

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи № 15 «Дослідження опірності
сталей утворенню холодних тріщин при зварюванні»
з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 15
«Дослідження опірності сталей утворенню холодних тріщин при
зварюванні» з дисципліни «Теорія процесів зварювання» для
студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання
/ Укл.: О.Є. Капустян, Р.А. Куликовський – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. -
10 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, ст. викладач;
Р.А. Куликовський, канд. техн. наук, доцент
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Редактор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 3 від 27.03.2017

Затверджено
на засіданні НМК ІФФ
Протокол № 3 від 15.04.2017

1 МЕТА РОБОТИ

Вивчення впливу хімічного складу металу на опірність утворенню холодних тріщин при зварюванні.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У металі зварних швів та у пришовній зоні (ПШЗ) можуть утворюватись холодні тріщини. Їх поява відбувається при відносно низьких температурах (нижче 300° С). Виникають вони або безпосередньо після зварювання, або протягом кількох діб після зварювання. Холодні тріщини в зварних з'єднаннях з'являються у швах та ПШЗ – поперечні, а також у ПШЗ – поздовжні.

Холодні тріщини – це локальне транскристалітне руйнування металу зварних з'єднань вуглецевих, низько- та середньолегованих конструкційних сталей (сталь 45, 30ХГСА та ін.), які мають малий запас деформаційної здатності.

Основні типи холодних тріщин у зварному з'єднанні:

- підваликова;
- перехідна;
- поперечна;
- від надрізу.

Тип 1 - підваликові тріщини. Вони утворюються в зоні термічного впливу на ділянці "крупного зерна". На цій ділянці температура при зварюванні найбільш висока й аустенітні зерна виростають до найбільших розмірів. Такі тріщини спостерігаються, якщо феритний наплавлений метал містить водень.

Тип 2 - поперечні тріщини розвиваються в напрямку перпендикулярному ізотермам. Початок їхнього утворення - у зоні термічного впливу на ділянці грубозернистого мартенситу. Ці тріщини часто поширюються в наплавленому й основному металі. Вони утворюються навіть при відсутності водню, хоча він сприяє зародженню.

Тип 3 - тріщини від надрізу утворюються на вільній поверхні зони термічного впливу біля металу шва, на ділянці з різко вираженим

ефектом надрізу. Початок тріщини може перебувати в області багатовісних напружень, що розтягують, особливо в зоні великих мартенситних зерен. Ці тріщини можуть утворитися при незначному вмісті водню.

Тип 4 - перехідні тріщини, утворюються при зварюванні аустенітними електродами. Вони зароджуються в мартенситній зоні наплавленого метала, біля лінії сплавлення.

Всі чотири типи тріщин найчастіше зароджуються й розвиваються в зоні грубозернистого мартенситу, що утворюється в процесі охолодження аустеніту від максимальної температури. Поперечні тріщини (тип 3) спостерігаються в багатошарових зварних швах.

Фактори, які обумовлюють утворення холодних тріщин:

а) структура металу, у якій утворюються складові загартування – мартенсит, бейніт, сорбіт, троостіт, карбіди та ін.;

б) розчинений та дифузійний водень;

в) зварювальні напруження першого роду у шві та ПШЗ (розтягуючі).

Формування цих факторів закінчується до повного остигання з'єднання. В умовах постійної дії зварювальних напружень навіть якщо вони менше межі текучості, на загартованих ділянках шва та ПШЗ, розповсюджуються процес мікропластичної деформації на межах попередніх аустенітних зерен – до 0,01 % від довжини шва.

Зміцнення по границях зерен, які знаходяться паралельно, або під кутом до напряду руйнуючих сил, веде до концентрації напружень – накопиченню дислокацій на границях зерен орієнтованих перпендикулярно розтягуючим силам.

Через деякий час, при напруженнях вище, або близьких до критичних (σ_{τ} , σ_{ν}), мікропластична деформація на границях зерен призводить до накопичення високого рівня напружень другого роду, достатніх для утворення початкових тріщин, які під дією напружень першого роду перетворюються у холодні макротріщини.

При напруженнях на границях нижче критичних, мікродеформації по границях зерен недостатні для утворення мікротріщин. Тому одночасно з процесом деформування розповсюджується процес "відпочинку" загартованої структури, що є процесом закріплення дефектів кристалічної ґратки, які обумовлюють мікропластичну деформацію атомами вуглецю та релаксацією

напружень. Таким чином, швидкість мікропластичної деформації буде зменшуватись і подалі загартована сталь повністю втрачає здатність до цього виду деформації.

Після завершення "відпочинку" (близько 3-х діб) зварні з'єднання значно зменшують здатність до утворення холодних тріщин.

Водень – збільшує можливість розкриття мікротріщин за рахунок дифузії на ділянці біля гострого кінця мікротріщин – кінець мартенситної "голки", де діють розтягуючі напруження. Це призводить до водневого окрихчення та, як наслідок, критичний розмір мікротріщин, здатних до розкриття, зменшується.

