

Дата: 05.10.2021

Група: 43

Предмет: Спецтехнології

УРОК 102-103

Тема: Причини виникнення напруг і деформацій при зварюванні

Мета:

- Ознайомлення з основними поняттями: сила, напруга, деформація.
- Вивчити послідовність підготовчих робіт
- Виховати зацікавленість та компетентність до обраної професії.

Починаючи вивчати тему ЕРЗ-3.1.4. Усування дефектів, що винikли при виконанні ручного дугового зварювання, наплавлення та повітряно-дугового різання, звертаємо увагу на те, що для успішного виконання завдань по усуванню дефектів, що винikли при виконанні ручного дугового зварювання, наплавлення та повітряно-дугового різання, необхідно спочатку оволодіти теорією та добре орієнтуватися в фізичних та хімічних властивостях різних металів та сплавів.

Термічні напруження або температурні напруження — внутрішні (власні) механічні напруження, що виникають між макро- або мікроелементами твірдого тіла в результаті впливу внутрішніх сил, які обумовлені тепловим впливом (нагріванням, охолодженням, тривалим перебуванням в умовах підвищених чи понижених температур) та спричиняють деформацію тіла.

Термічні напруження виникають при нерівномірному нагріванні або охолодженні. У відповідності до назви технологічного процесу, у результаті якого вони виникають, термічні напруження бувають: гартувальними, зварювальними, ливарними, шліфувальними тощо.

Гартувальні напруження

Гартувальні напруження — внутрішні напруження, що виникають при гартуванні сталевих деталей. У цьому випадку вони виникають як поєднання напружень, спричинених зміною питомого об'єму сталі при її мартенситному перетворенні у процесі гартування, і температурних напружень, викликаних швидким охолодженням.

Результат дії гартувальних напружень, наприклад, руйнування (розтріскування) при гартуванні, може проявлятись не обов'язково у момент зміни теплового стану (охолодження), а через деякий час (до декількох діб) у результаті поступового накопичення напружень, що виникають при зміні питомих об'ємів структурних складових.

Величина гартувальних напружень залежить від складу матеріалу і умов загартування. Гартувальні напруження поділяються на напруження I, II та III роду.

Напруження первого роду — це зональні залишкові напруження, що урівноважуються в зонах, сумірних з розмірами всього тіла або його окремих макрочастин. Утворюються такі напруження через різницю температур по перерізу деталі при охолодженні та різних по часу перебігу фазових перетворень у різних частинах деталі.

Напруження другого роду — це залишкові напруження, що урівноважуються в об'ємах, сумірних з розмірами кристалічного зерна металу.

Напруження третього роду — це напруження, що виникають при фазових перетвореннях в металах і сплавах у твердому стані, внаслідок різниці у питомих об'ємах початкових і новостворюваних фаз. Наприклад, питомий об'єм аустеніту при вмісті углецю 0,2...1,4% становить 0,12227...0,12528 см³/г, а мартенситу — 0,12708...0,13061 см³/г.

Для зняття внутрішніх напружень після гартування проводять відпуск.

Термічні напруження при зварюванні

Термічні напруження при зварюванні — внутрішні напруження, що виникають під час охолодження виробу після зварювання.

Якщо ці напруження діють тільки уздовж шва, то вони не впливають на міцність зварного з'єднання. Небезпечнішими є напруження, що діють перпендикулярно до осі шва (поперечні), так як вони можуть викликати появу холодних тріщин у шві чи у зоні біля шва. Якщо деформації і напруження з'являються у виробі тільки в процесі зварювання і зникають при охолодженні після зварювання, вони називаються *тимчасовими*. Деформації і напруження, які зберігаються після зварювання при повному охолодженні швів, називаються *залишковими*. Коли метал є пластичним і працює при статичних навантаженнях, залишкові напруження практично не впливають на міцність зварної конструкції. Сумуючись з напруженнями від робочих навантажень, вони спричиняють пластичну деформацію металу і тим знімаються.

При товстому шарі металу (понад 40 мм) виникають об'ємні залишкові напруження, що діють у трьох взаємно перпендикулярних площинах. Такі напруження є небезпечними з точки зору міцності конструкції, так як обумовлюють крихкість металу. За наявності концентраторів напружень (надрізів, непроварів, тріщин тощо), при низькій навколошній температурі і підвищений жорсткості конструкції виникнення пластичних деформацій є утрудненим і в даній зоні може започаткуватись крихке руйнування металу.

