**Тема № 4**

**Зварювальне виробництво. Спаювання металів**

1. **Суть процесу зварювання та класифікація**

**Зварюванням**називають процес виготов­лення нерознімних з'єднань твердих матеріалів, що здійснюється за раху­нок використання міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення. Процесу зближення сприяє нагрівання зварюваних поверхонь до розплавленого або пластичного стану і прикладання механічного зусилля стискання. Зварювання широко використовують при виготовленні нерознімних з'єд­нань, металевих виробів і конструкцій, для з'єднання деяких неметалевих матеріалів (пластмас, скла, деяких гірських порід, смол), а також металів з неметалевими матеріалами - керамікою, графітом, склом та ін.

Відповідно до ГОСТ 19521-74 способи зварювання класифікують за формою введеної енергії, яка ви­значає клас зварювання. Всі процеси зварювання здійснюються з викорис­танням двох форм енергії - термічної і механічної. Виходячи з цього, зва­рювання поділяють на три класи: термічне, термомеханічне і механічне.

**Термічне зварювання**грунтується на частковому плавленні елементів з'єднання. До термічного класу належать такі види зварювання: дугове, електро­шлакове, плазмово-променеве, індукційне, електронно-ироменеве, газо­ве, термітне та деякі інші.

При **термомеханічному зварюванні**зварне з'єднання утворюється на­гріванням зварюваних деталей до пластичного стану або до початку плав­лення і додатковим прикладанням механічних зусиль стисканням. До цього класу належать дугопресове, газопресове, контактне, дифузійне, індук­ційно-пресове зварювання.

**Механічне зварювання**грунтується на використанні різних видів меха­нічної енергії. До цього класу належать холодне зварювання, зварювання тис­ком, тертям, вибухом, ультразвукове.

За ступенем механізації зварювання поділяють на ручне, напівавтоматичне і автоматичне.

1. **Види термічного зварювання**

Електричне дугове зва­рювання вперше було застосовано в Росії. Залежно від способу вмикання до зварювального кола основного і присадного металу та характеру дії на них зварювальної дуги розрізняють такі способи дугового зварювання:

* неплавким вугільним електродом, або спосіб Бенардоса - дуга постійного струму при пря­мім полярності (мінус на електроді, плюс - на виробі) горить між вугіль­ним або графітовим електродом *3* і зварюваним виробом *1*. Присадний метал *2* у зварювальне коло не ввімкнений, тому дуга діє прямо тільки на основний метал, а на присадний – побічно (рис.1, а);
* плавким металевим електродом, або спосіб Слав'янова - дуга постійного (при прямій чи зворотній полярності) або змінного струму горить між плавким метале­вим електродом *2* і зварюваним виробом *1,* які ввімкнені в зварювальне коло і на які вона прямо діє (рис.1, б);
* плавкими металевими електродами з використанням трифазної дуги - до різних фаз трифаз­ного струму в зварювальне коло ввімкнені два ізольованих один від од­ного електроди *2* і зварюваний виріб *1*.



*а б в*

Рис.1. Схеми основних способів дугового зварювання

*Зварювання під флюсом*

Суть способу зварювання під флюсом. При автоматичному дуговому зварюванні захист розплавленого металу від атмосферного повітря в зоні зварювання здійснюється за допомогою порошкоподібної речовини (флю­су) або захисних газів.

При зварюванні під флюсом до зварюваного виробу по­дається голий дріт і окремо флюс*.* Зварювальна дугагорить під ша­ром флюсу між кінцем зварювального дроту і виробом у газовому пу­зирі*,* що утворюється навколо стовпа дуги з парів присадного та основ­ного металів і продуктів дисоціації складових флюсу. Розтоплена части­на флюсуоточує газовий пузир і вкриває зварювальну ваннутон­ким шаром шлаку, цим самим перешкоджаючи стиканню розплавленого присадного і основного металів з киснем і азотом повітря. Після ости­гання металу і шлаку шлак у вигляді шлакової кірки легко відділяється від наплавленого металу*.* Невикористана частина флюсу відсмоктуєть­ся з виробу назад у бункер за допомогою флюсовідсмоктувальних при­строїв.

