**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**Запорізький національний технічний університет**

# МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи № 10
з дисципліни «Основи теорії наплавлення» для студентів напряму підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 10 з дисципліни “Основи теорії наплавлення” для студентів напрямку підготовки 6.050504 «Зварювання» для всіх форм навчання /Укл.: О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. - 10 с.

Укладач: О.Є. Капустян, ст. викладач
Рецензент: А.О. Шумілов , канд. техн. наук, доцент
Коректор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол № 8 від 1.06.2016

Затверджено
на засіданні НМК ІФФ
Протокол № 10 від 21.06.2016

* Методичні вказівки складено на основі «Методичних вказівок до виконання лабораторних занять з дисципліни «Теорія зварювальних процесів» для студентів спеціальності: 6.092301 для всіх форм навчання / Укл.: Ю.М. Ткаченко»

# ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ ..... 4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ..... 4
3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ ..... 7
4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ ..... 8
5 ЗМІСТ ЗВІТУ ..... 8
6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ..... 9
7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ..... 9
ЛІТЕРАТУРА ..... 10

# ДОСЛІДЖЕННЯ ОПІРНОСТІ СТАЛЕЙ УТВОРЕННЮ ХОЛОДНИХ ТРІЩИН ПРИ ЗВАРЮВАННІ

## 1 МЕТА РОБОТИ

З’ясування впливу хімічного складу металу на опірність утворенню холодних тріщин при зварюванні.

## 2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

У металі зварних швів та у колошовній зоні (КШЗ) можуть утворюватись холодні тріщини. Їх поява відбувається при відносно низьких температурах (нижче 120° С). Виникають вони або безпосередньо після зварювання, або протягом кількох діб після зварювання. Холодні тріщини в зварних з’єднаннях виникають у швах та колошовній зоні – поперечні, а також у КШЗ – поздовжні.

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

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 КШЗ (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 КШЗ, розповсюджуються процес мікропластичної деформації на межах попередніх аустенітних зерен – до 0,01 % від довжини шва.

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

Через деякий час, при напруженнях вище, або близьких до критичних ($\sigma_т$, $\sigma_в$), мікропластична деформація на межах 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 межах нижче критичних, мікродеформації по межах зерен недостатні для утворення мікротріщин. Тому одночасно з процесом деформування розповсюджується процес "відпочинку" загартованої структури, що є процесом закріплення дефектів кристалічної гратки, 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 ділянки 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 КШЗ зменшується.

На лабораторній роботі розглянуто метод кількісної оцінки опірності зварних з’єднань утворенню холодних тріщин, розроблений у МГТУ ім. М. Е. Баумана. 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 витримування 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).

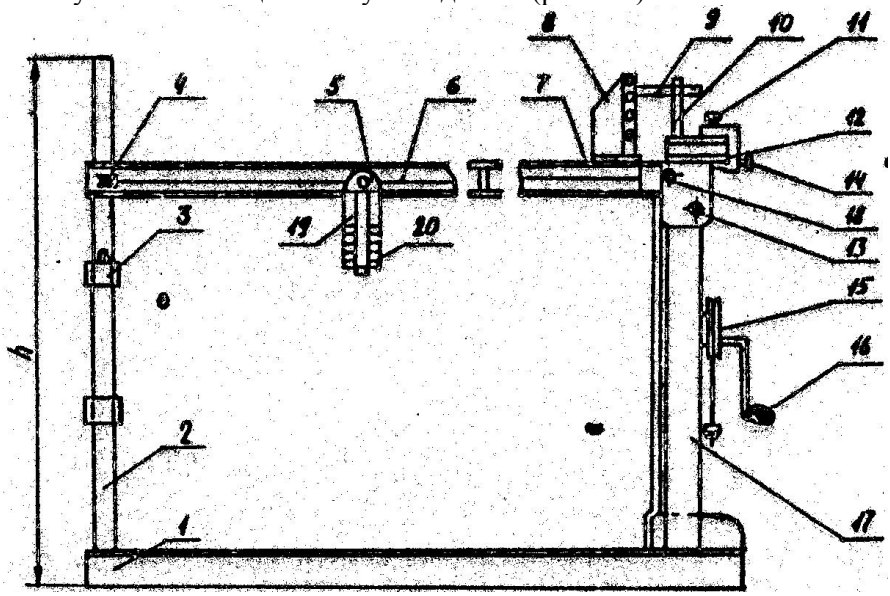


Рисунок 2.1 – Схема установки для визначення опірності сталей утворенню холодних тріщин.

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 системі блоків – 4 і 14. На задніх опорах встановлений амортизатор – 3 для прийому падаючого важеля.

На лабораторній установці (див. рис. 2.1) методика дещо змінена і тому випробування відбувається на вказаних зразках (рис. 2.2), з безпосереднім навантаженням до їх руйнування.