Для усунення залишкових напружень в цьому випадку застосовують термообробку після зварювання. Якщо залишкові деформації виходять за межі, допустимі технічними умовами на виготовлення даного виробу, проводять його випрямлення після зварювання.

Основними факторами що спричиняють виникнення термічних напружень при зварюванні є: нерівномірне нагрівання металу, усадка розплавленого металу при твердинні, величина зони прогрівання, напрям розташування зварного шва та ін.

Нерівномірне нагрівання металу

Наявність зосередженого джерела тепла (зварювального полум'я, електричної дуги), що переміщається уздовж шва з певною швидкістю і викликає нерівномірне нагрівання металу при зварюванні, є основною причиною виникнення внутрішніх напружень і деформацій у зварюваних виробах.

Усадка наплавленого металу

В результаті усадки (зменшення питомого об'єму) металу шва виникають напруження розтягування у сусідніх ділянках деталі, які викликають в них відповідні деформації. Різні метали і сплави мають різну усадку, що зазвичай

вимірюється в процентах від початкового лінійного розміру: алюміній 1,7...1,8%; бронза 1,45...1,6%; латунь 2,06%; мідь 2,1%; сталі маловуглецева ливарна 2,0%; чавун сірий 0,7...0,8%.

Напруження, викликані усадкою, зростають до моменту переходу пружних деформацій у пластичні. Якщо метал недостатньо пластичний, деталь може дати тріщину в найслабшому місці, яким іноді є зона термічного впливу.

Напруження від усадки є також однією з причин гарячих тріщин, що виникають під час затвердіння металу шва.

Інші фактори[

Величина деформації та пов'язаних з нею напружень залежить від величини зони нагріву. Чим більший об'єм металу нагрівається, тим більшими будуть деформації. Тому різні способи зварювання дають різну величину деформацій. Значна величина нагріву і деформації отримується при газовому зварюванні киснево-ацетиленовим полум'ям, менша — при дуговому зварюванні металевим електродом.

Розміри і розташування швів також впливають на величину деформацій. Найбільші деформації викликають довгі шви, шви з великим перетином, а також шви, розташовані несиметрично відносно головних осей перерізу зварюваного профілю. Чим складніша форма деталі, чим більше в ній різних швів, тим більшою є імовірність появи деформацій і напружень при зварюванні. При односторонньому наплавленні плоских деталей зменшення глибини і площин розплавлення основного металу різко зменшує жолоблення виробу.

Штучне охолодження деталі в процесі зварювання зменшує величину деформації.

Ливарні термічні напруження

Основною причиною появи **ливарних напружень** є зменшення об'єму металу і лінійних розмірів (усадки) виливка в процесі кристалізації металу і охолодження у твердому стані. Під час охолодження виливка виникають термічні напруження, що зберігаються у виливку після повного охолодження. Ці внутрішні напруження можуть у результаті приводити до утворення тріщин внаслідок додаткових напружень, що виникають при механічній або термічній обробці, при роботі виробу або ж внаслідок корозійних впливів.

Залишкові напруження можуть викликати також небажане явище викривлення виробів при їх механічній або термічній обробці. З метою усунення появи тріщин і жолоблення від термічних напружень при литві застосовуються наступні заходи:

- слід уникати різких змін перерізів виробу;
- охолодження має бути за можливості рівномірним, для чого в місцях товстих перетинів встановлюють холодильники;
- необхідно добиватися якомога рівномірнішого охолодження і після затвердіння, що може досягатися хоча б шляхом установки відлитих виробів у нагрітих ямах або залишення їх у формах, що слабо проводять тепло;

- напруження можуть усуватися додатково також шляхом обережного нагрівання до температур, що відповідають приблизно температурі рекристалізації основної складової.

Класифікація напружень та умови їх виникнення

Однією із властивостей металів є здатність змінювати розміри при змінах температури. При нагріванні метали вільно розширяються. Величина розширення залежить від температури нагрівання і коефіцієнта лінійного розширення металу.

Поряд з деформаціями і напругами, що виникають у деталях під впливом прикладених навантажень, у них можуть бути й власні напруги та деформації, що існують навіть при відсутності зовнішніх сил.

Залежно від причин, які викликають власні напруги, розрізняють:

1. теплові напруги (викликані нерівномірним розподілом температури при зварюванні);
2. структурні напруги (виникають внаслідок структурних перетворень при нагріванні вище критичних температур).

Залежно від тривалості існування власні напруги й деформації бувають:

1. тимчасові (існують у конструкції в певний момент часу і зникають після охолодження виробу);
2. залишкові (залишаються у конструкції після зникнення причини, яка їх викликала).

