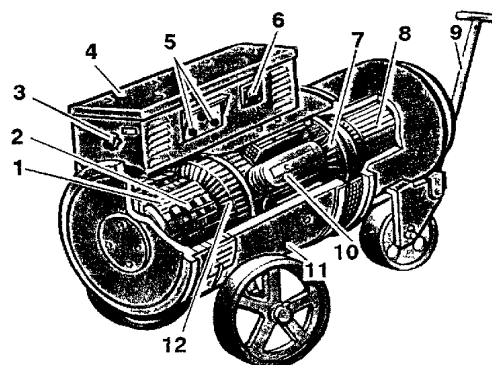


Рисунок 2.5 - Зварювальний перетворювач:
 1 - мідні пластинки колектора; 2 - щітки генератора;
 3 - регулювальний реостат; 4 - розподільний пристрій; 5 - затискачі;
 6 - вольтметр; 7 - вентилятор; 8 - трифазний асинхронний двигун;
 9 - тяга; 10 - магнітні полюси; 11 - корпус; 12 – якір

2.3 Приладдя та інструмент зварника

Для затиснення електрода і підведення до нього зварювального струму служить **електродотримач** (рисунок 2.6).

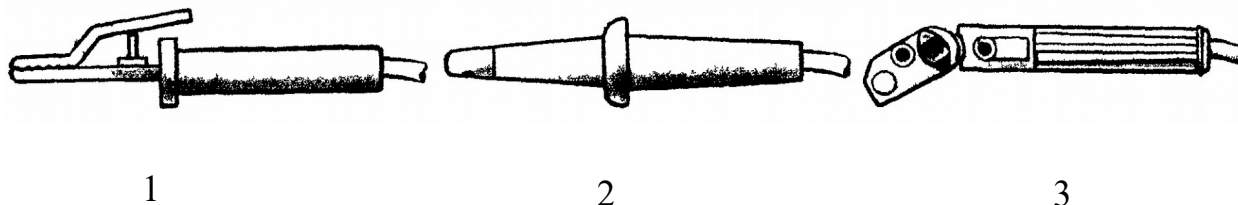


Рисунок 2.6 - Типи електродотримачів:
1 - пасатижний; 2 - гвинтовий; 3 - клиновий

Щитки та маски (рисунок 2.7). Матеріалом для виготовлення щитків та масок служить чорна фібра або пластмаса з матовою поверхнею. Щитки та маски обладнані захисним склом (світлофільтрами), що призначені для захисту очей та шкіри обличчя від променів дуги, бризок металу та шлаків.

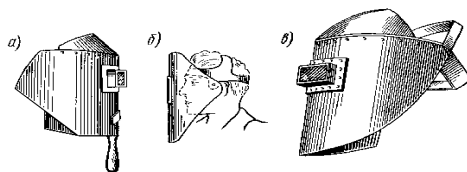


Рисунок 2.7 - Щитки (а), маски (б), шоломи (в)

Зварювальні дроти служать для підведення струму від джерела живлення до електродотримача та виробу.

Для приєднання до виробу, що зварюється, застосовуються швидкодіючі затискачі, виготовлені з струмопровідного металу (міді, бронзи). Затискачі можуть бути пружинного або гвинтового типу (рисунок 2.8).

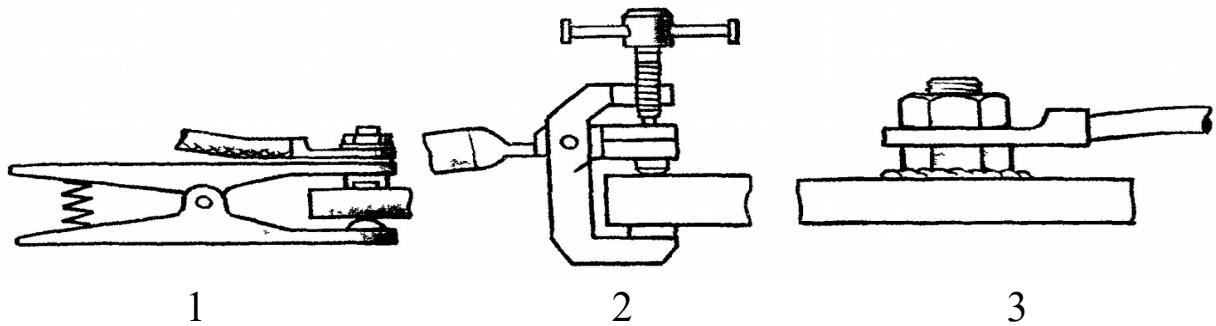


Рисунок 2.8 - Струмопідвідні затискачі:

- 1 - швидкодіючий пружинний; 2 - з гвинтовою струбциною;
3 - приварений до столу

Інструмент електрика. При виконанні дугового зварювання необхідний такий інструмент: сталеві щітки для зачищення країв перед зварюванням та для видалення з поверхні швів залишків шлаків; молоток-шлаковіддільник для видалення шлакової кірки; зубило; набір шаблонів для перевірки розмірів швів; сталеве клеймо для таврування швів; метр, сталеві лінійка; косинець та ін. необхідне для виконання зварювальних робіт.

2.4 Вказівки до практичної роботи

- 1 Скласти опис складу зварювального поста з використанням зварювального обладнання та захисних засобів.
- 2 Закріпити на практиці отримані знання.

Контрольні питання

- 1 Що називається зварювальним постом?
- 2 Які існують види зварювальних постів?
- 3 Яке призначення зварювальних: трансформатора, випрямляча та перетворювача?
- 4 Перелічіть приладдя та інструмент електрика, яке їх призначення.

ЗАНЯТТЯ 3

ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ: ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТА НАПЛАВНИЙ ДРІТ, КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОДІВ, ЇХ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

3.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з матеріалами, які використовуються для виконання зварних швів, їх марками, призначенням та особливостями застосування.

3.2 Короткі відомості з теорії

Зварювальний та наплавний дріт. При ручному дуговому зварюванні застосовують електроди, що плавляться, у вигляді прутків або стрижнів з покриттям. При механізованому зварюванні використовують електрод у вигляді дроту, намотаного на касету.

Виготовлюють сталевий дріт круглого перетину діаметрами 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 та 12,0 мм і поставляють у мотках (бухтах) з одного відрізу. Дріт перших семи діаметрів призначений в основному для напівавтоматичного та автоматичного зварювань у захисному газі. Для автоматичного і напівавтоматичного зварювань під флюсом застосовують дріт діаметром 2...6 мм. Дріт діаметром 1,6...12,0 мм іде на виготовлення стрижнів електродів.

За хімічним складом сталевий дріт розділяється на три основні групи: вуглецеві (6 марок) з умістом вуглецю не більше 0,12 %, призначені для зварювання низьковуглецевих, середньовуглецевих та деяких низьковуглецевих сталей; леговані (30 марок) для зварювання низьколегованих, конструкційних, теплостійких сталей; високолеговані (41 марка) для зварювання хромистих, хромонікелевих, нержавіючих та інших спеціальних легованих сталей.

Мідь та її сплави зварюють дротом і прутками з міді та сплавів на мідній основі. Алюміній та алюмінієві сплави зварюють зварювальним дротом з алюмінію та його сплавів.

