

21.01.21

Модуль ЕГЗ-3.1 Виконання робіт з зварювання простих та середньої складності деталей, вузлів і конструкцій

Тема уроку: Технологічного процесу ручного дугового зварювання Мета уроку:

Вивчити технологічний процес ручного дугового зварювання

Конспект

В основі будь-якого промислового виробництва лежить технологічний процес, який є частиною виробничого процесу. Виробничий процес – це сукупність технологічних процесів (дій), в результаті яких вихідні матеріали і напівфабрикати перетворюються в готові вироби.

Технологічний процес являє собою сукупність різних операцій, у результаті виконання яких змінюються розміри, форма, властивості предметів праці, виконується з'єднання деталей у складальні одиниці і вироби, здійснюється контроль вимог креслення і технічних умов.

Для забезпечення зварюваності двох частин матеріалу необхідно зблизити їх настільки, щоб створити можливість для утворення міжатомних зв'язків. Це можливо в тому випадку, коли атоми двох частин матеріалу зближуються на відстань, меншу ніж $4 \cdot 10^{-10}$ м. Такі умови можна створити трьома шляхами:

- стисненням деталей без термічної обробки;
- нагріванням матеріалу до розтоплення;
- нагріванням до пластичного стану та одночасним стисненням деталей.

Стисненням без нагрівання, можна зварювати в окремих випадках лише пластичні метали: алюміній, мідь, свинець та ін. Це так зване «холодне» зварювання. Другий спосіб застосовується для металів і сплавів, які здатні переходити в пластичний стан при нагріванні до температур, нижчих від температури плавлення (сталь, алюміній та ін.), що дозволяє здійснювати зварювання в пластичному стані шляхом стиснення двох попередньо нагрітих частин металу. При стисненні оксидна плівка на поверхнях дотик} руйнується і стає можливим взаємопроникнення (дифузія) кристалічних зерен однієї частини в зерна іншої, що забезпечує їх зварювання. З підвищенням температури нагріву величина зусилля, потрібного для стиснення, зменшується.

Третій спосіб - зварювання плавленням, при якому стиснення деталей не потрібне. Цим способом можна зварювати всі метали і сплави, в тому числі і такі, які при нагріванні не переходять у пластичний стан, а відразу переходять в рідкий стан (чавун, бронза, литі сплави алюмінію та магнію та ін.).

Електродугове зварювання - зварювання плавленням, під час якого нагрівання відбувається електричною дугою, найбільше широко застосовувана група процесів зварювальної технології. Для зварювання необхідне потужне струмове джерело живлення низької напруги, до одного затискача якого приєднується зварна деталь, а до іншого - зварювальний електрод.

Головна роль дугового розряду - перетворення електричної енергії в теплоту. При температурі близько 5500°C газ у розряді є сумішшю іонізованих часток. Характер дугового розряду залежить від присадного металу, основного металу, захисного середовища, параметрів електричного кола та інших факторів.

При виготовленні сталевих конструкцій найбільшого застосування знайшли види електродугового зварювання плавким електродом - ручне, механізоване і автоматичне, а також контактні види зварки - точкове, шовне і стикове.

Раціональна область застосування ручного дугового зварювання - невеликі по довжині шви, розташовані в важкодоступних місцях і в різних просторових положеннях. Основні переваги ручного дугового зварювання - універсальність і простота устаткування. Недолік - невисока продуктивність і використання ручної праці.

Ручне дугове зварювання є найпоширенішим видом електрозварювання, застосовується для зварювання м'якої та легованої сталей, чавуну, нержавіючих сталей, у деяких випадках кольорових металів. Ручне дугове зварювання проводиться зварювальними електродами, які вручну подаються в дугу і переміщуються уздовж заготовки. В результаті зварки покритим металевим електродом - дуга горить між основним металом і стрижнем електроду.

Електрод має вигляд стрижня діаметром 1,5-10 мм, закріплений в ручному електродотримачі.

При дотику електрода до металевої зварної деталі, замикається електричне коло, й кінець електрода нагрівається. Якщо потім електрод відвести на 3 - 5 мм від деталі, то встановлюється дуговий розряд, за рахунок якого далі і підтримується струм. Інтенсивне локальне нагрівання викликає розплавлювання основного металу (металу деталі) поблизу дуги розряду. Кінець електрода теж плавиться, і метал електрода впливається в розплавлену «зварювальну ванну» основного металу.