Залежно від розмірів ділянки розрізняють три види напруг:

1. Напруги першого виду, які діють у крупних об'ємах виробу;
2. Напруги другого виду, які існують у межах зерен металу;
3. Напруги третього виду, які існують у межах кристалічної решітки металу.

За напрямком дії розрізняють такі напруги та деформації:

1. поздовжні (вздовж осі шва);
2. поперечні (перпендикулярно осі шва).

За видом напруженого стану зварювання напруги бувають:

1. лінійні (діють тільки по одній осі в одному напрямку);
2. площинні (діють у двох напрямках);
3. об'ємні (діють у трьох напрямках).

Напруги бувають розтягуючі й стискаючі. Власні зварювальні напруги в свою чергу можуть бути реактивні та залишкові. Реактивні напруги виникають при зварюванні виробів, які знаходяться в жорстко закріплому стані. Залишкові напруги виникають у виробі завдяки місцевим пластичним деформаціям і залишаються після зварювання.

Деформації, які змінюють розміри всього виробу, називають загальними, а які відносяться до його окремих елементів — місцевими.

Деформації можуть бути пружними й пластичними. Якщо зварювальний виріб після процесу зварювання відновлює початкові розміри й форму, то виникає пружна деформація, а якщо не відновлює, то проявляється пластична деформація.

У процесі виготовлення у зварних конструкціях виникають напруги й деформації. Якщо напруги перевищують границю текучості металу, то виникає

пластична деформація. Це призводить до зміни розмірів, форми та короблення виробу. Якщо напруги перевищують границю міцності, то виникають тріщини.

Причини виникнення напруг і деформацій:

1. нерівномірне нагрівання металу. При наявності жорстких зв'язків між нагрітими і холодними частинами металу утворюються стискаючі й розтягуючі напруги;
2. ливарна усадка розплавленого металу — це зменшення об'єму металу при його охолодженні. В результаті жорсткого зв'язку з основним металом виникають внутрішні напруги в зварному з'єднанні. Вони бувають поздовжні й поперечні;

Ливарна усадка викликає напругу в зварному шві у зв'язку з тим, що при охолоджуванні об'єм наплавленого металу зменшується. Внаслідок цього в близько розташованих шарах металу виникають розтягуючі зусилля, які є причиною напружень і деформацій в металі. При цьому чим менше кількість розплавленого металу, тим менше значення напружень і деформацій.

Структурні перетворення в металі виникають при зварюванні легованих і високовуглецевих сталей. При охолодженні змінюються розміри та взаємне розташування зерен, що супроводжується зміною об'єму металу і викликає внутрішні напруги.

2. Напруження та деформації при нерівномірному нагріві

Нерівномірне нагрівання і охолоджування викликають теплові напруження і деформації. При зварюванні відбувається місцевий нагрів невеликого об'єму металу, який при розширенні впливає на менш нагріті шари металу, що розташовані поряд. Напруга, що виникає при цьому, залежить головним чином від температури нагріву, коефіцієнта лінійного розширення і теплопровідності зварюваного металу. Чим вище температура нагріву, а також чим більше коефіцієнт лінійного розширення і нижче теплопровідність металу, тим більше теплова напруга і деформації в зварюваному шві.

3. Механізм виникнення структурних напружень

Структурні перетворення викликають розтягуючі і стискаючі напруження у зв'язку з тим, що вони в деяких випадках супроводжуються змінами об'єму зварюваного металу. Наприклад, у вуглецевих сталей при нагріві відбувається утворення аустеніту з фериту. Цей процес супроводжується деяким зменшенням об'єму. При великих швидкостях охолоджування металу шва у високовуглецевих сталей аустеніт утворює структуру менш щільну, чим аустеніт. Це супроводжується збільшенням об'єму наплавленого металу. При зварюванні низковуглецевої сталі напруження, що виникають від структурних перетворень, невеликі і практичного значення не мають. Сталі, що містять більше 0,35% вуглецю, і більшість схильних до загартовування легованих сталей дають значні об'ємні зміни від структурних перетворень. Напруження, що внаслідок цього розвиваються, виявляються достатніми для виникнення тріщин.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке деформація?
2. Що таке межа текучості?
3. Що таке критична температура?

4. Що таке тимчасовий опір?

5. Які основні поняття?

Домашнє завдання:

- ✓ Опрацювати матеріал в підручнику П1. с.43-44
- ✓ Виконати короткий конспект
- ✓ Дати відповіді на запитання
- ✓ Фотографію конспекту надіслати викладачу mTanatko@ukr.net