Замість дорогого легованого зварювального дроту частіше стали застосовувати порошковий електродний дріт. Такий дріт є одним із прогресивних зварювальних матеріалів. Він складається з

металевої оболонки і сердечника. Металева оболонка служить для підведення зварювального струму та утримання порошкового сердечника. Сердечник являє собою суміш порошків мінералів, руд, феросплавів та металевих порошків. Беручи участь у металургійному процесі при зварюванні, суміш забезпечує захист металу зварювальної ванни від кисню, азоту та повітря, розкислення і легування металу шва, утворення шлаків, що легко видаляються, і одержання високоякісного шва. Зварювання порошковим дротом виконують відкритою дугою, під флюсом або в захисних газах.

Широко застосовують дроти, що не вимагають при зварюванні додаткового захисту (самозахисні), та дроти з газовим захистом зони зварювання (газозахисні). Завдяки високій продуктивності і низькій чутливості до зовнішніх умов зварювання порошковим дротом набуває поширення при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій на будівельно-монтажній площадці. Найбільше застосування одержали дроти малого діаметра (1,6...2,4 мм) марок ПП-АН1, ПП-АН3, ПП-АН7, ПП-АН11, ПП-1ДСК, ПП-2ДСК. Вони дозволяють одержати зварні шви з високими механічними властивостями.

Металеві електроди для дугового зварювання виготовляють відповідно до ГОСТ 9466-75. Встановлені ГОСТ розміри електродів такі:

діаметр електрода, мм 1,6 2,0 2,5 3,0 4,0 5,0 6,0 8,0 10,0 12,0;
довжина електрода, мм:
з вуглецевої та легованої сталі: 200, 250, 300, 350, 450;
з високолегованої сталі: 150, 200, 300, 350, 450.

За якістю (точність виготовлення, стан поверхні покриття, металу шва, вміст сірки і фосфору в наплавленому металі) електроди підрозділяються на групи 1, 2, 3.

Покриття електрода повинне бути однорідним, щільним, міцним, без тріщин, напливів, здуттів та ексцентричності щодо осі стрижня. Допускаються шорсткість та окремі риски глибиною менш чверті товщини покриття; вм'ятини глибиною до половини товщини покриття на довжині не більше 12,0 мм; оголеність тільки з кінця електрода на довжині не більше половини діаметра й інші дрібні дефекти. Міцність покриття випробовують у такий спосіб: при падінні по довжині на сталеву плиту з висоти 1 м електродів

діаметром менш 4 мм та з висоти 0,5 м електродів діаметром 4 мм і більше покриття не повинне руйнуватися. Вологостійкість покриття перевіряють зануренням електрода у воду і витримкою протягом 24 год при температурі 15...25°C.

Електроди упаковують у водонепроникний папір або поліетиленову плівку та пачками масою 3...8 кг укладають у дерев'яні ящики. Маса ящика 30...50 кг.

На кожній пачці є етикетка, що містить найменування заводу-виробника, умовна позначка електрода, галузь застосування, режими зварювання, обробки і механічні показники зварного шва, властивості наплавленого металу і коефіцієнт наплавлення.

Електроди, виготовлені за ГОСТ, забезпечують стійке горіння дуги і спокійне рівномірне плавлення покриття. Шлак рівним шаром покриває при наплавленні метал і легко видаляється після остигання. Тріщини, газові пори у зварному шві не утворюються. Хімічний склад металу шва, і особливо припустимий вміст сірки та фосфору, вказуються в паспорті електрода. Вміст сірки і фосфору в металі зварного шва при зварюванні низьковуглецевих та низьколегованих сталей повинний бути не більше 0,05 %; при зварюванні легованих сталей підвищеної міцності - не більше 0,04 %. Зварні шви високолегованих сталей повинні містити не більше 0,025 % сірки і 0,03 % фосфору.

Для виготовлення стрижнів більшості електродів, призначених для зварювання вуглецевих і легованих конструкційних сталей, застосовують дрід марок Св-08 і Св-08А.

Кожному типу електрода відповідає кілька марок електродів. Наприклад, типу Э42 відповідають електроди ОМА-2, АНО-6, МЭЗ-04 та ін. Марка електрода - це його промислове позначення, як правило, що характеризує стрижень та покриття.

Електродні покриття ділять на дві групи: тонкі (стабілізуючі й іонізуючі) та товсті (якісні). Призначення тонкого покриття — полегшити виникнення дуги та стабілізувати її горіння. Тонке покриття не створює захисту для розплавленого металу шва і тому при зварюванні відбувається окислювання і азотування наплавленого металу. Шов виходить пористий, з різними неметалевими включеннями. Тому електроди з тонким покриттям використовують при виконанні невідповідальних зварних швів.

Найбільш простим тонким покриттям є крейдове. Воно складається з порошкової чистої крейди, розведеної на рідкому склі.

Електроди з товстим покриттям застосовують для одержання зварних з'єднань високої якості. Тому ці покриття називають якісними. Якісне покриття виконує такі функції: забезпечує стійке горіння дуги; захищає розплавлений метал шва від впливу кисню і азоту повітря; розкислює у металі шва оксиди і видаляє невідновлювані оксиди в шлаки; змінює склад при наплавленні металу введенням у нього легуючих домішок; видаляє сірку та фосфор з розплавленого металу шва; сприяє виходу газів і неметалічних включень на поверхню металу шва.

Наприклад, електроди УОНІІ-13 дають високу якість металу шва і застосовуються для зварювання відповідальних швів з конструкційних сталей. Такі електроди випускаються декількох марок: УОНІІ-13/45, УОНІІ-13/55, УОНІІ-13/65 і УОНІІ-13/85. Цифри після риски вказують на межу міцності металу шва кілограм сили на міліметр квадратний (кгс/мм²). Зварювання можна робити при будь-якій положенні шва, але тільки на постійному струмі зворотної полярності. Ці електроди застосовують у заводських і монтажних умовах.

Для зварювання відповідальних конструкцій з низьковуглецевих сталей змінним або постійним струмом у всіх просторових положеннях добрі результати дають електроди марки АНО-5 (тип Э42), що мають коефіцієнт наплавлення 11 г/(А·год), та марки АНО-6 (коефіцієнтом наплавлення 8,5 г/(А·год). Для зварювання деталей з низьковуглецевої сталі, що працюють при динамічних навантаженнях, використовують електроди марок АНО-3 та АНО-4 (тип Э46) (коефіцієнтом наплавлення 8 г/(А·год). Електроди типу АНО характеризуються стійким горінням дуги, незначним розбризуванням металу, стійкістю проти утворення кристалізаційних тріщин та легкістю відділення шлакової кірки.

3.3 Вказівки до практичної роботи

- 1 Вибрати необхідний тип електродів для зварювання запропонованих заготовок.
- 2 Розшифрувати марки електродів.
- 3 Дати класифікацію зварювального дроту та електродів, їх марки і особливості застосування.