Зварювальник, стежачи за тим, щоб дуговий розряд не змінювався, веде електродом уздовж стикованих країв зварюваних деталей. При проходженні електрода утворюється розплавлена зварювальна ванна з основного металу і металу електрода, який потім одразу ж кристалізується. В результаті однократного проходження дуги по контуру зварювання утвориться зварювальний валик. Ручне зварювання застосовується при виконанні криволінійних і коротких швів в різних просторових положеннях - вертикальному, стельовому, нижньому, горизонтальному, при утворенні швів в важкодоступних місцях, а також при збиранні конструкцій складної форми і монтажних роботах. Ручне дугове зварювання дає відмінну якість зварних швів, але має нижчу продуктивність, по порівнянню, наприклад, з автоматичним дуговим зварюванням під флюсом.

Як правило, продуктивність процесу залежить від зварювального струму. Але при ручному зварюванні покритими електродами струм обмежений, оскільки його підвищення понад встановлений параметр є причиною відшарування покриття, розігрівання стрижня електроду, сильного розбризкування і чаду плавкого металу.

2.1.1 Характеристики сталей

Сталями називають сплав заліза з вуглецем (від 0,01 до 2,14%). Практично випускають сталі з вмістом вуглецю до 1,5%. Крім вуглецю в сталях є марганець, кремній, сірка і фосфор.

Залежно від вмісту вуглецю сталі поділяють на низьковуглецеві (до 0,25% C), середньовуглецеві (0,25-0,6%С)і високовуглецеві (0,6-1,5%С).

Для виготовлення зварних конструкцій використовують вуглецеву сталь звичайної якості, яку згідно ГОСТу 380-88 випускають таких марок: Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3пс, Ст3сп, Ст3Гпс, Ст3Гсп, Ст4кп, Ст4пс, Ст4сп, Ст5пс, Ст5сп, Ст5Гпс, Ст6пс, Ст6сп.

Цифри в позначках марок означають порядковий номер, індекси кп, пс і сп - ступінь розкислення, Г - підвищений вміст марганцю (близько 1%). Із збільшенням номера марки від Ст1 до Ст6 вміст вуглецю в сталі зростає від 0,06-0,12 до 0,38-0,49%. Тому сталі з вищими номерами марок мають більшу міцність і твердість, але меншу пластичність. У сталі Ст0 вміст вуглецю не перевищує 0,23%.

За видом прокату сталь буває листова, сортова (кругла, квадратна та ін.), фасонна (кутник, тавр, швелер тощо).

Арматурну сталь поділяють на пруткову, дротяну, гладку і періодичного профілю.

Якісні вуглецеві конструкційні сталі застосовують для виготовлення відповідальних зварних конструкцій. Згідно ГОСТу 1054-74 їх позначають двозначними цифрами, що означають вміст вуглецю в сотих частках відсотка:

- низьковуглецеві: 05,05кп, 08,08кп, 10пс,...25;
- середньовуглецеві: 30....55, 58 (55пп);
- високовуглецеві: 60.....85.

При підвищеному вмісті марганцю в позначення вводять букву Г. Леговані сталі крім постійних елементів містять спеціально введені для одержання необхідних властивостей легуючі елементи. Залежно від вмісту легуючих елементів сталі поділяють на:

- низьколеговані (до 3%);
- середньолеговані (від 3 до 10%);
- високолеговані (більше 10%).

Леговані сталі позначають цифрами, які вказують вміст вуглецю в сотих частках процента і буквами, що вказують легуючі елементи. Цифри після букв указують середній вміст елемента у відсотках. Якщо вміст елемента менше 1%, то цифри за буквою не ставлять. Буква А в кінці марки означає, що сталь високоякісна, а буква Ш - особливо високоякісна і вміст шкідливих домішок (сірки і фосфору) мінімальний. Наприклад, марка сталі 08Х13-Ш розшифровується так: вміст вуглецю 0,08%, хрому - 13%, Ш - особливо високоякісна.