При відсутності водню, критичний розмір тріщин, здатних до розкриття повинен бути значно більшим. При цьому мікротріщини, менші за критичний розмір, можуть або "зростати" у процесі "відпочинку", або у металі не будуть розкриватися. В результаті схильність до утворення холодних тріщин у шві та ПШЗ зменшується.

Холодні тріщини - найбільш небезпечний дефект, і для його попередження повинні бути вжиті заходи по підбору більш якісних матеріалів для зварювання (основний метал, електроди), а також по застосуванню оптимальної технології зварювання (правильна послідовність виконання швів, проведення термічної обробки та ін). Для остаточного судження про зварюваність сталі проводять випробування зварних зразків на міцність, пластичність, в'язкість при різних температурах, корозійну стійкість і на інші показники, які необхідні в конструкціях, виготовлених із сталі даної марки.

На лабораторній роботі розглянуто метод кількісної оцінки опірності зварних з'єднань утворенню холодних тріщин. Метод розглядає випробування серії зразків безпосередньо після зварювання шляхом навантаження зовнішніми різними та постійними навантаженнями. За показник опірності прийнято напруження від дії згинаючого моменту після витримання зразку під навантаженням 20 годин, при якому у зварному з'єднанні утворюються холодні тріщини. Цей метод відображає дію залишкових напружень в зварних конструкціях. Термічний цикл, характерний для зварювання, задається штучним охолодженням зразків безпосередньо після зварювання. Випробування виконуються на спеціальному обладнанні (рис. 2.1).

До складу установки (рис. 2.1) входять: станина, на якій зібрані 5 однакових секцій. Станина будується на рамі – 1, на якій

встановлені передня – 17 і задня – 2 опори. На передній опорі змонтований стіл із салазками. Стіл призначений для закріплення зварного зразка – 10 гвинтом – 11. Установка зразка у потрібне положення проводиться гвинтом – 13. Навантаження зразків згинаючим моментом виконується за допомогою важеля - 7 і набору важелів – 20, згинаючий момент передається на зразок через кронштейн – 8 і тягу – 9. Регулювання згинаючого моменту відбувається зміною кількості важків у касеті – 19 та її положення на важелі. Касета переміщується за допомогою ручного механізму з елементами – 5, 15, 16, 6 і системи блоків – 4 і 14. На задніх опорах встановлений амортизатор – 3 для прийому падаючого важеля.

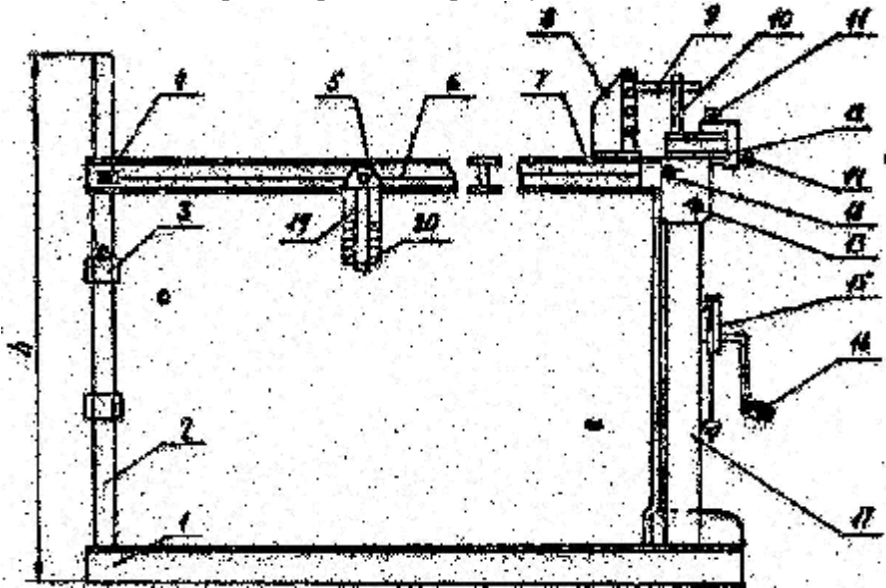


Рисунок 2.1 – Схема установки для визначення опірності сталей утворенню холодних тріщин.

На лабораторній установці (рис. 2.1) методика дещо змінена і тому випробування відбувається на зразках з безпосереднім навантаженням до їх руйнування.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Причини утворення холодних тріщин.
2. Які сталі схильні до утворення холодних тріщин?
3. Механізм утворення холодних тріщин.
4. У яких зонах зварних з'єднань утворюються холодні тріщини, чому?
5. Чому для дослідження опірності зварних з'єднань утворенню холодних тріщин використовують постійне довготривале навантаження?
6. Чому дослідження виконується безпосередньо після зварювання?
7. Що є показником опірності зварних з'єднань утворенню холодних тріщин?
8. Роль водню в утворенні холодних тріщин.
9. Зв'язок процесів загартовування з холодними тріщинами.
10. Термокінетичні діаграми охолодження сталей, що загартовуються.
11. Складові структури, яка утворюється при зварюванні різних сталей.
12. Засоби попередження утворенню холодних тріщин при зварюванні та наплавленні.
13. Вплив структурних перетворень у ПШЗ та шві на утворення холодних тріщин.
14. Методи оцінки опірності зварних з'єднань утворенню холодних тріщин.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Пластини 100×50×8(10) мм з конструкційних сталей (на вибір – 30 ХГСА, 18ХГСА, 09ГС, сталь 45).