Контрольні питання

- 1 Дати визначення зварювальному та наплавному дроту.
- 2 На які групи за хімічним складом розподіляється сталевий дріт? Застосування.
- 3 Які існують типи та марки електродів? Застосування.
- 4 Для чого призначені електродні покриття та які їх складові елементи?
- 5 Які марки електродів застосовують для зварювання відповідальних конструкцій з низьковуглецевих сталей?

ЗАНЯТТЯ 4

ВИБІР РЕЖИМУ ЗВАРЮВАННЯ ТА ТЕХНІКА ВИКОНАННЯ ШВІВ

4.1 Мета роботи

Розглянути операції технологічного процесу зварювання, навчитися вибирати режими зварювання для різних умов, ознайомитись з технікою виконання швів, освоїти виконання стикового з'єднання у нижньому положенні.

4.2 Короткі відомості з теорії

Виконання підготовчих і зварювальних робіт в умовах транспортного виробництва визначається технологічним процесом, операції якого і їх послідовність можуть бути такими:

- 1) підготовка поверхонь заготовок, що зварюють;
- 2) обробка країв;
- 3) складання;
- 4) прихватка;
- 5) зварювання;
- 6) виправлення;
- 7) зачищення швів від шлаків;
- 8) контроль якості зварного шва та звареної деталі у цілому.

Підготовкою та зачищенням передбачається видалення: з поверхонь країв заготовок корозії, мастила, бруду та інших забруднень механічними або хімічними засобами (за допомогою сталевих щіток або травленням сталевих заготовок у 5-відсотковому розчині соляної кислоти).

Складанням заготовок перевіряється якість їх припасування по довжині та величині зазора між ними.

Після складання вузла здійснюється прихватка його заготовок, тобто їх зварювання короткими швами (10-20 мм), відстань між ними дорівнює 100-200 мм. У результаті прихватки зварений вузол стає з'єднаний, чим забезпечується фіксація його заготовок.

Зварювання заготовок може здійснюватися при різних положеннях швів: нижньому, горизонтальному, стельовому. Найбільш висока якість швів досягається при зварюванні в нижньому положенні.

Для виконання зварного шва визначають режим зварювання, що забезпечує з'єднання, встановлені розміри та форму при мінімальних витратах матеріалів, електроенергії та праці.

Режимом зварювання називається сукупність параметрів, що визначають процес зварювання: вид струму, діаметр електрода, напруга та значення зварювального струму, швидкість переміщення електрода вздовж шва та ін.

Основними параметрами режиму ручного дугового зварювання є діаметр електрода та зварювальний струм. Інші параметри вибирають залежно від марки електрода, положення шва, виду устаткування та ін.

Діаметр електрода встановлюють залежно від товщини країв, що зварюють, виду зварного з'єднання та розмірів шва. Для стикових з'єднань прийняті практичні рекомендації з вибору діаметра електрода d залежно від товщини країв, що зварюють (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 - Значення діаметра електрода залежно від товщини країв

Показники	Значення						
	<2	3-5	6-8	9-12	13-15	16-20	>20
d, мм	<2	3-5	6-8	9-12	13-15	16-20	>20
s, мм	<2	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-10

При виконанні кутових та таврових з'єднань беруть до уваги розмір катета шва. При катеті шва 3...5 мм зварювання роблять електродом діаметром 3...4 мм; при катеті 6..8 мм застосовують електроди діаметром 4..5 мм.

За обраним діаметром електрода встановлюють значення зварювального струму. Звичайно для кожної марки електродів значення струму зазначене на заводській етикетці, але можна також визначити за такими формулами:

$$I = (40.. .50) d_e \text{ при } d_e=4...6...6 \text{ мм};$$

$$I = (20 + 6d_e) d_e \text{ при } d_e < 4 \text{ мм і } d_e > 6 \text{ мм},$$

де I - значення зварювального струму, А;

d_e - діаметр електрода, мм.

Отримане значення зварювального струму коректують в залежності від товщини металу та положення шва. При товщині країв менш $(1,3...1,6) d_e$, розрахункове значення зварювального струму зменшують на 10...15 %, при товщині країв $>3d_e$ — збільшують на 10...15 %. Зварювання вертикальних та стельових швів виконують зварювальним струмом, на 10. ..15 % зменшеним проти розрахункового.

У процесі зварювання електроду надаються рухи (рисунок 4.1, а) - по напрямку осі електрода 1 у зону дуги. Швидкість руху повинна відповідати швидкості плавлення електрода; б) уздовж лінії шва 2.

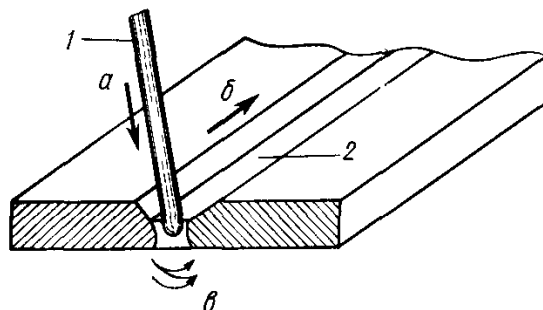


Рисунок 4.1- Рух електрода в процесі зварювання

Швидкість переміщення не повинна бути великою, тому що метал електрода не встигає сплавитися з основним металом. При малій швидкості переміщення можливий перегрів та перевитрата металу; шов виходить широкий, товстий, продуктивність зварювання низька; в) поперечні коливальні рухи застосовують для одержання розширеного валика шириною, рівною $(3...4)d_3$. Поперечні рухи сповільнюють остигання наплавлення металу, полегшують вихід газів та шлаків і сприяють найкращому сплавленню основного й електродного металу, отриманню високоякісного шва. Кратер, що утвориться наприкінці наплавлення, необхідно ретельно заварити.

Техніка виконання зварних швів залежить від виду та просторового положення шва.

Нижні шви найбільш зручні для виконання, тому що розплавлений метал електрода під дією сили ваги стікає в кратер і не впливає зі зварювальної ванни, а гази і шлаки виходять на поверхню металу. Стикові шви без скосу країв виконують наплавленням уздовж шва валика з невеликим розширенням. Необхідне добре проплавлення країв. Шов роблять з посиленням (опуклість шва до 2 мм). Після перевірки шва з одного боку виріб перевертають і, ретельно очистивши від шлаків, заварюють шов з іншого боку. Зварювання стикових швів з V-подібним обробленням при товщині крайок до 8 мм роблять в один шар, а при більшій товщині - у два шари і більше.

Стикові шви з X-подібною обробкою виконують аналогічно багат шаровим швом по обидва боки обробки.

Кутові шви в нижньому положенні краще виконувати в положенні «човник» (рисунок 4.2, а). Якщо виріб не може бути так встановлено, зварювання слід починати з поверхні нижнього краю і потім переходити через обробку шва на вертикальний край, як показано на рисунку 4.2, б.

Вертикальні шви менш зручно зварювати, тому що сила ваги захоплює краплі електродного металу вниз. Вертикальні шви слід виконувати короткою дугою і знизу нагору (рисунок 4.2, в). При цьому краплі металу легше переходять у шов, а кратер, що утвориться, у вигляді полицки втримує чергові краплі металу від стікання вниз. Зварювання можна вести і зверху вниз. При цьому дугу слід запалювати при положенні електрода, перпендикулярному площини виробу (рисунок 4.2, г). Після утворення перших крапель

металу електрод нахиляють униз і зварювання виконують якомога коротшою дугою. Рекомендується застосовувати електроди діаметром 4...5 мм при трохи зниженому зварювальному струмі (150...170 А).