Легуючі елементи позначають:

В - вольфрам; Д – мідь; М - молібден; Н - нікель; Г- марганець; К - кобальт;
С- кремній; Ф - ванадій; Т- титан; Ю- алюміній; Х- хром; Ш - магній; А- азот.

Залежно від марки сталей торці фарбують у такий колір:

червоний і зелений - Ст0, БСт0, Ст1;
білий і чорний - БСт1, Ст2, БСт2;

жовтий - ВСт2, Ст3, БСт3, ВСт3;

червоний - Ст4, БСт4;

чорний - ВСт4, Ст5, БСт5;

синій - ВСт5, Ст6, БСт6;

білий - 08,10, 15, 20;

білий і жовтий – 25,30,35,40;

білий і коричневий – 45...85;

коричневий – 15Г...40Г;

зелений і жовтий - хромисті;

коричневий і синій - марганцеві;

жовтий і чорний - хромонікелеві;

зелений і фіолетовий - хромомолібденові;

алюмінієвий і червоний - високолеговані хромонікелеві;

алюмінієвий і синій - високолеговані хромонікелетитанові.

Якісне утворення зварного з'єднання визначається властивостями зварюваних

металів, їх хімічним складом, вибором електродного й присаджувального металу, режимами зварювання, температурою нагрівання та ін. На зварюваність значно впливає хімічний склад сталі. Зварюваність сталі змінюється залежно від вмісту вуглецю та легуючих елементів. Вплив окремих елементів проявляється по різному, особливо в поєднанні з вуглецем.

Основні ознаки, що характеризують зварюваність сталей, - схильність до утворення тріщин і механічні властивості зварного з'єднання, які визначаються за допомогою зварювання контрольних зразків.

Зварюваність сталей, які умовно поділяються на чотири групи:

- добре зварювані сталі (Секв не більше 0,25%);
- задовільно зварювані сталі (Секв = 0,25 $\pm$ 0,35%);
- обмежено зварювані сталі (Секв = 0,35 $\pm$ 0,45%);
- погано зварювані сталі (Секв більше 0,45%).

Класифікація основних марок сталі за зварюваністю вказана в табл. 1.

Добра зварюваність низьковуглецевих сталей характеризується міцним зварним з'єднанням з основним металом без зниження пластичності в біляшовній зоні і без тріщин у металі шва. Зварюваність легованих сталей оцінюється можливістю одержання з'єднань, стійких проти утворення гартованих структур (і тріщин), зменшенням міцності, корозією та ін.

Таблиця 1. Класифікація основних марок сталі за зварюваністю

Група зварюваності	Марки сталей		
	вуглецеві	конструкційні леговані	високолеговані
Добра	Ст1кп, Ст1пс, Ст2кп, Ст2пс, Ст3, Ст4, 08, 10, 15,20,25	15ХА, 20Х, 15ХМ, 20ХГСА, 15Х, 15НМ, 10ХСНД	08Х20Н14С2, 08Х23Н18, 03Х18Н11, 08Х18Н10

Задовільна	БСт5сп, 30,35	12Х2Н4А, 12ХН2, 20ХГСА, 30Х, 15ХСНД, 25ХГСА	09Х14А, 12Х14А, 30Х13, 12Х17, 25Х13Н2
Обмежена	Ст6пс, Ст6сп, БСт6пс, БСт6сп, 40, 45, 50	35ХМ, 30ХГСА, 40Х, 40ХМФА, 40ХН, 20Х2Н4А	12Х18Н9, 17Х18Н9Т, 20Х18Н9, 20Х23Н18, 36Х18Н25С2

Погана	65, 70, 75, 80, 85, 60Г, 65Г, 70Г, У7 $\frac{+}{-}$ У13, У7А $\frac{+}{-}$ У13А	50ХГ, 50ХГСА, 60ХС, 45ХН3МФА	Х12, Х12М,9ХС, 5ХГМ, ХВГ, 5ХНТ,Х
--------	---	---------------------------------	--

Однорідні метали легко зварюються, а різнорідні - погано. За властивостями метал шва і метал зони термічного впливу є неоднорідними. Ознака поганої зварюваності - це схильність до утворення тріщин, які недопустимі у зварних з'єднаннях. Зварюваність металів характеризує схильність до перегрівання, гартування, утворення тріщин та інших дефектів, що утворюються при зварюванні.