2 Електроди Ø 4 мм марок АНО-4, або УОНИ 13/45.

3 Дріт Св-08А.

4 Установка для дослідження опірності зварних з'єднань утворенню холодних тріщин.

5 Зварювальний пост з джерелом живлення постійного струму.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1 До лабораторних робіт допускаються студенти після інструктажу з охорони праці та пожежної безпеки.

2 Забороняється вмикати електричні прилади та обладнання без дозволу завідуючого лабораторією, або викладача.

3 У випадку виявлення неполадок обладнання студент мусить негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

4 У випадку виникнення пожежі або ураження електричним струмом студенти повинні діяти у відповідності до затверджених інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

5 При навантаженні зразків руки і ноги не повинні знаходитись під важелем.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Зварити у “лодочку” електродом три зразки: по одному зі сталі 45, 09ГС (або 18ХГСА) та 30ХГСА. Зварювальний струм для електрода прийняти 160-170 А, катет шва 7-8 мм.

Встановити по одному зразку у касети (рис. 6.1) і навантажувати безпосередньо до руйнування постійно записуючи, при кожному навантаженні, деформацію зразка. Після руйнування зразка зробити опис місця руйнування: по катету, по бісектрисі кута або по ПШЗ зоні. Обміряти параметри шву – довжину, катет і підрахувати напруження, при яких з'явилася холодна тріщина. Напруги руйнування підраховують для таврових зразків по формулі

$$s = \frac{6M_{\text{згин}}}{b \cdot K^2}, \text{ МПа};$$

$$M_{\text{згин}} = P \cdot l,$$

де $M_{\text{згин}}$ – згинаючий момент, Н·м;

P – маса навантаження, Н;

l – плече, м;

b – довжина шва, м;

K – катет шва, м.

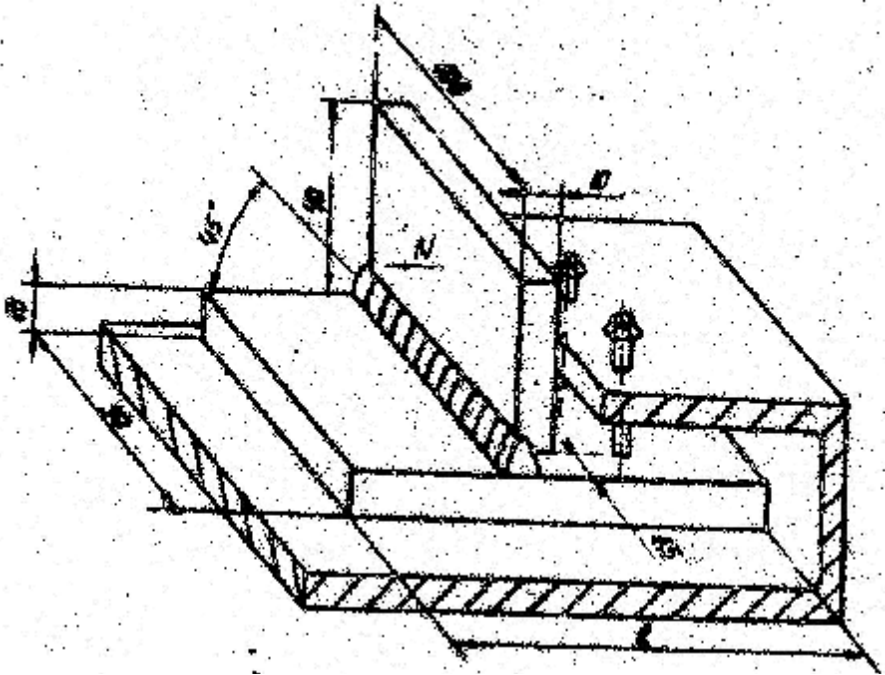


Рисунок 6.1 – Схема закріплення зразків для випробувань

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема та мета роботи.
2. Опис проведених досліджень з наведенням зусиль руйнування.
3. Схематичне зображення руйнування зразків і опис характеру зламу.
4. Результати досліджень у виді графіку $s = f(\Delta)$.
5. Висновки у виді аналізу результатів досліджень.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Теоретические основы сварки (Винокуров В.А., Фролов В.В., Волченко В.А. и др.), под ред. В.В. Фролова – (2-е изд.) – М.: Высшая школа, 1988 – 592 с.
2. Багрянский К.В. Теория сварочных процессов / К.В. Багрянский, З.А. Добретина, И.К. Хренов / – К.: Высшая школа, 1976. – 423 с.
3. Петров Г.Л. Теория сварочных процессов / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев / – М.: Высшая школа. 1977 – 487 с.
4. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке, – Т. 1. М: Металлургия, 1968 – 250 с.