Горизонтальні шви виконують при обробці країв зі скосом біля верхнього краю (рисунок 4.2, д). Дугу збуджують на нижньому краї і потім переводять на поверхню скосу і назад. Зварювання виконують електродом діаметром 4...5 мм. Горизонтальні внапусточні шви (рисунок 4.2, е) виконуються легше, тому що нижній край утворить полицку, що втримує краплі розплавленого металу.

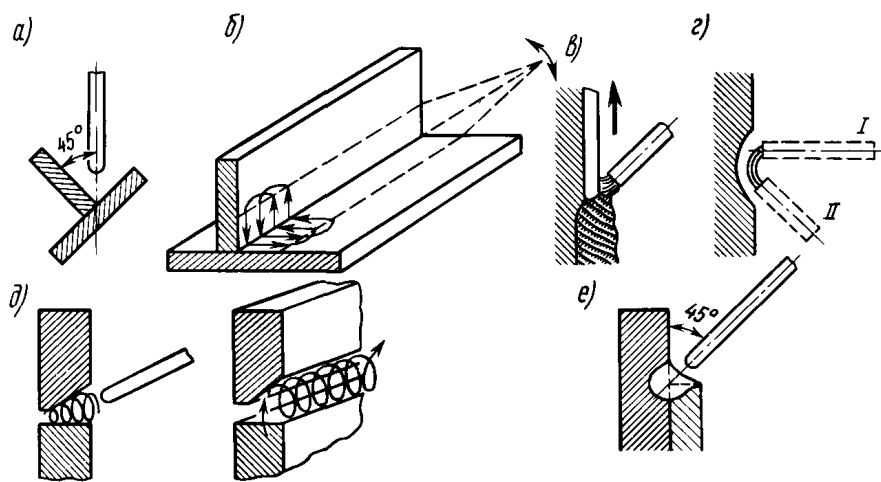


Рисунок 4.2 - Рух електрода в процесі зварювання

Стельові шви виконуються найбільш важко. Застосовують електроди діаметром не більше 5 мм при зменшеному значенні зварювального струму. Слід застосовувати тугоплавке покриття електрода, що утворить «чохолячик», у якому втримується розплавлений метал електрода. Дуга повинна бути якомога коротше для полегшення переходу краплі металу електрода в кратер шва.

Вибір способу і порядку виконання зварних швів залежить головним чином від товщини металу і довжини шва.

Способи виконання зварних швів по довжині залежать від їх довжини. Умовно прийнято розрізняти: короткі шви довжиною до 250 мм, середні шви довжиною 250...1000 мм і довгі шви довжиною більше 1000 мм. Короткі шви виконують зварюванням на прохід

(рисунок 4.3, а). Шви середньої довжини зварюють або від середини до країв, або так званим зворотно-ступеневим способом (рисунок 4.3, б, в).

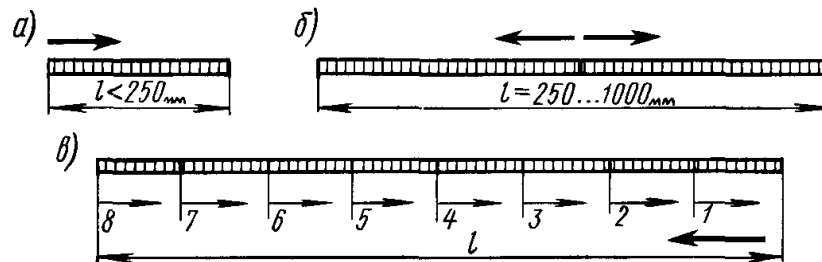


Рисунок 4.3 - Способи виконання зварних швів по довжині

4.3 Вказівки до практичної роботи

1 Навчитися запалювати та підтримувати безперервне горіння зварювальної дуги.

2 Зробити виконання стикового з'єднання без скосу країв однобічним швом з вертикально розташованим електродом.

Контрольні питання

- 1 Які параметри впливають на режим зварювання?
- 2 Наведіть операції технології зварювання і їхнє призначення.
- 3 Що таке режим зварювання, назвіть його основні параметри.
- 4 Охарактеризуйте вибір діаметра електрода.
- 5 Як вибирається сила струму зварювання?
- 6 Від яких факторів залежить техніка виконання зварних швів?

ЗАНЯТТЯ 5

КОНТАКТНЕ ЗВАРЮВАННЯ

5.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з машинами та технологією різних видів контактного зварювання: точкового, стикового, шовного або роликового. Вивчити вплив процесу зварювання на якість зварного шва.

5.2 Короткі відомості з теорії

Контактним зварюванням називається зварювання з застосуванням тиску, при якому нагрівання відбувається теплотою, що виділяється при проходженні електричного струму через з'єднувальні частини, які, що перебувають у контакті. Для швидкого нагрівання місць зварювання застосовують великий струм, що досягає декількох десятків тисяч ампер при вторинній напрузі 1... 12 В. Застосування великих зварювальних струмів дозволяє здійснити швидке нагрівання металу та виконати зварювання за десятки і навіть соті частки секунди. Режим контактного зварювання характеризується спільною дією основних параметрів: струму і часу його протікання; сили осадження (тиску) та часу їх дії.

Контактне зварювання є високопродуктивним процесом і легко піддається механізації і автоматизації.

Основними видами контактного зварювання є стикове, точкове та шовне.

Стикове контактне зварювання — це зварювання, при якому з'єднання частин, що зварюють, відбувається по всій поверхні стискання торців (рисунок 5.1).

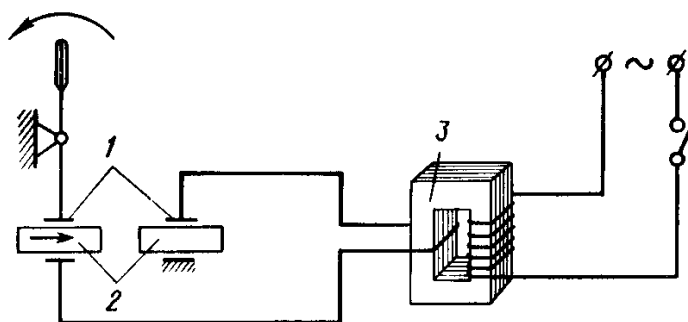


Рисунок 5.1 - Схема стикового зварювання:

1 - електроди-затискачі, 2 – деталі, що зварюють, 3 – трансформатор

Зварювання може бути виконане трьома способами: опором та обплавленням (безперервним та переривчастим).

Зварювання опором — спосіб, при якому чисто оброблені поверхні двох деталей приводять у щільне зіткнення і вмикають зварювальний струм. Після нагрівання поверхонь до пластичного стану роблять осадження (стиск) і одночасно вимикають струм. Зварювання опором вимагає високої чистоти поверхонь, що зварюють, та суворого контролю температури нагрівання. Тому цей спосіб не набув широкого застосування.