Характеристикою зварюваності термічно зміцнених сталей є схильність до втрати міцності, яка проходить у зоні термічного впливу при температурах 400-720°C залежно від температури відпуску сталі у процесі її виготовлення на заводі.

Для виготовлення міцної зварної конструкції необхідно детально вивчити зварюваність сталі.

Вуглець при вмісті в сталі до 0,25% зварюваність не погіршує. При більшому вмісті зварюваність погіршується, бо в зонах термічного впливу утворюються гартовані структури, що призводять до тріщин. Підвищений вміст вуглецю в присаджувальному матеріалі викликає пористість шва.

Марганець (Г) міститься в межах 0,3-0,8% і зварюваність не погіршує. При вмісті від 1,8 до 2,5% і більше виникає небезпека появи тріщин, тому що марганець сприяє загартуваності сталі.

Кремній (С) у межах від 0,02 до 0,35% труднощів при зварюванні не викликає. При вмісті від 0,8 до 1,5% зварювання утруднюється через високу рідкотекучість й утворення тугоплавких оксидів кремнію.

Ванадій (Ф) сприяє загартованості сталі, що утруднює зварювання. При зварюванні ванадій активно окиснюється і вигоряє.

Вольфрам (В) підвищує твердість сталі та утруднює процес зварювання через сильне окиснення.

Нікель (Н) підвищує пластичність, міцність і зварюваність не погіршує.

Молібден (М) при зварюванні сприяє утворенню тріщин, активно окиснюється і вигоряє.

Хром (Х) утруднює зварювання, оскільки утворює тугоплавкі карбіди хрому.

Титан (Т) і ніобій (Б) при зварюванні з'єднуються з вуглецем і припиняють утворення карбіду хрому. При цьому зварюваність покращується.

Мідь (Д) покращує зварюваність, підвищує міцність, пластичність і корозієстійкість сталі.

Кисень погіршує зварюваність сталі, понижує міцність і пластичність.

Азот (А) утворює хімічні сполуки із залізом (нітриди), які підвищують міцність, твердість і значно знижують пластичність сталі.

Водень є шкідливою домішкою. Він накопичується у шві та викликає появу пор і дрібних тріщин.

Фосфор (П) — це шкідлива домішка. Він підвищує твердість і крихкість сталі, викликає холодноламкість (холодні тріщини).

Сірка є шкідливою домішкою і сприяє утворенню гарячих тріщин. Зварюваність із підвищенням вмісту сірки різко погіршується.

2.1.2 Зварювання вуглецевих сталей РДЗ, режими зварювання

Більшість зварних конструкцій виготовляють із низьковуглецевих сталей, які містять до 0,25% вуглецю. Вони відносяться до добре зварюваних сталей практично всіма видами зварювання плавленням. Низьковуглецеві сталі зварюються без обмежень при використанні типових зварювальних матеріалів.

Для забезпечення стійкості швів проти утворення тріщин і збереження високої пластичності металу шва, зварювальні матеріали повинні містити менше вуглецю, ніж основний метал, що компенсується додатковим легуванням шва кремнієм і марганцем. Механічні властивості металу біляшовної зони порівняно з основним металом можуть відрізнятися через незначне зміцнення металу в зоні перегріву. При зварюванні киплячих і напівспокійних (старіючих) сталей на ділянці рекристалізації біляшовної зони можливе зниження ударної в'язкості. Метал

біляшовної зони багатошарових швів крихкіший від металу одношарових.

Зварювання низьковуглецевих сталей виконується без попереднього підігріву і наступної термообробки. При зварюванні низьковуглецевих сталей з верхньою межею вмісту вуглецю (0,27%) можуть виникати кристалізаційні тріщини в кутових швах, однобічних швах з повним проваром кромek, першому шарі багатошарових стикових швів. У таких випадках використовують попередній підігрів до 100-150°C, особливо при виконанні перших шарів на товстому металі (більше 15 мм) і температурі повітря нижче мінус 5°C. Необхідність попереднього підігріву і можливої термообробки має визначатися у кожному конкретному випадку. У конструкцій з кутовими перервними швами всі види термообробки, крім гартування, призводять до зниження міцності й підвищення пластичності металу шва. Відпуск або відпал добре зварюваних сталей використовують як виключення для зняття внутрішніх напруг, уникнення жолоблення конструкції після зварювання та механічної обробки.