Флюси для автоматичного зварювання мають забезпечувати стійке горіння дуги, потрібний хімічний склад і механічні властивості наплавленого металу, добре формування зварювального шва і легке відокремлення шлакової кірки з наплавлено­го металу. За способом виготовлення флюси поділяють наплавлені і неплавлені, або керамічні.

*Зварювання в захисних газах*

Суть способу зварювання в захисних газах полягає в тому, що для захисту розплавленого металу від шкідливої дії кисню і азоту повітря у зону дуги, яка горить між зварюваним виробом і плавким або неплавким електродом, крізь сопло пальника безперервно подається струмінь захис­ного газу, що відтискає повітря від місця зварювання. В деяких випадках зварювання відбувається в герметичних камерах, заповнених захисним (інертним) газом.

Як захисні гази використовують одноатомні, або інертні, гази (аргон і гелій), які не взаємодіють з розплавленим металом, і активні гази (вугле­кислий газ, водень, азот, пари води, а також їхні суміші - аргон з киснем, аргон з азотом або вуглекислим газом, вуглекислий газ із киснем тощо), які частково взаємодіють з розплавленим металом.

Інертні гази використовують для зварювання хімічно активних мета­лів, а також тоді, коли потрібно дістати зварні шви, однорідні зі складом основного і присадного металів.

*Електрошлакове зварювання*

Суть електрошлакового зварювання полягає в тому, що основний і присад­ний метали розплавлюються теплотою, що виділяється під час проходжен­ня електричного струму через розплавлений шлак.

Електрошлакове зварювання широко застосовують у важкому машинобудуванні при виготовленні зварно-литих і зварно-кованих конструкцій, у виробництві товстостінних котлів високого тиску, станин потужних пресів і верстатів, валів гідротурбін та ін.

*Плазмове зварювання*

*Електронпою плазмою* називають дуже іонізований газ стовпа дуги, який складається з нейтральних атомів і молекул, іонів і електронів. Щоб одержати плазмову дугу, яка горить між катодом і анодом, через вузький канал водоохолоджувального мідного сопласпеціального плазмового паль­ники пропускають потік газу. При збільшенні струму стовп дуги в обмеженому стінками каналу соплі пальника розширятися не може, тому за рахунок його стиснення, а також за рахунок стиснення газовим потоком температура стовпа дуги і ступінь іонізації газу різко підвищується. Практично майже весь газ, який проходить крізь стовп стисненої дуги, іонізується і перетворюється в плазму.

Розрізняють плазмову дугу прямої і побічної дії. Дуга прямої діїгорить між вольфрамовим електродом (катодом) і виробом (анодом). Температура такої дуги становить 20 000... 30 000 °С. Плазмовою дугою зварюють вуглецеві і корозієстійкі сталі, тугоплавкі й кольорові метали, а також деякі неметалеві матеріали.

*Електронно-промеве зварювання*

При зварюванні електронним променем метал нагрівають сфокусова­ним пучком електронів, які прискорюються електричним полем високої напруги. При падінні цього пучка на виріб близько 99 % кінетичної енергії електронів перетворюється на теплову.

Температура металу в місці нагрівання фокусною плямою перевищує 6000 °С. Зварювання виконують у герметичних камерах, в яких підтримують високий вакуум або здійснюють у середовищі проточного інертного газу.

*Газове зварювання*

Щоб виготовити зварне з'єднання газовим зварюванням, кромки ос­новного металу і присадний метал нагрівають до розплавленого стану полум'ям горючих газів, які спалюють за допомогою спеціальних зварю­вальних пальників у суміші з киснем.

Як горючий газ найчастіше застосовують ацетилен, який при згорянні в кисні дає температуру полум'я, достатню для зварювання сталей і більшості інших металів та їхніх сплавів. Для зварювання металів (свинцю, алюмінію тощо), температура плавлення яких нижча за температуру плавлення ста­лі, можуть бути використані й інші горючі гази, наприклад водень, природ­ний газ тощо, які дають більш низьку температуру полум'я.