Зварювання безперервним обплавленням виконується в такій послідовності. Деталі, закріплені в затискачах машини, плавним переміщенням рухомого затискача приводять у зіткнення при ввімкненому зварювальному струмі. При цьому відбувається обплавлення торців деталей, що зварюють. Потім роблять осадження (стиск) на встановлену величину і вимикають струм. Перевагами зварювання з безперервним обплавленням є висока продуктивність; недоліком - значні втрати металу на вигар і розбризкування.

Зварювання обплавленням допускає менш ретельну обробку торців, що зварюють, ніж при зварюванні опором, тому що частина металу зони зварювання обплавлюється.

Стикове зварювання широко застосовується при з'єднанні арматурних стрижнів залізобетонних виробів. Метал заготовок майже повністю використовується, тому що з коротких відрізків можна зварювати стрижні необхідної довжини.

Точкове контактне зварювання — це зварювання, при якому з'єднання елементів відбуваються на ділянках, обмежених площею торців електродів, що підводять струм та передають зусилля стиску.

Листи металу, що зварюють, 2 (рисунок 5.2) або стрижні накладають один на один і затискають між мідними електродами 3, до яких від трансформатора 4 підводять зварювальний струм.

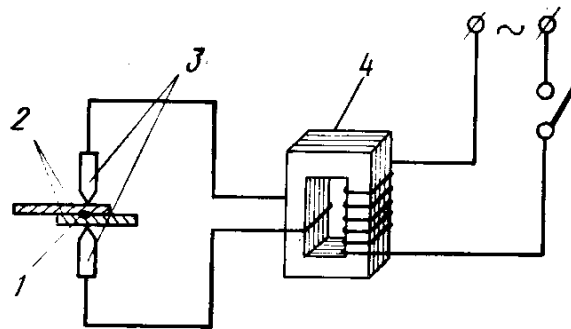


Рисунок 5.2 - Схема точкового контактного зварювання

Нагрівання металу відбувається при замиканні зварного ланцюга. Найбільша кількість теплоти виділяється на ділянці найбільшого опору ланцюга, у зоні з'єднання листів, що зварюють. Місце контакту нагрівається до утворення ядра з розплавленого металу. Наступним прикладанням зусилля осадження здійснюється процес зварювання металів, який закінчується зняттям тиску і вимкненням струму.

Шовне контактне зварювання — це зварювання, при якому з'єднання елементів виконуються внапусток у вигляді безперервного або переривчастого шва обертовими дисковими електродами до яких підведений струм та прикладене зусилля стиску.

На рисунку 5.3 представлена принципова схема шовного контактного зварювання.

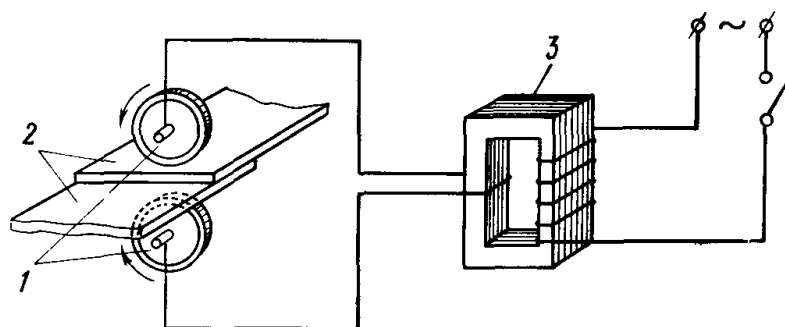


Рисунок 5.3 - Схема шовного контактного зварювання:
1 - ролики; 2 - зварювальні листи; 3 - трансформатор

Застосовують три способи шовного зварювання: безперервний; переривчастий з безперервним обертанням роликів та переривчастий з періодичним обертанням роликів.

Безперервне шовне зварювання виконують суцільним швом при постійному тиску роликів на листи, що зварюють, і при постійно ввімкненому зварювальному струмі протягом усього процесу зварювання. При цьому способі мають велике значення ретельне зачищення поверхонь, що зварюють, рівномірною товщиною листів та однорідність хімічного складу металу.

Переривчасте зварювання з безперервним обертанням роликів також виконують при постійному тиску, але зварний ланцюг періодично замикається й розмикається. При цьому способі шов формується у вигляді зварених точок, що перекривають одна одну. Шов виходить більш високої якості.

Переривчасте зварювання з періодичним обертанням роликів виконують при постійному тиску, але зварний ланцюг замикається в момент зупинки роликів (крокове зварювання). Такий спосіб дає більш якісний шов тому, що забезпечує добре формування зварювальної точки. Однак машини для такого способу відрізняються складністю конструкції й малою продуктивністю.

Широкого застосування набуло переривчасте шовне зварювання з безперервним обертанням роликів при постійному тиску протягом процесу зварювання. Цим способом зварюють шви різних резервуарів і ємностей, а також конструкцій з листового металу.

Низьковуглецева сталь та тонка нержавіюча сталь (типу Х18Н9) добре зварюється шовним зварюванням.

Різновидом шовного зварювання є шовно-стикове зварювання труб з поздовжнім зварним швом (рисунок 5.4).

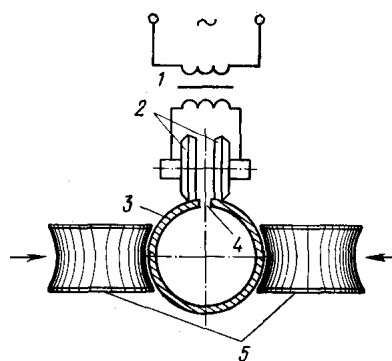


Рисунок 5.4 - Шовно-стикове зварювання труб

Зі сталеві стрічки необхідної ширини спеціальними формуючими роликками підготовляють трубну заготовку 3 з верхнім розташуванням стику 4 країв заготовки. Заготовка подається стиком під зварювальні ролики 2, до яких підводиться зварювальний струм від трансформатора 1. Тиск передається заготовці через натискні ролики 5. Після заварювання шва виконується його обробка фрезою, виправлення та порізка заготовок на труби заданих розмірів.

5.3 Вказівки до практичної роботи

Зробити точкове зварювання внапусток двох заготовок з листової низьковуглецевої сталі товщиною 1-2 мм.

Контрольні питання

- 1 На якому принципі ґрунтується контактне зварювання та які основні його види?
- 2 Які види стикового зварювання та яка між ними різниця?
- 3 Як впливає процес зварювання на якість зварного шва?

