

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №2
«Виявлення поверхневих дефектів капілярними методами
контролю»

з дисципліни «Контроль якості зварювання»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка
освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і
«Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій»
усіх форм навчання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №2 «Виявлення поверхневих дефектів капілярними методами контролю» з дисципліни «Контроль якості зварювання» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка освітніх програм «Технології та устаткування зварювання» і «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: О.Є. Капустян, М.Ю. Осіпов. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 14 с.

Укладачі:

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент
Осіпов М.Ю., канд. техн. наук, доцент

Рецензент:

Куликовський Р.А., канд. техн. наук, доцент

Редактор: Аверченко І.П., ст. лаб

Відповідальний за випуск:

Капустян О.Є., канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЗ та МК
Протокол №01 від 13.09.2023 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №06 від 16.01.2024 р.

ЗМІСТ

1 МЕТА РОБОТИ.....	4
2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ.....	8
4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ	9
5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	9
6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ	9
7 ЗМІСТ ЗВІТУ.....	10
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	10
Додаток А Технологічна карта капілярного (кольорового) контролю	11

1 МЕТА РОБОТИ

Опанувати техніку виявлення поверхневих дефектів люмінесцентним і кольоровим методами.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Капілярна дефектоскопія заснована на штучному підвищенні світло- і кольороконтрастності дефектів щодо неушкодженої ділянки за допомогою пенетрантів – речовин, які мають велику проникну здатність. Методи капілярної дефектоскопії дозволяють виявляти неозброєним оком тонкі поверхневі тріщини та інші несуцільності матеріалу, що утворюються при виготовленні та експлуатації деталей машин.

За рахунок капілярних сил пенетранти можуть проникати в місця найменших поверхневих дефектів. Видаливши залишки пенетранту з поверхні виробу, за допомогою спеціальних сорбентів витягують пенетрант з дефектів. Останні виявляють за зміною забарвлення сорбенту чи за його світінням під час опромінювання ультрафіолетовим світлом (УФС).

Капілярні методи застосовують для виявлення поверхневих дефектів на всіх типах матеріалів: аустенітних сталях, кольорових сплавах, пластмас, кераміки, крім матеріалів, які мають пористу структуру. У випадку контролю феромагнітних сплавів перевагу віддають магнітним методам, що дають змогу виявити як поверхневі, так і внутрішні дефекти.

Залежно від способів індикації місць розташування дефектів, капілярний метод контролю поділяють на люмінесцентний, кольоровий та люмінесцентно-кольоровий.

У якості пенетрантів в капілярних методах контролю використовують суміші на основі гасу, які мають велику проникну здатність, додаючи до них люмінофори чи барвники.

Для люмінесцентного методу контролю (ГОСТ 26182–84) використовують пенетрант (85% гасу та 15% трансформаторного масла) або спеціальні люмінісцючі рідини ЛЖ-1, ЛЖ-6А, ЛЖ-20 та

інші. Трансформаторне масло та флюоробарвники, додані до пенетрантів, світяться зелено-золотавим кольором під час опромінювання ультрафіолетом, що дає змогу легко виявити місце дефектів в ультрафіолетовому освітленні.

Для кольорових методів контролю в пенетрант на основі гасу додають фарбу «Судан», яка забарвлює сорбент на поверхні дефектних ділянок виробів у червоний колір.

У якості сорбентів, за допомогою яких пенетрант витягують з місць дефектів, при люмінісцентному контролі застосовують порошок тальку, вуглекислий магній та інші речовини, що мають адсорбційні властивості, а в кольоровому – білий пігментований лак чи каолінову суспензію (300 г – 500 г каоліну на 1 л води або спирту).

У проведенні капілярного контролю можна виділити 6 етапів:

Етап № 1 – попереднє очищення поверхні (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Попереднє очищення поверхні

Щоб барвник міг проникнути в дефекти на поверхні, її попередньо слід очистити водою або органічним очищувачем. Всі забруднюючі речовини (масла, іржа, залишки емульсії чи мастильних речовин і т.п.), будь-які покриття (ЛКП, металізація) повинні бути видалені з контрольованої ділянки. Після цього поверхня висушується. Для того, щоб усередині дефекту не залишалося води або очищувача здійснюють:

- прогрівання контрольованого виробу при температурі $t = (100-120)^{\circ}\text{C}$ протягом $\tau = (1-1,5)$ год з метою видалення вологи з мікротріщин поверхні;

- знежирення поверхні ацетоном в ультразвуковій ванні

протягом $\tau = (3-5)$ хв;

- сушку поверхні в потоці чистого стисненого повітря при $t = (70-80)^\circ \text{C}$, тиску $p = 2 \text{ кгс/см}^2$, протягом $\tau \sim 5 \text{ хв} - 10 \text{ хв}$.

Етап № 2 – нанесення пенетранта (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Нанесення пенетранта

Пенетрант, зазвичай червоного кольору, наноситься на поверхню розпиленням, пензлем або зануренням об'єкта контролю в ультразвукову ванну при $t = (5-50)^\circ \text{C}$, $\tau \sim 7 \text{ хв} - 10 \text{ хв}$ (залежно від складу), для доброго просочення в усі поверхневі дефекти і повного покриття пенетрантом.

Етап № 3 – видалення надлишків пенетранта (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Видалення надлишків пенетранта

Надлишок пенетранта видаляється протиранням серветкою, промиванням струменем гарячої води при $t = (55-65)^\circ \text{C}$, $p \sim 2 \text{ кгс/см}^2$, $\tau \sim 5 \text{ хв}$, або тим же очищувачем, що і на стадії попереднього очищення. При цьому пенетрант повинен бути вилучений тільки з поверхні контролю, але ніяк не з порожнини дефекту. Завдяки капілярним силам зчеплення пенетрант залишається тільки в тріщинах та порах. Промиту поверхню витирають ганчіркою і сушать

струменем підігрітого повітря при $t = (30-40)^{\circ}\text{C}$, $p \sim 2 \text{ кгс/см}^2$, $\tau \sim 10 \text{ с}$ чи рефлектором.

