

## ЗВАРЮВАНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

**Зварюваність** визначається як здатність матеріалу створювати зварюванням за певних технологічних умов зварні з'єднання потрібних властивостей.

Зварюваність, як правило, оцінюється шляхом оцінки погіршення цілісності та властивостей зварного з'єднання порівняно з неушкодженим основним матеріалом. Властивості, які є основними для оцінки деградації, вважаються показниками зварюваності.

Для оцінки зварюваності використовують дві групи показників:

- **Показники цілісності зварних з'єднань**, що характеризують стійкість зварних з'єднань до появи тріщин та інших недопустимих дефектів.
- **Показники властивостей зварних з'єднань**, що характеризують зміни окремих властивостей металу в зоні зварного з'єднання в результаті зварювання.

Розрізняємо показники цілісності зварних з'єднань за чотирма основними видами тріщин:

- a) **Гарячі тріщини** — це тріщини, які виникають під час охолодження зварних з'єднань при високих температурах. У сталях вони утворюються при температурі вище 850 °С. За сучасною класифікацією розрізняють три види гарячих тріщин у зварних з'єднаннях.
  1. **Кристалізаційні тріщини** виникають в металі шва під час його затвердіння (кристалізації),
  2. **Ліквацийні тріщини** виникають в сильно нагрітій зоні термічного впливу основного матеріалу або і наплавленого металу в разі багат шарового валика,
  3. **Полігонізаційні тріщини**, які також називаються тріщинами, які виникають через зниження пластичності, можуть виникати так само, як і ліквацийні тріщини, у зоні термічного впливу основного матеріалу або наплавленого металу при нижчій температурі (~850 °С). Проте полігонізаційні тріщини характерні лише для високолегованих аустенітних сталей і нікелевих сплавів.
- b) **Холодні тріщини**, так звані тріщини, спричинені воднем, у випадку якщо вони з'являються через певний час після закінчення зварювання, вони називаються відстроченими тріщинами - з'являються при температурах нижче 300 °С у ЗТВ (зоні термічного впливу) та в одному або кількох шарових з'єднаннях вищої міцності. Імовірність їх появи зростає при наявності мартенситних і бейнітних структур в металі шва або ЗТВ. Їх утворенню сприяє висока концентрація водню в основному матеріалі і ЗТВ, в який водень потрапляє з пакувального матеріалу електродів, флюсу, вологості навколишнього середовища, з нечистих захисних газів або з недостатньо очищених проводів і кромek швів. Значною мірою їх утворенню сприяє також жорсткість затискача, яка після зварювання викликає стягуючі напруження в зварному з'єднанні.
- c) **Пластинчасті тріщини** - це тип дефекту в зоні зварного з'єднання, який може виникнути, якщо область ЗТВ під час зварювання напружується в напрямку товщини листа. Ці тріщини зазвичай виникають на кінці ЗТВ або в основному матеріалі. Тріщини мають каскадну (ступінчасту) форму, переважно паралельну поверхні

листового металу. Вони можуть зароджуватися в області зварних з'єднань двома способами:

- 1 **екзогенно**, від дефекту іншого типу, напр. від гарячої мікротріщини,
- 2 **ендогенно**, якщо він виникає в результаті сильного напруження в напрямку осі від поділу.

d) **Тріщини відпалу** — це міжкристалічні тріщини в сильно нагрітій зоні ЗТВ (рідше в металі шва), які виникають і поширюються внаслідок відпалу зварних з'єднань для зменшення внутрішніх напружень. Існує два основних типи тріщин відпалу:

1. **низькотемпературні** - (вони зустрічаються в діапазоні від 200°C до 300°C),
2. **високотемпературні** - (виникають при температурах вище 300°C), їх причиною є вичерпання пластичності критичної зони термічного впливу при відпалі, точніше при релаксації залишкових напружень. Окремим випадком високотемпературних тріщин відпалу є **тріщини підшву**, які переважно виникають у крупнозернистій зоні термічного впливу, нагрітій під впливом сусіднього шву до температури трохи нижче Ас1. Вони орієнтовані під кутом від 45 до 90° до напрямку зварювання. Вони утворюються при зварюванні стрічковим аустенітним електродом.

У зварних з'єднаннях утворюються переважно комбінації тріщин, напр. ліквідаційні + холодні, ліквідаційні + тріщини відпалу або холодні і пластинчасті.

Які показники цілісності зварних з'єднань необхідно перевіряти для окремих класів ковких сталей (класи 10 - 17) і виливки (класи 42 6 - 42 9).

Показниками механічних властивостей зварних з'єднань є:

- a) міцність зварного з'єднання,
- b) ударна в'язкість і температура її переходу в зоні теплового впливу,
- c) твердість зварного з'єднання.

Крім показників механічних властивостей, існують також показники спеціальних властивостей зварних з'єднань:

- стійкість до крихкого руйнування,
- характеристики втоми,
- стійкість до корозії,
- стійкість до радіаційного ураження,
- жаростійкі властивості тощо.

Зварні з'єднання повинні бути цільними. Найнебезпечнішими дефектами є тріщини, які діють як концентратори напружень завдяки ефекту надрізів і можуть поширюватися далі раптово (крихке руйнування) або поступово (втомне руйнування).

Зварюваність сталі дуже добра, якщо можна легко, без обмежувачих умов отримати зварні з'єднання необхідних властивостей. Навпаки, якщо ми повинні використовувати обмежувальні умови під час зварювання (попередній нагрів, обмеження питомої теплоємності тощо), ми говоримо, що матеріал має обмежену зварюваність.

Зварюваність можна розділити на:

- **Металургійну** – фізичні, хімічні, металургійні та металографічні зміни, спричинені термічним циклом зварювання. Вирішальний вплив на зварюваність має хімічний склад зварюваного матеріалу.
- **Технологічну** – вплив конкретної технології зварювання та її параметрів (спосіб зварювання, додаткові матеріали, підведення тепла, порядок укладання зварювального шару, тепловий режим зварювання, термообробка зварного з'єднання).
- **Конструктивну** - сюди входять товщина зварюваного матеріалу, розташування, розміри, форма зварного шва, форма і підготовка зварювальних поверхонь, умови стану розтягнення, деформацій, напруг тощо.
- **Оперативну** - напр. можливості обробки зварного виробу. Комплектація конструктивного вузла на місці його встановлення (частини мостів, кораблів тощо).