ЗАНЯТТЯ 6

ОСНОВНІ ДЕФЕКТИ ЗВАРНИХ ШВІВ

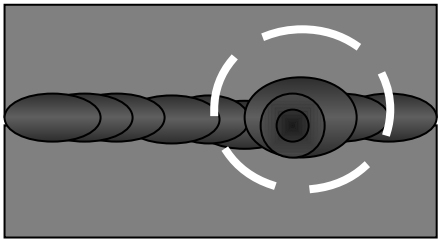
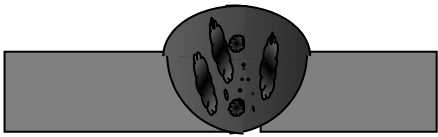
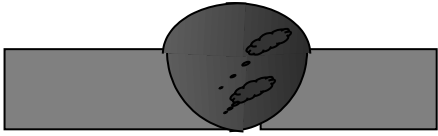
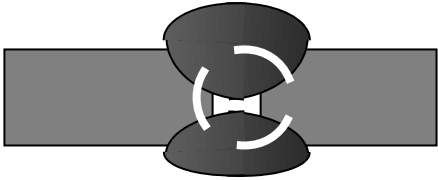
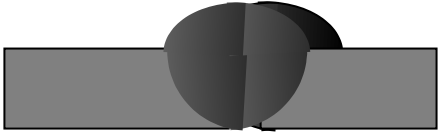
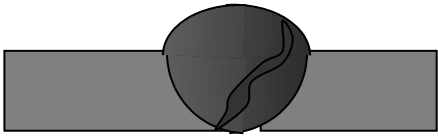
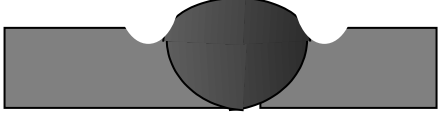
6.1 Мета роботи

Ознайомити студентів з видами дефектів зварних з'єднань та причинами їх утворення.

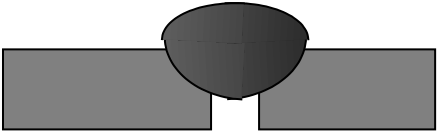
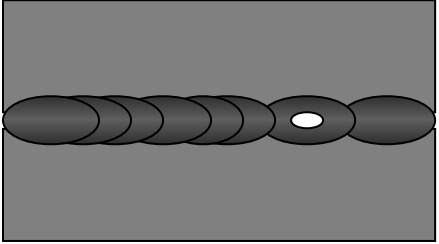
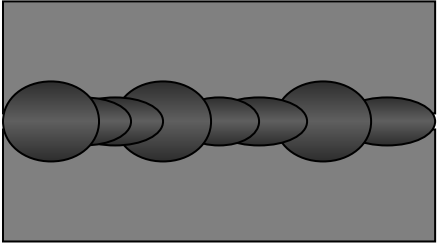
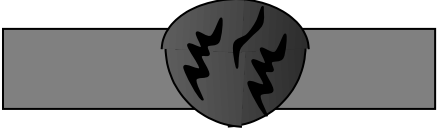
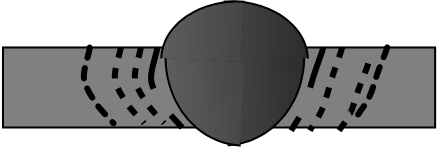
6.2 Короткі відомості з теорії

Дефекти зварних швів є наслідком неправильного вибору або порушення технологічного процесу виготовлення зварної конструкції, застосування неякісних зварювальних матеріалів та низькою кваліфікацією зварника (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1 - Дефекти зварних з'єднань та причини їх утворення

Назва дефекту	Вигляд	Причина утворення
1	2	3
Кратери		Обриви дуги, неякісне виконання останньої ділянки шва
Пори		Швидке охолодження шва, забруднення країв мастилом, іржею, непросушені електроди, висока швидкість зварювання
Шлакові включення		Бруд на краях, малий зварювальний струм, велика швидкість зварювання
Несплавлення		Погане зачищення країв, велика довжина дуги, недостатній зварювальний струм, велика швидкість зварювання
Наплив		Великий зварювальний струм, неправильний нахил електрода, дуже довга дуга
Свищі		Низька пластичність металу шва, утворення загартованих структур, напруга від нерівномірного нагріву
Підрізи		Великий зварювальний струм, довга дуга, при зварюванні кутових швів зміщення електрода в бік вертикальної стінки

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Непровар		<p>Малий кут скосу вертикальних країв, малий зазор між ними, забруднення країв, недостатній зварювальний струм, підвищена швидкість зварювання</p>
Пропал		<p>Великий струм при малій швидкості зварювання, великий зазор між краями</p>
Нерівномір- на форма шва		<p>Нестійкий режим зварювання, неточне спрямування електрода</p>
Тріщина		<p>Різде охолодження конструкції, висока напруга в жорстко закріплених конструкціях, підвищений вміст сірки або фосфору</p>
Прегрів (перепал) металу		<p>Надмірний нагрів біля шовної зони, неправильний вибір теплової потужності, підвищене значення потужності полум'я або зварювального струму</p>

Дефекти розділяються на зовнішні та внутрішні. До зовнішніх дефектів відносяться: нерівномірність поперечного перерізу по довжині швів, незаплавлені кратери, подрізи основного металу, зовнішні тріщини, відкриті пори тощо. Внутрішні дефекти: непровар кромки або не сплавлення окремих шарів при багат шаровому зварюванні, внутрішні пори і тріщини, шлакові включення тощо.

Нерівномірність поперечного перерізу по довжині швів при ручному зварюванні виникає при нерівномірному пересуванні електрода уздовж або поперек шва, що в більшості випадків обумовлюється низькою кваліфікацією зварника, невідповідною підготовкою країв заготовок, що зварюють, неправильним вибором зварювального струму, низькою якістю складання під зварювання.

Підрізами називають місцеве зменшення товщини металу в границі шва. Підріз викликає зменшення перетину основного металу і приводить до різкої концентрації напруг у тих випадках, коли він розташований перпендикулярно до напрямку силового потоку. Підрізи знижують міцність зварних конструкцій, що працюють при вібраційних навантаженнях. Звичайно підріз є наслідком завищеної сили струму в дузі або недостатньо точного ведення електрода по осі з'єднання.

Наплив - це натікання металу шва на поверхню основного металу без сплавлення з ним. Він спостерігається при зварюванні горизонтальних швів на вертикальній площині, коли при невправному керуванні процесом зварювання рідкий метал стікає вниз.

Зовнішні тріщини. У зварювальних з'єднаннях, виготовлених з низьковуглецевої та низьколегованих сталей, можуть виникати головним чином кристалізаційні (гарячі) тріщини, тобто мікроскопічні та макроскопічні несучільності, що зароджуються в інтервалі кристалізації металу (при переході з рідкого у твердий стан). Однією з основних причин виникнення кристалізаційних тріщин у металі шва є підвищений вміст у ньому шкідливих домішок (З, Р, Si, Н). Тому найбільш дієвим способом запобігання утворенню кристалізаційних тріщин є вибір основного і присадного металів, що містять незначну кількість шкідливих домішок.

У залежності від розташування відносно осі шва тріщини бувають подовжні та поперечні. Кристалізаційні тріщини розташовуються головним чином у межах шва, звичайно в середній його частині, і частіше мають подовжній напрямок. Холодні тріщини розташовуються по шву та по навколошовній зоні і можуть мати як подовжній, так і поперечний напрямок.

Тріщини, створюючи значну концентрацію напруги у зварному з'єднанні, можуть стати причиною втомного або крихкого руйнування зварної конструкції. Тріщини, які виходять на поверхню, є макроскопічними і являють собою зовнішні дефекти.

