

Дугове зварювання

Джерелом теплоти при дуговому зварюванні є електрична дуга, яку відкрив у 1802 р. В. В.Петров.

Вперше для зварювання електричну дугу застосував винахідник М. М. Бенардос у 1882 р. Він використав при цьому вугільний електрод, а в 1888 р. М. С. Слав'янов запропонував спосіб зварювання металевим електродом. Ці способи і зараз називаються іменами їх винахідників — спосіб Бенардоса, або зварювання неплавким (вугільним чи вольфрамовим) електродом, і спосіб Слав'янова, або зварювання металевим плавким електродом.

Зварювальна дуга — це потужний електричний розряд у дуже іонізованій суміші газів та парів матеріалів, які використовуються при зварюванні, що супроводжується виділенням значної кількості теплоти і світла.

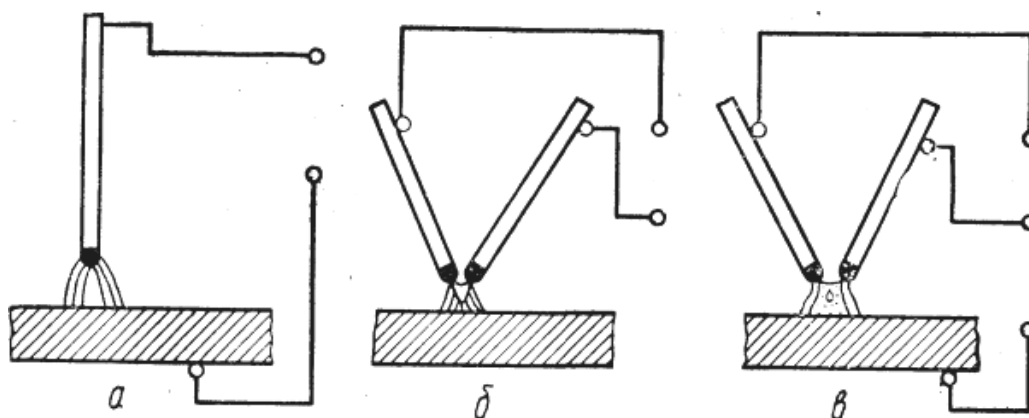


Рисунок 1 - Види зварювальних дуг: а — прямої; б — посередньої; в — комбінованої дії (трифазна)

Залежно від числа електродів і способів увімкнення електродів та зварюваної деталі в електричне коло розрізняють такі види зварювальних дуг (рис. 1):

- прямої дії, коли дуга горить між електродом і виробом;
- посередньої дії, коли дуга горить між двома

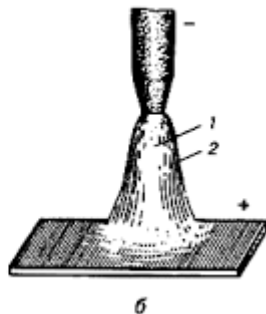
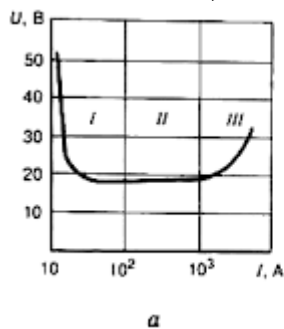
електродами, а зварювальний виріб не ввімкнений в електричне коло;

- трифазна дуга, що збуджується між двома електродами, а також між кожним електродом і основним металом.

За родом струму розрізняють дуги, що живляться змінним і постійним струмом.

Електричні властивості дуги. Для утворення та підтримання горіння дуги треба, щоб у просторі між електродами були електрично заряджені частинки - електрони, позитивні та негативні іони. Процес утворення іонів та електронів називається іонізацією, а газ, що містить електрони та іони — іонізованим. Іонізація дугового проміжку відбувається під час запалювання дуги і безперервно підтримується в процесі її горіння.

Зварювальна дуга складається з трьох частин: катодної, анодної і стовпа дуги. Майже весь простір



займає стовп дуги 1, в якому відбувається процес іонізації і переміщення заряджених частинок до катода і анода. Температура стовпа дуги становить біля

6000°C . Стовп дуги оточений ореолом 2, який є розжареною газоподібною сумішшю пари електродного і зварювального металів та продуктів реакції цих парів з навколишнім газовим середовищем. На поверхні анода та катода утворюються електродні плями, що являють собою основу стовпа дуги, через які проходить увесь зварювальний струм.