Найчастіше газове зварювання застосовують при виготовленні листо­вих і трубчастих конструкцій з маловуглецевих і низьколегованих сталей завтовшки до 3...5 мм, при виправленні дефектів на виливках із чавуну і бронзи, а також для зварювання кольорових металів та їхніх сплавів.

1. **Види термомеханічного та механічного зварювання**

*Контактне зварювання* (зварювання опо­ром) грунтується на розігріванні зварюваних виробів джоулівською теп­лотою і механічному стисканні розігрітих виробів.

Сила зварювального струму при контактному зварюванні може досяга­ти десятків і навіть сотень тисяч ампер. Такі струми дістають у знижуваль­них однофазних зварювальних трансформаторах, що мають у вторинній обмотці здебільшого всього один виток.

Найбільший опір має місце контакту зварюваних виробів, де виділяється найбільша кількість теплоти. Час зварювання залежно від товщини і роду зварюваного мате­ріалу змінюється від сотих і навіть тисячних часток секунди до кількох хвилин. Коли деталі нагріваються до пластичного стану або до оплавлення, до них прикладається зусилля осадки і деталі зварюються.

*Холодне зварювання*

Холодне зварювання тиском здійснюють без нагріву, тільки за раху­нок зусиль стискання. Цим методом зварюють такі високопластичні ме­тали, як свинець, алюміній, мідь, кадмій, срібло, нікель. Для виготовлен­ня міцного з'єднання перед зварюванням слід старанно очистити вироби під оксидів і забруднень, а також застосувати великі зусилля стискання, внаслідок чого проявляться міжатомні сили зчеплення. Для холодного зварювання потрібна дуже інтенсивна пластична деформація, яка б зму­шувала метал текти вздовж поверхні поділу і сприяла б видаленню поверх­невого шару адсорбованих газів. Оголені (ювенільні) поверхні між дією високого тиску з'єднуються в одне ціле.

Тепер холодне зварювання тиском застосовують переважно при з'єд­нанні у стик або внапусток деяких алюмінієвих і мідних проводів, шин, а також деталей з нікелю і свинцю завтовшки 0,2... 15 мм. Питомий тиск при зварюванні цих металів становить 150... 1000 МПа.

*Зварювання тертям*

Для зварювання тертям використовують перетворення механічної енергії в теплову, а здійснюють це відносним обертанням і взаємним тер­тям з'єднуваних торцевих поверхонь. Зварювані вироби нагріваються до пластичного стану, після чого їх стискують осьовим зусиллям. Цим спо­собом з'єднують у стик здебільшого вироби круглого перерізу, напри­клад труби, стрижні, деякі різальні інструменти, які виготовляють з одно­рідних і різнорідних чорних і кольорових металів або їхніх сплавів і різ­них пластмас.

Для зварювання тертям використовують переобладнані токарні, сверд­лильні та інші металорізальні верстати, а також спеціалізовані зварювальні машини.

За продуктивністю зварювання тертям не поступається перед контакт­ним зварюванням оплавленням, а в економічному відношенні воно на­віть вигідніше, ніж контактне, оскільки в цьому разі споживана потуж­ність приблизно в 10 разів менша. Спосіб зварювання тертям простий, легко піддається автоматизації і програмному керуванню.

*Зварювання вибухом*

Для зварювання вибухом лист*,* який треба приварити по всій площі до листа*,* встановлюють на відстані 2...3 мм і під кутом α до нього. На поверхню листаукладають вибухову речовину (порох, гек­соген тощо), яка займається від запальни­ка*.* Під час спалахування вибухівки потуж­на вибухова хвиля поширюється по всій по­верхні листа і створює на нього величезний тиск. При зіткненні зварювальних по­верхонь у поверхневих шарах виникають пластична деформація і розплавлення мікроділянок, внаслідок чого і відбувається зварювання. Зварювання вибухом дає мож­ливість з'єднати як однорідні (срібло, алю­міній, титан, мідь, сталь тощо), так і різнорідні (титан і сталь, титан і мідь, алюміній і титан та ін.) метали.