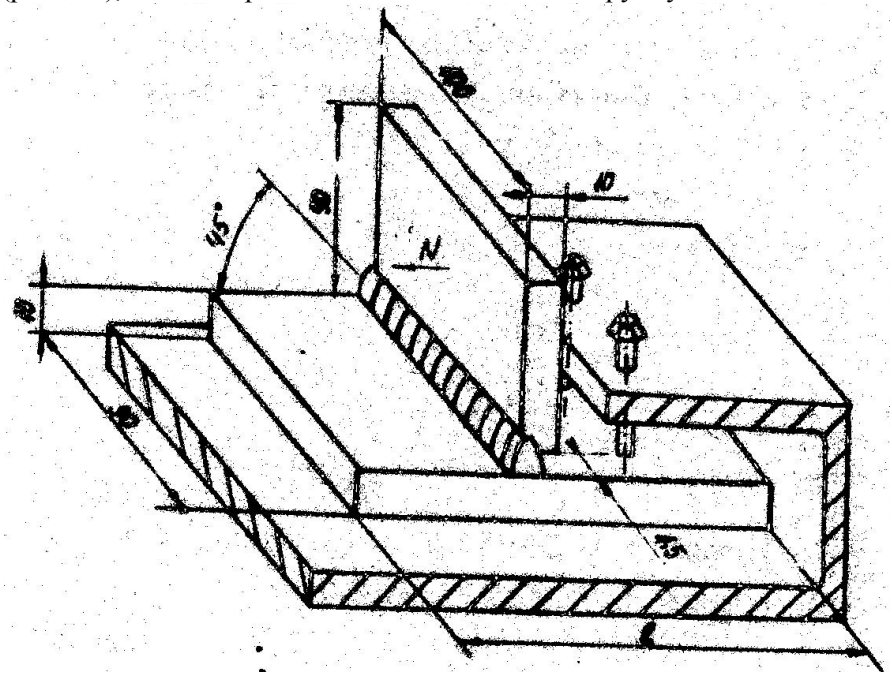


Рисунок 2.2 – Схема закріплення зразків для випробувань

## 3 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

3.1 Установка для дослідження опірності зварних з’єднань утворенню холодних тріщин.

3.2 Пластини 100х50х8(10) мм з конструкційних сталей (на вибір – 30 ХГСА, 18ХГСА, 09ГС, сталь 45) дріт Св-08А, електроди АНО-4, або УОНИ 13/45.

3.3 Зварювальний пост з джерелом живлення постійного струму.

# 4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Зварити у лодочку електродом АНО-4 (або іншим) три зразки: по одному зі сталі 45, 09ГС (або 18ХГСА) та 30ХГСА. Зварювальний струм для електрода d = 4 мм прийняти 160-170 А, катет шва 7-8мм.

Встановити по одному зразку у касети 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 колошовній зоні. Обміряти параметри шву – довжину, катет і підрахувати напруження, при яких з'явилася холодна тріщина. Напруги руйнування підраховують для таврових зразків по формулі

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

$$M_{згин} = P \cdot \ell,$$

де $M_{згин}$ – згинаючий момент, Н·м;
P – маса навантаження, Н;
$\ell$ – плече, м;
b – довжина шва, м;
K – катет шва, м.

# 5 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен складатися:

- опис проведених досліджень з наведенням зусиль руйнування;
- схематичне зображення руйнування зразків і опис характеру зламу;
- результати досліджень у вигляді графіку $\sigma = f(\Delta)$;
- висновок у вигляді аналізу результатів досліджень.

# 6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

6.1 Причини утворення холодних тріщин.

6.2 Які сталі схильні до утворення холодних тріщин?

6.3 Механізм утворення холодних тріщин.

6.4 У яких зонах зварних з’єднань утворюються холодні тріщини, чому?

6.5 Чому для дослідження опірності зварних з’єднань утворенню холодних тріщин використовують постійне довготривале навантаження?

6.6 Чому дослідження виконується безпосередньо після зварювання?

6.7 Що є показником опірності зварних з’єднань утворенню холодних тріщин?

6.8 Роль водню в утворенні холодних тріщин.

6.9 Зв’язок процесів загартовування з холодними тріщинами.

6.10 Термокінетичні діаграми охолодження сталей, що загартовуються.

6.11 Складові структури, яка утворюється при зварюванні різних сталей.

6.12 Засоби попередження утворенню холодних тріщин при зварюванні та наплавленні.

6.13 Вплив структурних перетворень у КШЗ та шві на утворення холодних тріщин.

6.14 Методи оцінки опірності зварних з’єднань утворенню холодних тріщин.

# 7 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

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

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

7.3 У випадку виявлення неполадок обладнання студент повинен негайно повідомити викладача або завідуючого лабораторією.

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

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

## 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.