Не вся теплота дуги витрачається на плавлення присадного і основного металу: приблизно 50 % — на нагрівання виробу; близько 30 % — на нагрівання електрода і приблизно 20 % становлять втрати теплоти в навколишній простір. Велика кількість теплоти (42...43 %) виділяється на аноді і менша (30...38 %) — на катоді. Тому температура анода трохи вища за температуру катода. При зварюванні постійним струмом розрізняють пряму і обернену полярність. У разі прямої полярності електрод вмикають у негативний полюс і він є катодом, а виріб під'єднують до позитивного полюса і він є анодом. При оберненій полярності — навпаки. Обернену полярність використовують для зварювання тонких та легкоплавких матеріалів.

Для живлення зварювальної дуги застосовують джерела змінного струму (зварювальні трансформатори) та джерела постійного струму — зварювальні генератори.

Щоб забезпечити стійкість горіння дуги, джерела живлення для дугового зварювання мають задовольняти такі вимоги:

- мати напругу холостого ходу, тобто напругу на затискачах джерела струму при розімкнутому зварювальному ланцюгу, достатню для легкого збудження дуги та стійкого її горіння, але щоб не перевищувала норм безпеки праці, тобто не більш як 80 - 90 В(вольт);

- мати достатню потужність для виконання зварювальних робіт; забезпечувати струм короткого замикання, що не перевищує встановлених значень, щоб джерело струму витримувало тривалі короткі

замикання зварювального ланцюга без перегріву та пошкодження обмотки, при достатній стабільності процесу;

- мати добрі динамічні властивості, тобто забезпечувати швидке відновлення напруги дуги після коротких замикань;

- мати пристрої для плавного регулювання дуги зварювального струму.

Суть процесу. Найобсяжнішим серед інших видів зварювання є ручне дугове зварювання — зварювання плавленням штучними електродами, при якому подача електрода та переміщення дуги вздовж зварювальних кромek виконуються вручну. Схема процесу показана на рис. 3. Дуга горить між стержнем 1 електрода та основним металом 7. Під дією теплоти дуги електрод і основний метал плавляться, утворюючи металеву зварювальну ванну 4. Краплі 8 рідкого металу з електродного стержня, що розплавляється, переносяться у ванну через дуговий проміжок.

Одночасно із стержнем плавиться покриття 2 електрода, утворюючи газовий захист 3 навколо дуги та рідку шлакову ванну на поверхні розплавленого металу. Металева та шлакова ванни разом

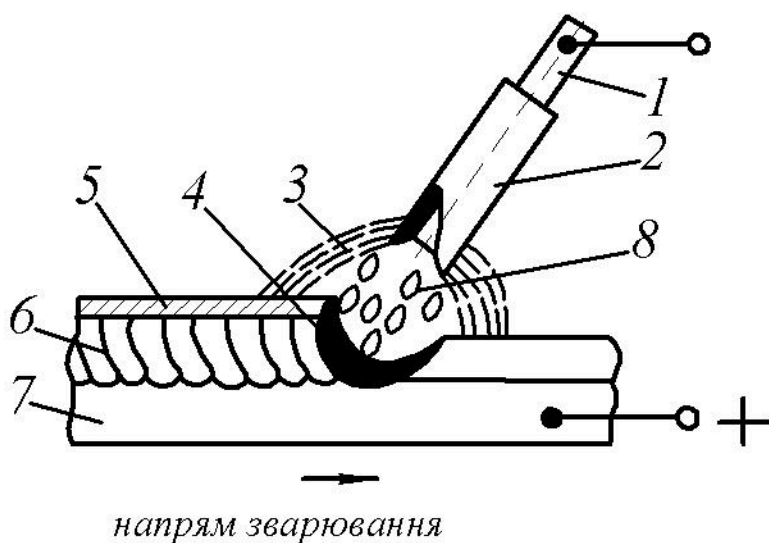


Рис 3. Ручне дугове зварювання металевим електродом з покриттям

метал зварювальної ванни твердне й утворюється

зварний шов

Рідкий шлак із остиганням утворює на поверхні шва тверду шлакову кірку

5, яка видаляється після остигання шва. Щоб забезпечити заданий склад і властивості шва, зварювання виконують покритими електродами, до яких висуваються спеціальні вимоги.