*Зварювання ультразвуком*

Для зварювання ультразвуком використовують ультразвукові механічні коливання і невеликі стискальні зусилля. Ці коливання створюють за до­помогою магнітострикційного ефекту, який полягає в здатності деяких металів і їхніх сплавів перетворювати електромагнітні коливання ультра­звукової частоти (15... 100 кГц) у механічні коливання тієї самої частоти. Процес супрово­джується підвищенням температури в місці з'єднання. Залежно від того, який метал зварюється і який використовується режим, температура на­грівання становить 200... 1200 °С.

На ультразвукових зварювальних установках виконують внапусток точкові і шовні з'єднання з різних однорідних і різнорідних металів та їхніх сплавів завтовшки 0,01... 1 мм. Ультразвуком успішно зварюють не тільки метали, а й різні неметалеві матеріали, наприклад, хлорвініл, поліетилен, капрон, нейлон, органічне скло тощо.

*Дифузійне зварювання*

Дифузійне зварювання грунтується на взаємній дифузії контактуючої пари металів, що перебувають у вакуумі 133 • 10~3...133 • 10~5 Па або в атмосфері інертних захисних газів, нагрітих до 400... 1300 °С і стиснених до 10...20МПа. Нагріваються вироби індукційними струмами високої час­тоти, електронним променем, контактним та іншими способами.

Дифузійним зварюванням можна з'єднувати як однорідні, так і різно­рідні метали та їхні сплави, а також металокерамічні вироби з металами.

Основною перевагою цього способу зварювання є виготовлення міц­ного з'єднання без помітних змін фізико-механічних властивостей звар­них з'єднань у зоні зварювання. До недоліків дифузійного зварювання належать трудомісткість і тривалість процесу.

*Спаювання металів* - це процес з'єднання метале­вих виробів, який грунтується на властивості розплавленого присадного металу (припою), що мас меншу, ніж основний метал, температуру плав­лення, проникати в поверхневі шари основного металу, нагрітого до тем­ператури плавлення припою. Після остигання оплавленого припою ство­рюється міцне нерознімне з'єднання. Залежно від температури плавлення припою розрізняють паяння м'якими і твердими припоями.

*Основні види контролю якості зварних з'єднань такі:*

1. **Випробовують шви на щільність** тоді, коли зварювані вироби є посу­динами, призначеними для зберігання або транспортування рідин чи га­зів.
2. **Механічні випробування** призначені для визначення механічних влас­тивостей зварних з'єднань.
3. **Металографічні дослідження** полягають у проведенні макро- і мікро­аналізу зварних швів.
4. **Рентгенівським просвічуванням** виявляють у зварних швах без їхнього руйнування пори, тріщини, непровари і шлакові включення. Рентгенів­ський контроль зварних швів ґрунтується на здатності рентгенівського проміння, випромінюваного рентгенівською трубкою, інтенсивніше проникати крізь дефектні місця і більше засвічувати рентгенівську плівку, прикладену зі зворотного боку шва.
5. **Просвічування гамма-випромінюванням -** для виявлення внутрішніх дефектів у зварних швах магістральних газо- і нафтопродуктів.
6. **Ультразвуковий метод контролю** застосовують для виявлення дефек­тів у металі завтовшки 5...3600 мм. Суть методу полягає в здатності ультразвукових коливань, що збуджуються в кварцових пластинах змінною напругою високої частоти (понад 20 кГц), проникати в метал на велику глибину і відбиватися від тріщин, непроварів, шлакових включень та ін­ших дефектів, що лежать на їхньому шляху.

**Магнітні методи контролю** ґрунтуються на принципі магнітного розсіяння (замикання магнітних потоків через повітря), що виникає в місцях дефектів під час намагнічування випробуваного зразка.