Порами називають округлі, довгасті несучільності та порожнечі, що виникають у процесі кристалізації зварного шва. Пори являють собою пухирці водню, азоту, водяної пари і окису вуглецю, які не встигли виділитися до затвердіння металу. Основними причинами утворення пор при зварюванні є водень та азот. Водень надходить в атмосферу дуги, а з неї у зварний шов з іржі, що знаходиться на поверхні країв, що зварюються, і з захисного газу або матеріалів, які входять до складу покриття або флюсу.

Розташовуються пори по осі шва ланцюжками або окремими групами, а також по його перетину, рідше в границі сплавлення. Пори, які виходять на поверхню шва, іноді називають свищами (раковинами). У цьому випадку дефект вважається зовнішнім. Розмір пор змінюється від мікроскопічних до 4-6 мм у перетині.

Кратером називається поглиблення, яке утворюється у шві при обриві дуги наприкінці зварювання. Наявність кратера призводить до ослаблення шва. У кратері спостерігається утворення усадочних крихкостей, що переходять у тріщину. Довжина кратера в залежності від режиму зварювання змінюється від 10-15 мм при ручному зварюванні та до 200 мм при автоматичному.

Пропалом називають порожнини у шві, що утворилися в результаті припикання зварювальної ванни. Пропали виникають при підвищеному струмі, збільшенні зазору між краями, що зварюються, зміні положення електрода чи виробу і нещільному приляганні флюсової подушки. Пропал є недопустимим дефектом зварного з'єднання, тому місця пропалів повинні бути зачищені та заварені знову.

Неметалеві включення утворюються при зварюванні малим зварювальним струмом, при застосуванні недоброякісних електродів, зварювального дроту, флюсу, забруднених краях та неякісному очищенні шва від шлаків при багат шаровому зварюванні. При неправильно обраному режимі зварювання шлаки і оксиди не встигають спливати на поверхню та залишаються в металі шва у вигляді неметалевих включень.

До внутрішніх дефектів відносяться непровари, внутрішні тріщини і пори, шлакові включення.

Непроваром називають відсутність повного з'єднання основного і наплавленого металу в місцях зварювання.

Непровар у корені шва може виникнути через зменшення струму, через недостатній кут оброблення країв, занадто велике притуплення, збільшення напруги дуги чи швидкості зварювання. Неточний напрямок електрода по осі з'єднання викликає зсув шва і появу непровару кореня чи шва.

Внутрішні тріщини і пори відрізняються від зовнішніх головним чином глибиною розташування від поверхні і звичайно мають менші розміри.

Шлаковими включеннями називають видимі неозброєним оком округлі або витягнуті ділянки шлаку, розташовані у шві в границі сплавлення або в його корені. Такі включення являють собою неметалічні частки, що не встигли спливати і утворилися в результаті плавлення покриття електрода чи флюсу. Шлакові включення заповнюють несущість, що виникають при непроварі або підрізі.

6.3 Вказівки до практичної роботи

Визначити, які дефекти виникли на зразках. Дати висновок про причини виникнення того або іншого дефекту.

Контрольні питання

- 1 Які причини утворення дефектів зварних з'єднань?
- 2 Які дефекти відносяться до зовнішніх дефектів?
- 3 Які дефекти відносяться до внутрішніх дефектів?

ЗАНЯТТЯ 7

ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ СТАЛЕЙ, ЧАВУНІВ ТА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ, ПОЛІМЕРІВ ТА ПЛАСТМАС

7.1 Мета роботи

Вивчити особливості та відмінності зварювання різних матеріалів.

7.2 Короткі відомості з теорії

Низьковуглецеві сталі добре зварюються всіма способами.

Середньовуглецеві сталі в більшості випадків зварюють з попереднім підігріванням, а іноді і з наступною термічною обробкою - нормалізацією або відпалом.

Високовуглецеві сталі погано зварюються, тому їх не застосовують для виготовлення зварних конструкцій.

Низьколеговані сталі зварюють різними способами. Проте подібно до сталей з підвищеним вмістом вуглецю вони мають підвищену здатність до гартування і утворення гартівних тріщин у зоні термічного впливу. Тому більшість низьколегованих сталей завтовшки понад 10 мм зварюють з попереднім підігріванням до температури 150-350 °С, а після зварювання піддають термічній обробці — нормалізації або високотемпературному відпуску.

З високолегованих сталей, що містять більше 8-10 % легуючих елементів, найбільше застосовуються корозійностійкі, жаростійкі й жароміцні хромисті та хромонікелеві сталі.

Нержавіючі хромисті сталі з вмістом хрому 12-18 % при вмісті вуглецю вище 0,1 % мають різко виражену здатність до гартування на повітрі. Тому, щоб уникнути появи у зварних швах та в навколошовних зонах структури мартенситу, їх зварюють з обов'язковим підігріванням до 200-400°С та наступним відпалом при 680-780°С.

Чавун зварюють, виправляючи брак у чавунних виливках, під час ремонтних робіт (наприклад, при заварюванні тріщин у блоках циліндрів двигунів, у станинах верстатів та пресів), а також при виготовленні зварно-литих конструкцій з високоміцних чавунів.

Основні труднощі в таких роботах пов'язані з утворенням у зварному з'єднанні зони вибілювання — структур цементиту, які виникають внаслідок швидкого охолодження розплавленого чавуну та появи у зв'язку з цим у зоні термічного впливу структур гартування (мартенситу, троститу та ін.), що утворюються через швидке охолодження чавуну, нагрітого вище критичної температури A_{c1} (727°C). Чавун з такими структурами дуже твердий та крихкий, його важко обробляти звичайним різальним інструментом, до того ж він дуже схильний до утворення тріщин.

На практиці застосовують багато способів та прийомів зварювання чавуну, які можна поділити на три групи: гаряче, напів гаряче та холодне зварювання.

Гаряче зварювання виконують із попереднім та супровідним підігріванням усього виробу до $400-650^{\circ}\text{C}$. Найчастіше зварюють ацетилено-кисневим полум'ям. Як присадний метал застосовують чавунні стержні діаметром 5-15 мм, які містять 3-3,5 % вуглецю та 3-4,6 % кремнію.

При виправленні ливарних дефектів у важких товстостінних чавунних виливках, які потребують наплавлення значних об'ємів металу, застосовують також ручне, напівавтоматичне дугове та електрошлакове зварювання. При ручному зварюванні використовують чавунні електроди з покриттям, який містить графіт, феросиліцій та інші компоненти. Напівавтоматичне зварювання виконують самозахисним порошковим дротом або з захистом за допомогою вуглекислого газу. Для електрошлакового зварювання застосовують пластинчасті електроди з сірого чавуну. Після зварювання деталь повільно охолоджують разом з піччю або засипають сухим піском чи шлаками. Гаряче зварювання чавуну забезпечує найкращу якість зварних з'єднань. Цей спосіб застосовують при зварюванні найважливіших деталей або деталей, що мають складну форму (блоки циліндрів, станини та ін.).

При напівгарячому зварюванні деталь нагрівають тільки частково до температури $250-450^{\circ}\text{C}$ (переважно в місцях зварювання). Такий метод застосовують для деталей невеликої товщини та при невеликому об'ємі наплавлення металу. Зварюють ацетилено-кисневим полум'ям і рідше - електродуговим способом вугляними електродами. Зварені деталі, як і при гарячому способі, засипають сухим піском або шлаками для повільного остигання.