Плавкі електроди для ручного дугового зварювання — це стержні завдовжки до 450 мм із зварювального дроту, на які нанесено шар покриття. Для дугового зварювання та наплавлення застосовується спеціальний зварювальний та наплавний дріт.

ГОСТ 2246—70 передбачає 77 марок сталюого зварювального дроту різного хімічного складу; 6 марок з низьковуглецевої сталі (Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2); 30 марок з легованої сталі (Св08ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС та ін.); 41 марку з високолегованої сталі (Св- 12Х11НМФ, Св-10Х17Т, Св-06Х19Н9Т).

До складу покриття, нанесеного на металеві стержні зі зварювального дроту, входять такі компоненти:

- газотвірні — неорганічні речовини (мармур CaCO_3 , магнезит MgCO_3 та ін.) та органічні речовини (крохмаль, харчове борошно і т. ін.);

- шлакоутворюючі, що складають основу покриття — звичайно це руди (марганцева, титанова), мінерали (рутиловий концентрати, польовий шпат, кремнезем, граніт, крейда, плавикий шпат та ін.);

- легуючі елементи та елементи-розкислювачі — Si, Mn, Ti та ін., що використовуються у вигляді сплавів цих елементів із залізом, так званих феросплавів; Al вводитьься в покриття у вигляді порошку — пудри;

- зв'язувальні компоненти — водні розчини силікатів натрію та калію, які називають натрієвим і калієвим рідким склом, а також натрієво-калієвим рідким склом;
- формові домішки — речовини, що надають покриттю кращі пластичні властивості (бетоніт, каолін, декстрин, слюда та ін.).

Для підвищення продуктивності зварювання в покриття додають залізний порошок до 60 % маси покриття.

Види зварних з'єднань. Зварні з'єднання можуть бути стиковими, кутовими, тавровими та внапусток (рис. 5).

Стиковим називається зварне з'єднання двох елементів, розміщених в одній площині або на одній поверхні.

Кутовим називається з'єднання двох елементів, розміщених під прямим кутом і зварених у місці примикання їхніх країв.

З'єднанням внапусток називається зварне з'єднання, в якому зварювані елементи розміщені паралельно і перекривають один одного.

Тавровим називається зварне з'єднання, в якому до бічної поверхні одного елемента примикає під кутом приварений торцем інший елемент.

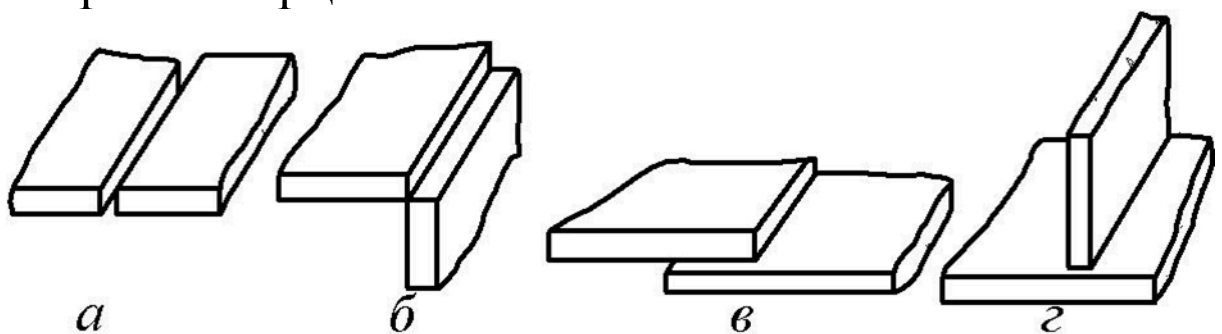


Рисунок 5 - Зварні з'єднання:

а — стикове; б — кутове; в — внапусток; г — таврове

Зварний шов — ділянка зварного з'єднання, що утворилася в результаті кристалізації металу зварювальної ванни. Частина зварного шва, що перебуває при зварюванні в рідкому стані, називається зварювальною ванною. Зварні шви можуть бути стиковими та кутовими (рис. 6). Стиковий шов — зварний шов стикового з'єднання. Кутовий шов — зварний шов кутового, таврового з'єднань та з'єднання внапусток.