При товщині сталі понад 25 мм попередній підігрів обов'язковий у всіх випадках, незалежно від температури навколишнього середовища.

Зварювання сталі товщиною понад 20 мм виконують способами, що забезпечують зменшення швидкості охолодження: секціями, каскадом, гіркою.

Низьковуглецеві сталі зварюють на максимально можливих режимах, які забезпечують високу продуктивність й високу якість зварного шва та з'єднання. Під якістю розуміють відсутність дефектів (газових пор, підрізів, відшарування металу шва, непровару, шлакових уключень), а також одержання механічних властивостей, які відповідають технічним вимогам. Техніка й режими ручного дугового зварювання покритими електродами низьковуглецевих сталей.

Середньовуглецеві сталі містять від 0,25 до 0,55% вуглецю. При такому вмісті вуглецю в процесі швидкого охолодження металу шва і біляшовної зони виникають крихкі загартовані ділянки металу, великі внутрішні напруги, які спричиняють виникнення тріщин. Чим більший вміст вуглецю у сталі, тим сильніше вона загартовується при швидкому охолодженні, вища її крихкість і схильність до утворення тріщин.

Стійкість металу шва проти утворення кристалізаційних тріщин досягається зниженням кількості вуглецю в металі шва шляхом застосування електродних стрижнів і присаджувального дроту з пониженим вмістом вуглецю, а також зменшенням частки основного металу в металі шва. Останнє досягається розчищенням кромek і зварюванням на режимах, які забезпечують мінімальне проплавлення основного металу. Цьому сприяють електроди з великим коефіцієнтом наплавлення.

Для одержання пластичного металу шва і біляшовної зони виконують попередній та супровідний підігрів, а також повільне охолодження зварного шва. Температура підігріву має бути тим вищою, чим більший вміст вуглецю в сталях і знаходиться в інтервалі 100-450°C. Попередній підігрів невеликих конструкцій проводять у печах (електричних, газових). Якщо конструкція масивна, то температуру підігріву підвищують із урахуванням деякого її охолодження в процесі транспортування і встановлення. У таких випадках використовують підігрів газовим пальником і паяльною лампою. Температуру підігріву визначають за допомогою термоолівців і термофарб.

Для забезпечення надійної роботи зварної конструкції після зварювання рекомендується виконувати відпал і високий відпуск. Для цього необхідно відразу ж після зварювання помістити конструкцію у відпалювальну піч, нагріту до температури 675-700°C і після витримування повільно охолодити разом з піччю до 150-100°C з подальшим охолодженням на повітрі.

Зварювання середньовуглецевих сталей при температурі навколишнього середовища нижче 5°C не рекомендується, особливо при вмісті вуглецю більше 0,4% через можливість виникнення крихкості й тріщин.

Для уникнення труднощів, які виникають при зварюванні середньовуглецевих сталей, крім підігріву, використовують модифікування металу шва і дводугове зварювання в окремі ванни. При зварюванні необхідно уникати накладання широких валиків, зварювати короткою дугою, поперечні рухи змінити поздовжніми, кратери обов'язково заварювати або виводити на технологічні пластини (в кратерах можливе утворення тріщин).

Високовуглецеві сталі містять 0,6-2,14% вуглецю, а за зварюваністю до них відносяться й сталі з вмістом вуглецю понад 0,46%. Із таких сталей зварні конструкції, як правило, не виготовляють. Через високий вміст вуглецю вони відносяться до групи погано зварюваних сталей. Необхідність зварювання виникає при ремонтних роботах і наплавлюванні. У таких випадках виконують попередній, а інколи й супровідний підігрів з наступною термообробкою (відпал, відпуск). Режимми нагрівання та охолодження визначаються вмістом у сталі вуглецю. Технологічні прийоми зварювання високовуглецевих сталей такі ж, як і для зварювання середньовуглецевих.

Зварювання високовуглецевих сталей при температурі навколишнього середовища нижче 5°C і на протягах категорично забороняється.

Домашнє завдання : Вивчити конспект