Холодне зварювання чавуну здійснюють без попереднього підігрівання виробу. Для цього найчастіше використовують дугове зварювання сталевими електродами, електродами з кольорових металів (мідними, мідно-залізними, мідно-нікелевими), порошковим дротом. Зварювання сталевими електродами застосовують під час ремонту неважливих деталей, які після зварювання не потребують механічної обробки.

Зварювання міді. Теплопровідність міді майже в шість разів перевищує теплопровідність сталі, мідь інтенсивно поглинає та розчиняє різні гази, утворюючи з киснем оксиди Cu_2O та Cu . Оксид міді з міддю утворює евтектику, температура плавлення якої (1064°C) нижча за температуру плавлення міді (1083°C). При затвердінні рідкої міді евтектика розташовується по краях зерен, робить мідь крихкою та схильною до утворення тріщин. Тому основним завданням при зварюванні міді є захист її від окислення і активне розкислення зварювальної ванни.

Найбільш поширене газове зварювання міді ацетиленокисневим полум'ям з допомогою пальників, які в 1,5-2 рази потужніші за пальники для зварювання сталей. Присадним металом є мідні прутки, що містять як розкислювачі фосфор та кремній. Щоб підвищити механічні властивості та поліпшити структуру наплавленого металу, мідь після зварювання проковують при температурі близько $200-300^\circ\text{C}$. Потім її знову нагрівають до $500-550^\circ\text{C}$ та охолоджують у воді.

Мідь зварюють також електродуговим способом вугільними або металевими електродами, у струмені захисних газів, під флюсом, на конденсаторних машинах, способом тертя.

Зварювання латуні. Латуні - це сплави міді з цинком (до 50%). Основне ускладнення при цьому - випаровування цинку, в результаті чого шов втрачає свої властивості і у ньому виникають пори. Крім цього, пари цинку отруйні. Латунь, як і мідь, в основному зварюють ацетиленокисневим окислювальним полум'ям, при якому на поверхні ванни утворюється плівка тугоплавкого оксиду цинку, яка зменшує подальше вигорання та випаровування цинку. Флюси використовують такі, як і при зварюванні міді. Латунь зварюють також у захисних газах і на контактних машинах.

Зварювання бронзи. У більшості випадків бронза - це ливарний матеріал, тому зварювання застосовують при виправленні дефектів або під час ремонту. Найчастіше застосовують зварювання

металевим електродом. Присадним металом є прутки того самого складу, що і основний метал, а флюсами або електродним покриттям - хлористі й фтористі сполуки калію і натрію.

Зварювання алюмінію. Основними факторами, що ускладнюють зварювання алюмінію, є низька температура його плавлення (658°C), велика теплопровідність (приблизно в 3 рази вища від теплопровідності сталі), утворення тугоплавких оксидів алюмінію, які мають температуру плавлення 2050°C та густину, що значно перевищує густину алюмінію. Крім того, ці оксиди слабо реагують як з кислими, так і з основними флюсами, тому погано видаляються з шва.

Найчастіше використовують газове зварювання алюмінію ацетиленокисневим полум'ям. Останніми роками значно поширилось також автоматичне дугове зварювання металевими електродами під флюсом та в середовищі аргону.

Алюміній добре зварюється електронним променем у вакуумі, на контактних машинах, електрошлаковим та іншими способами.

Зварювання полімерів і пластмас. Вибір способу зварювання залежить від властивостей полімеру, виду та товщини країв, що зварюють, типу конструкції і вимог до них.

Зварювання нагрітим газом. Поверхні, що з'єднують, розігрівають струменем гарячого газу (частіше повітря) до певної в'язкості (температури зварювання) та потім притискають один до одної під деяким тиском. Температура газу повинна бути на $50\text{...}60^{\circ}\text{C}$ вище температури плавлення полімеру (пластмаси). Зварювання виконують без присадочного матеріалу або з його застосуванням у вигляді прутка.

Високочастотне зварювання засноване на нагріванні матеріалу у високочастотному магнітному полі в результаті перетворення електричної енергії в теплову. Спосіб забезпечує одночасне рівномірне нагрівання матеріалу по всій товщині з високою швидкістю (за кілька секунд). Спосіб дуже економічний і широко застосовується в промисловості. Розрізняють пресове (у пресах контактними плитами) та роликowe (шляхом переміщення матеріалу, що зварюється, між електродами, з яких один або обоє - ролики) затискання. Найбільше застосування високочастотне зварювання одержало при зварюванні полівинілхлоридних пластмас.

Ультразвукове зварювання є порівняно новим, універсальним та перспективним способом зварювання полімерів та пластмас завдяки своїм широким технологічним можливостям. Зварювання

засноване на нагріванні країв виробу, яка зварюють, за рахунок теплоти, що виділяється в результаті перетворення енергії ультразвукових коливань у теплову. Локальне виділення теплоти в зоні зварювання та нагрівання до температури, близької до температури плавлення, виключають перегрів матеріалу. Крім того, слід зазначити малий час зварювання, високу якість, стабільність процесу і можливість зварювання по забруднених поверхнях. Розрізняють ультразвукове пресове зварювання (точкове, прямошовне і контурне) та ультразвукове роликове зварювання (безперервним та переривчастим швом).

Зварювання тертям засноване на нагріванні поверхонь виробів, що зварюють, за рахунок теплоти, яка виділяється при їх терті одна об одну. Низька теплопровідність сприяє швидкому нагріванню тертьових поверхонь до зварювальної температури, у той час як температура матеріалу біля зони зварювання залишається майже незмінною. Локальне виділення теплоти забезпечує високу швидкість зварювання. Якість зварювання та продуктивність процесу в значній мірі залежать від швидкості відносного переміщення поверхонь та осьового зусилля. Зварювання тертям особливої підготовки поверхонь, що з'єднують, не вимагає, тому що при терті оксидна плівка і різні сторонні включення знімаються та витісняються із зони зварювання. Найбільшого застосування зварювання тертям надуло для з'єднання тіл обертання (стрижні, труби) або при приєднанні тіл обертання до плоских та фасонних поверхонь.

7.3 Вказівки до практичної роботи

Зварювання зварних конструкцій у різному просторовому положенні з низьковуглецевих сталей.

Контрольні питання

- 1 Які особливості зварювання вуглецевих та легованих сталей?
- 2 Назвіть способи зварювання чавуну.
- 3 Особливості зварювання кольорових металів.
- 4 Перелічіть основні способи зварювання пластмас.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Технология конструкционных материалов: Учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсуков, Л.Н. Бухаркин и др.; Под ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., испр. – М: Машиностроение, 2004 - 512 с.

2 Технология конструкционных материалов. Лабораторная работа. / Под ред. И.Г. Волчка. – К.: Высшая школа, 1990.

3 Технология конструкционных материалов. / Под ред. Ф.А. Прейса. – К.: Высшая школа, 1975. – 372 с.

4 Технология и оборудование контактной сварки / Под. ред. Б.Д. Орлова. – М.: Машиностроение.1985. – 347 с.