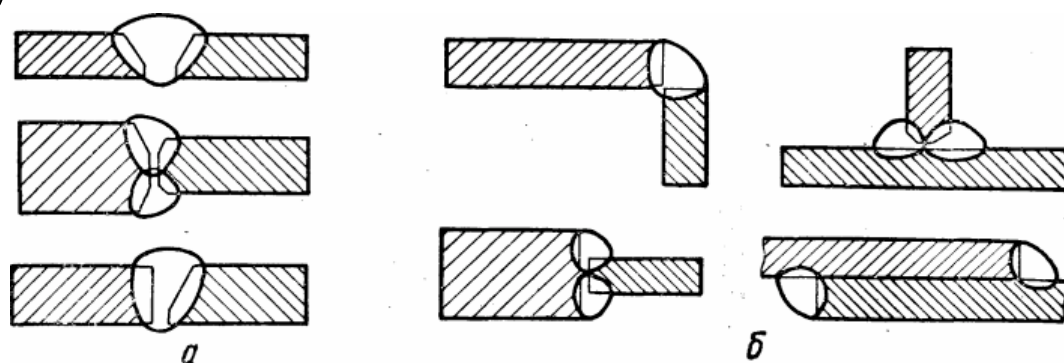


Рисунок 6 Зварні шви:
а — стикові; б — кутові

Зварні шви можуть бути безперервними, переривчастими, одно- та багат шаровими, одно- та двосторонніми. Зварні шви, застосовувані для фіксації взаємного розміщення, розмірів і форми елементів, що складаються під зварювання, називаються прихватками.

На рис. 7 показано основні положення швів у просторі.

Залежно від конструктивних особливостей виробу та виду зварювання до підготовки та складання деталей висувають різні вимоги.

Державні стандарти регламентують основні типи та конструктивні елементи швів зварних з'єднань: ГОСТ 5264-80 - для ручного дугового зварювання; ГОСТ

8713-79 - для автоматичного та механізованого зварювання під флюсом; ГОСТ 14771-76 - для дугового зварювання в захисних газах; ГОСТ 15164—78—для електрошлакового зварювання; ГОСТ 15878—79—для контактного зварювання та ін. ГОСТ 2.312—72 встановлює графічне зображення та позначення зварних швів.

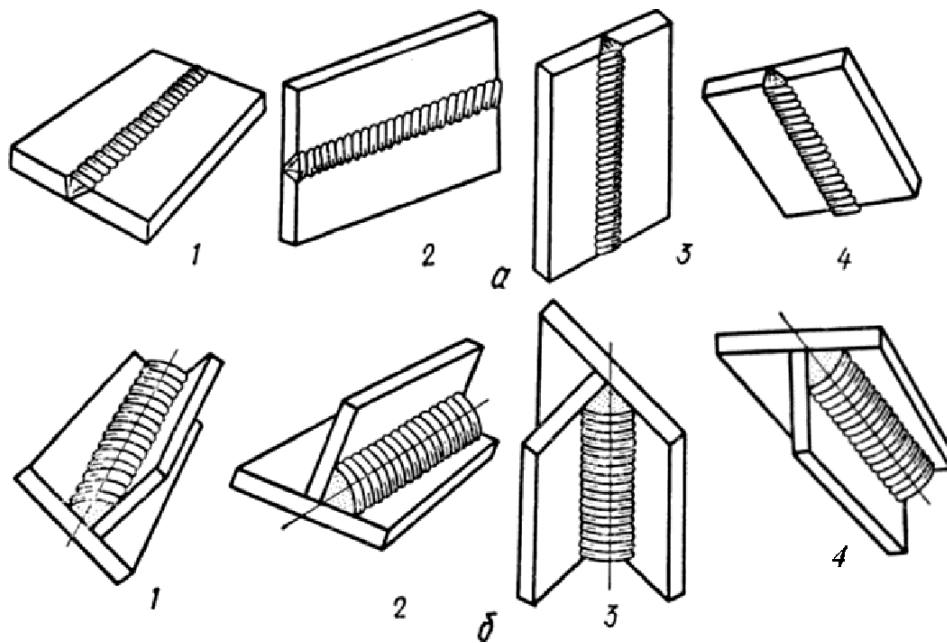


Рисунок 7 - Просторове положення зварних швів:

а - стикові; б - кутові; 1 - нижнє; 2 - горизонтальне; 3 - верти- кальне; 4 — стельове

Вибір режиму ручного дугового зварювання. Під режимом зварювання розуміють сукупність контрольованих параметрів, що визначають умови зварювання. Параметри режиму зварювання поділяють на основні та додаткові. До основних параметрів режиму ручного зварювання належать діаметр електрода, величина, рід і полярність струму, напруга на дузі, швидкість зварювання. До додаткових належать склад і товщина покриття електродів, положення електрода та положення виробу при зварюванні.

