

Зварювальне виробництво

Суть, значення і види зварювання

Зварювання є одним із основних технологічних процесів у машинобудуванні та будівництві. Важко назвати галузь народного господарства, де б не застосовувалося зварювання.

Зварювання дало змогу внести докорінні зміни в технологію виробництва, створити принципово нові конструкції машин.

Основним видом зварювання вважають дугове. Основоположниками дугового зварювання є вчені та інженери В.В. Петров (1761 - 1834), М.М. Бенардос та М.Г. Слав'янов.

У 1802 р. вперше в світі професор В.В. Петров відкрив дуговий розряд.

Особливі заслуги в галузі електродугового зварювання і механізації його процесу належать ученому Є.О. Патону. В 1929 р. він організував при Академії наук УРСР електрозварювальну лабораторію. В 1934 р. було створено Інститут електрозварювання, яким Є.О. Патон керував протягом 25 років. Нині НДІ електрозварювання НАН України очолює його син Б.Є. Патон — президент НАН України.

Визначний внесок у розробку теоретичних основ зварювання зробили вчені: В.П. Вологдін, В.П. Нікітін, К.К. Хренов, Є.О. Патон, Н.О. Окерблом, К.В. Любавський, Б.Є. Патон та ін.

На сучасному етапі розвитку зварювального виробництва дуже зріс діапазон зварюваних товщин, матеріалів, видів зварювання. Нині зварюють матеріали завтовшки від кількох мікрометрів до кількох метрів. Крім традиційних конструкційних сталей зварюють спеціальні

сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію та інших матеріалів. Зварювання виконують як у звичайних умовах, так і в умовах високих температур, радіації, під водою, в глибокому вакуумі, невагомості. Швидкими темпами впроваджуються нові види зварювання — лазерне, електронно-променеве, іонне, світлове, дифузійне, ультразвукове, електромагнітне, вибухове, розширюються можливості дугового та контактного зварювання.

Основні операції зварювального виробництва

Зварюванням називається процес виготовлення нерознімних з'єднань за допомогою встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому (загальному) нагріванні чи пластичному деформуванні або при їхній сумісній дії. Суть зварювання полягає у зближенні елементарних часточок зварюваних поверхонь настільки, щоб між ними почали діяти міжатомні зв'язки, які забезпечують міцність з'єднання.

Зварювальне виробництво — це комплекс виробничих процесів з широким використанням зварювальної техніки, який утворює самостійну, закінчену технологію виготовлення зварної продукції. Увесь комплекс зварювального виробництва можна поділити на шість груп операцій: *заготовчі, складальні, зварювальні, опоряджувальні, допоміжні, контрольні*.

Заготовчі операції пов'язані з виготовленням деталей зварних конструкцій. При виконанні заготовчих операцій застосовують такі види обробки металів: різання (механічне і термічне), стругання на верстатах; штампування на пресах; зачищення кромки і поверхонь деталей від окалини, іржі, задирок; випрямлення та гнуття деталей на валиках, пресах, плитах; механічну обробку

великих деталей (точіння, стругання, фрезерування, свердління отворів у них).

Складальні операції забезпечують правильне взаємне розміщення та закріплення деталей виробу, що складається і зварюється, на плиті, стелажі, стенді або спеціальному пристрої.

Крім власне зварювальних операцій, до зварних робіт належать деякі нерозривно пов'язані зі зварюванням допоміжні операції, наприклад установа виробу під зварювання або зварної головки на початок шва, спрямування електрода вздовж стику, повертання виробу в процесі зварювання, переміщення зварника.

До *опоряджувальних робіт* належать зачищення швів, видалення металевих бризок і задирок, пофарбування, упакування, а також термічна і механічна обробка готових виробів, якщо їх виконують у зварювальному цеху.

До *допоміжних робіт* належать кранові, підіймально-транспортні та перевантажувальні операції: налагоджувальні роботи зі зварювальним, газорізальним та іншим обладнанням; комплектування деталей та розподіл робіт.

Контрольні роботи містять комплекс контрольних операцій на кожному етапі виготовлення зварної конструкції, в тому числі контроль вихідних зварювальних матеріалів, контроль якості заготовчих, складальних, зварювальних і опоряджувальних операцій, контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Зварювання виконують або стисненням місць з'єднання після нагрівання їх до пластичного стану, або без стиснення, коли місце зварювання розплавляється.

Основними видами зварювання є зварювання тиском (пластичне зварювання), яке виконують при деформуванні металу в твердому стані, і ***зварювання плавленням***

з'єднаних місць за допомогою електричного струму, горючих газів або теплоти хімічних реакцій. При пластичному зварюванні метали, що мають велику в'язкість, зварюються тиском за нормальної температури без підігрівання. Метали, що мають малу в'язкість, спочатку нагрівають до пластичного стану.

Вибираючи вид зварювання, насамперед беруть до уваги зварюваність металу, тобто його здатність утворювати міцне з'єднання.

Зварюваність — властивість металу чи сплаву утворювати при встановленій технології зварювання з'єднання, що відповідає вимогам, обумовленим конструкцією та експлуатацією виробу. Розрізняють фізичну та технологічну зварюваність.

Фізична зварюваність — властивість матеріалів створювати монолітне з'єднання з хімічним зв'язком. Таку зварюваність мають практично всі технічні сплави та чисті метали, а також ряд сполучень металів з неметалами.

Технологічна зварюваність є характеристикою реакції металу на дію зварювання та здатність при цьому утворювати зварне з'єднання із заданими експлуатаційними властивостями. Зварюваність металу залежить від його хімічних і фізичних властивостей, кристалічної ґратки, ступеня легування, домішок та інших чинників.