Діаметр електрода вибирають залежно від товщини металу, катета шва, положення шва в просторі.

Приблизне співвідношення між товщиною металу S і діаметром електрода d_e при зварюванні в нижньому положенні шва становить:

S , мм	1...2	3...5	4...10	12...24	30...60
d_e , мм	2...3	3...4	4...5	5...6	6...8

Сила струму в основному залежить від діаметра електрода, але також від довжини його робочої частини, складу покриття, положення зварного шва. Чим більший струм, тим більша продуктивність, тобто більша кількість наплавленого металу

Сила зварювального струму можна визначити за такими формулами: $I = kd$,

де I – зварювальний струм, А; d – діаметр електрода, мм; k – коефіцієнт ($k=30$ при діаметрі електрода до 3,0 мм; $k=35-40$ для високолегованих сталей, $k=40-60$ для маловуглецевих сталей; за Хреновим К.К. $k=20+6d_{\text{ел}}$)

Зварювання швів у вертикальному та стельовому положеннях виконують, як правило, електродами діаметром не більшим як 4 мм. При цьому сила струму має бути на 10...20 % нижчою, ніж для зварювання в нижньому положенні. Напруга дуги змінюється в порівняно вузьких межах

— 16...30 В.

Дуга може збуджуватися двома прийомами: дотиком впритул і відведенням перпендикулярно вгору або «чирканням» електродом як сірником. Другий спосіб зручніший, але непридатний у вузьких і незручних місцях.

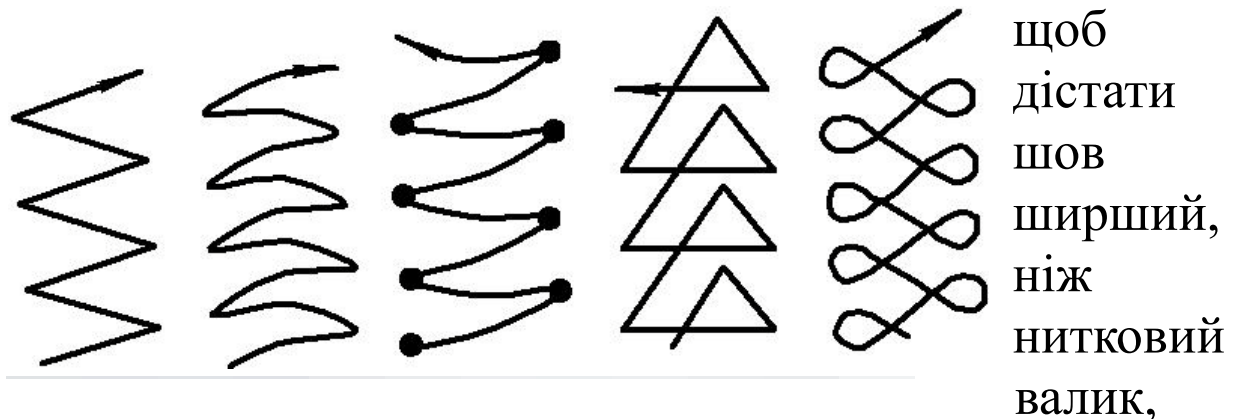
У процесі зварювання електроду надається рух у

трьох напрямках.

Перший рух — поступальний, за напрямом осі електрода. Цим рухом підтримується стала (у певних межах) довжина дуги залежно від швидкості плавлення електрода.

Другий рух — переміщення електрода вздовж осі валика для утворення шва.

Третій рух — переміщення електрода впоперек шва,



так званий розширений валик. Поперечні коливальні рухи кінця електрода (рис. 4) визначаються формою розчищення, розмірами та положенням шва, властивостями зварюваного матеріалу, навичками зварника

Контроль якості зварного шва — необхідна процедура для визначення якості металевої конструкції. Якщо шов недостатньо щільний, з порушеною герметичністю і іншими деформаціями — все це неминуче позначиться на терміні експлуатації металевої конструкції. Особливо швидко це відбудеться у випадку, якщо конструкція буде перебувати під постійним тиском.