Зварюваність різних металів і сплавів залежить від ступеня легування, структури та вмісту домішок. На зварюваність сталей найбільше впливає вуглець. Зі збільшенням вмісту вуглецю, а також ряду інших легувальних елементів зварюваність сталей погіршується.

Чим вищий вміст вуглецю в сталі, тим вища небезпека холодних і гарячих тріщин і важче забезпечити рівномірність зварного з'єднання. Орієнтовним кількісним показником зварюваності сталі відомого хімічного складу є еквівалентний вміст вуглецю $S_{екв}$, який визначають за формулою К.К. Хренова.

Залежно від еквівалентного вмісту вуглецю та пов'язано з цим схильністю до загартування та утворення холодних тріщин сталі за зварюваністю поділяють на чотири групи: добре, задовільно, обмежено та погано зварювані.

Таблиця 1 Класифікація сталей за зварюваністю

Група зварюваності	Сталь	
	вуглецева	конструкційна легована
Добра $S_{екв} < 0,25\%$	Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, сталь 08, 10, 15, 20, 25, 12кп, 15кп, 18кп, 20кп	15Г, 20Г, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХМ, 14ХГС, 10ХСНД, 10ХГСНД, 15ХГСНД,
Задовільна $S_{екв} = 0,25...0,35\%$	Ст5, сталь 30, 35	12ХН2, 12ХН3А, 14Х2МР, 10Г2М, 20ХН3А, 20ХН, 20ХГСА, 25ХГСА, 30Х, 30ХМ
Обмежена $S_{екв} = 0,36...0,45\%$	Ст6, сталь 40, 45, 50	35Г, 40Г, 40Г2, 35Х, 40Х, 45Х, 40ХН, 40ХМФА, 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГСМ, 35ХМ, 20Х2Н4А, 4ХС, 12Х2Н4МА.
Погана $S_{екв} > 0,45\%$	Сталь 65, 70, 75, 80, 85, У7, У8, У9, У10, У11, У12	50Г, 50Г2, 50Х, 50ХН, 45ХН3МФА, 6ХС, 7Х3, 9ХС, 8Х3, 5ХНТ, 5ХНВ

Зварюваність металів і сплавів залежить від хімічного складу та фізичних властивостей їх. Краще зварюються метали з доброю взаємною розчинністю, високою теплопровідністю, невеликою усадкою і малим коефіцієнтом лінійного розширення. Чавун можна зварювати лише плавленням місць з'єднань, бо він має низькі пластичні властивості. Низьковуглецеві сталі $S_{екв} \leq 0,25\%$ добре зварюються будь-якими способами. Зі збільшенням вмісту вуглецю у сталі понад 0,3%, зварювання погіршується, бо виникає схильність до утворення гартівних тріщин у зоні шва.

На міцність зварного шва негативно впливають фосфор і сірка, що підвищують його крихкість. Вміст їх у сталі

має бути мінімальним. При зварюванні легованої сталі міцність з'єднання знижується внаслідок її невисокої теплопровідності: висока температура зосереджується лише в місці нагрівання, а це спричинює напруження, а іноді й тріщини. Незадовільна міцність зварного шва може зумовлюватися здатністю деяких легованих сталей загартуватися після високого нагрівання при охолодженні на повітрі.

Отже, при зварюванні легованих сталей треба неухильно дотримуватися режиму зварювання, підігрівати вироби перед зварюванням і проводити термічну обробку виробів після зварювання.

Зварний шов — це ділянка зварного з'єднання, що утворилась у результаті зварювання на межі з'єднаних деталей. Зварні шви класифікують так: щодо дії сил — флангові, торцеві, лобові, косі; за протяжністю — суцільні і переривчасті; за розташуванням у просторі — нижні, горизонтальні, вертикальні і стельові. Крім цього, розрізняють одно- і багат шарові, одно- і двосторонні, прорізні, точкові та з підготовленими кромками. Шви для фіксації взаємного розміщення деталей називають прихватками.

Основними видами з'єднань, що застосовуються при ручному дуговому зварюванні, є *стикові, кутові, таврові і внапусток*.

Сучасні способи зварювання класифікують за станом металу в процесі зварювання і за видом енергії, що використовується для нагрівання зварюваних частин.

За першою ознакою розрізняють зварювання плавленням і зварювання тиском.

При зварюванні плавленням метал нагрівається до розплавленого стану і зварне з'єднання утворюється без

застосування тиску. Зварювання тиском здійснюється переважно при нагріванні металу до пластичного стану або до початку плавлення зварюваних поверхонь.

Такі пластичні метали, як свинець, алюміній, мідь та інші, можна зварювати і в холодному стані за рахунок лише тиску.

За видом енергії, що застосовується для нагрівання металу, всі способи зварювання поділяють на три основні групи: **електричні, хімічні і механічні.**

Найважливішою є група *електричних способів*, при яких для нагрівання металу використовується електричний струм. Залежно від принципу перетворення електричної енергії на теплову, яку використовують у процесі зварювання, розрізняють такі основні види електричного зварювання: дугове, електрошлакове, контактне, індукційне та електронно-променеве.

До *хімічних способів* зварювання належать горнове або ковальське, газове і термітне. За цих способів зварювання метал нагрівається за рахунок теплоти екзотермічних реакцій окиснення різних речовин, що перебувають у твердому, рідкому або газоподібному стані.

До *механічних способів* належать холодне зварювання тиском, зварювання тертям і зварювання ультразвуком. За цих способів зварювання для з'єднання металів використовують відповідні види механічної енергії.

З перелічених способів зварювання найважливішими є електричне дугове, контактне і газове зварювання.