Переваги і недоліки ручного дугового зварювання. Ручне дугове зварювання забезпечує механічні властивості зварних швів, не нижчі за властивості основного металу, тому його широко застосовують при виготовленні конструкцій і виробів відповідального

призначення у різних галузях промисловості і в будівництві. До переваг ручного дугового зварювання належить також можливість виконання зварних швів у різних просторових положеннях і у важкодоступних місцях.

Недоліком цього способу зварювання є низька продуктивність процесу, яка визначається силою зварювального струму. При ручному дуговому зварюванні сила струму обмежується порівняно невеликим значенням через перегрівання електродних стрижнів і руйнування покриття при великому струмі.

Зварювання під флюсом — це дугове зварювання, при якому дуга горить під шаром зварювального флюсу, який забезпечує захист зварювальної ванни від повітря. Поряд із захистом флюс стабілізує дугу, забезпечує розкислення, легування та рафінування розплавленого металу зварювальної ванни.

За ступенем механізації процесу розрізняють автоматичне та механізоване зварювання під флюсом. Найчастіше використовується автоматичний процес. Механізоване зварювання під флюсом застосовують значно рідше.

Суттю і характерною особливістю дугового **зварювання в захисних газах** є захист розплавленого і нагрітого до високої температури основного та електродного металу від шкідливого впливу повітря захисними газами, які забезпечують фізичну ізоляцію металу та зони зварювання від повітря і задану атмосферу в зоні зварювання.

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

Інертними називаються гази, які хімічно не взаємодіють з металом і не розчиняються в ньому. Як інертні гази використовують аргон (Ar), гелій (He) та їх суміші. Інертні гази застосовують для зварювання хімічно активних металів (титан, алюміній, магній та ін.), а також у всіх випадках, коли потрібно дістати зварні шви, однорідні за складом з основним та присаджувальним металом (високолеговані сталі та ін.). Інертні гази забезпечують захист дуги та зварюваного металу, не спричиняючи на нього металургійної дії

Недоліками зварювання під флюсом є можливість зварювання лише в нижньому положенні (нахил до 15°), трудність застосування в монтажних умовах, на коротких, криволінійних швах, у різному просторовому положенні

Електрошлакове зварювання — зварювання плавленням, при якому для нагрівання металу використовується теплота, що виділяється при проходженні електричного струму через розплавлений електропровідний шлак. При електрошлаковому зварюванні майже вся електрична потужність передається шлаковій ванні, а від неї — електроду та основному металу. При цьому розплавлений флюс служить захистом від шкідливої дії навколишнього середовища та засобом металургійної дії на розплавлений метал. Кількість теплоти — Q , що виділяється при електрошлаковому процесі, пропорційна струму I , напрузі U , опору шлаку R та часу t проходження струму, $Q = I * U * t$. Ця теплота витрачається на плавлення металу, нагрівання шлаку та

тепловідведення. Температура розплавленого шлаку становить близько 2000 °С, що забезпечує плавлення основного й електродного металу.

Аргонодугове зварювання — дугове зварювання, при якому як захисний газ використовують аргон. Застосовують аргонодугове зварювання неплавким вольфрамовим і плавким електродами. Аргонодугове зварювання вольфрамовим електродом може бути ручне та автоматичне. Зварювання можливе без подачі та з подачею присаджувального дроту. Цей процес призначений головним чином для металів завтовшки менш ніж 3...4 мм. Більшість металів зварюють на постійному струмі прямої полярності. Зварювання алюмінію, магнію та берилію ведуть на змінному струмі.

Основними методами контролю якості зварних з'єднань є випробування зварних швів на щільність; механічне випробування металу шва і зварних з'єднань; металографічне дослідження й просвічування швів рентгенівськими та гамма-променями; ультразвуковий і магнітний метод контролю. Шви на щільність перевіряють, якщо зварювальний виріб є резервуаром, який призначений для зберігання або транспортування рідини чи газів.

Механічними випробуваннями визначають механічні властивості металу шва зварних з'єднань.

Металографічні дослідження полягають у проведенні макро і мікроаналізу зварних швів. Мікроаналізом виявляють наявність у металі шва пор, тріщин, шлакових вкраплень, не проварів та інших дефектів.

Рентгенівським просвічуванням виявляють у зварних швах без їх руйнування пори, тріщини, непровари і шлакові вкраплення.