Етап № 4 – нанесення проявника (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Нанесення проявника

На просушену поверхню наносять тонкий шар порошкового сорбенту. Після невеликої витримки його надлишки здувають слабким струменем повітря і оглядають поверхню виробу. Якщо сорбент нанесено у виді лаку чи емульсії (зазвичай білого кольору, для більшого контрасту), то поверхню виробу оглядають після повного її висихання. Сушіння на повітрі при нормальній температурі, $\tau = 5 \text{ хв} - 10 \text{ хв}$.

Етап № 5 – контроль.

Через 10 хвилин після нанесення проявника, проводиться фіксація і вимірювання всіх індикацій, що проявилися на об'єкті контролю.

Етап № 6 – видалення сорбента.

Видалення лакового покриття ацетоном в ультразвуковій ванні, протягом $\tau = (20-30) \text{ с}$. Якщо дефект виявився недостатньо чітко перевірка повторюється через $\tau = 30 \text{ хв}$.

Відповідні дефектоскопічні набори дозволяють проводити контроль при негативних температурах: пенетрант *Sherwin LPT-82*, очищувач *Sherwin N-120*, проявник *Sherwin D-106* при температурі $(-30...+10)^{\circ}\text{C}$, пенетрант *Rot 3000* фірми *HELLING* застосовується при температурі $(-10...+50)^{\circ}\text{C}$.

Для проведення капілярної дефектоскопії застосовують люмінесцентні дефектоскопи ЛД-2, ЛД-4, КД-20, ЛДА3, за допомогою яких деталі оглядають в ультрафіолетовому промінні. Для одержання

останнього використовують ртутні або ртутно-кварцові лампи із світлофільтрами.

Чутливість капілярної дефектоскопії визначається абсолютними розмірами дефектів і обмежується верхньою і нижньою межами їх виявлення. Нижньою межею чутливості є різні тупикові несучільності з шириною розкриття менше 1 мкм, верхнім – не більше 0,4 мм будь-якої довжини. Дефекти з більшою шириною розкриття, а також дефекти з округлим дном, глибина яких не перевищує 70 % – 80 % від її ширини, піддавати капілярної дефектоскопії не можна через інтенсивне вимивання пенетранта з гирла дефектів металу.

При цьому методі контролю деталі, як правило, оглядаються неозброєним оком. При огляді дрібних дефектів, а також у сумнівних випадках рекомендується застосовувати лупу 2–4-кратного збільшення. Як еталон використовуються зразки контрольованих деталей, виготовлені з того ж матеріалу, по тій же технології, з дефектами, близькими за розмірами до нижньої межі чутливості методу. Крім робочих еталонів повинні бути контрольні. Контрольні та робочі еталони мають паспорт з описом і фотографією наявних на них вад матеріалу, виявлених капілярним методом.

При оцінці допустимості дефектів на заготовках необхідно керуватися вимогами, що пред'являються ТУ, ГОСТами або ДСТУ.

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. У чому полягає фізична суть капілярних методів контролю?
2. Різновиди капілярних методів дефектоскопії.
3. Технологія виявлення дефектів капілярними методами.
4. Переваги та галузі раціонального застосування капілярної дефектоскопії.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

1. Ультрафіолетова лампа ЕВТ-01.
2. Люмінесцентний пенетрант (суміш гасу з трансформаторним маслом).
3. Забарвлений пенетрант (гас із фарбою «Судан»).
4. Тальк.
5. Набір дефектних зварних швів.
6. Щіточка
7. Ганчірка.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

При роботі з дефектоскопами дотримуватись загальних правил електробезпеки і правил безпечної експлуатації електроустановок.

При нанесенні пенетрантів не допускати їх попадання на відкриті ділянки тіла і одяг.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Очистити від бруду поверхню контрольованих зварних швів.
2. На один зразок нанести пенетрант з люмінофором, на інший – забарвлений пенетрант.
3. Після 5-хвилинної витримки помити поверхню зразків і витерти ганчіркою.
4. Просушивши поверхню зразків посипати тальком.
5. За кілька хвилин здути надлишок тальку з поверхні зразків, й оглянути поверхню швів в ультрафіолетовому опромінюванні і денному освітленні, позначити місця розташування дефектів.

Зарисувати види та місця розташування дефектів.

6. Скласти звіт про роботу.

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

Викласти мету роботи, порядок проведення капілярного контролю, зазначити вид зразків з виявленими дефектами, порівняти чутливості люмінесцентного та кольорового методів контролю, висловити міркування про доцільні терени їх застосування, зробити висновки по роботі.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Контроль якості зварювання: навчальний посібник. Т. 1. Неруйнівні методи контролю / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. – Кам'янське: ДДТУ, 2018. – 241 с.

2. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: Підручник. – К.: «Азимут-Україна», 2004. – 496 с.

Додаток А

Технологічна карта капілярного (кольорового) контролю

1.Об'єкт контролю –		
1.1 Підприємство виготівник		
1.2. Назва деталі		
1.3. № креслення деталі		
1.4. Контрольований елемент		
1.6. Тип зварювального з'єднання		
1.7. Позначення		
1.8. Спосіб зварювання		
1.9. Основний метал		
1.10. Марка зварювального матеріалу		
2.Документація, за якою проводиться контроль		
2.1. Методика контролю		
2.2. НТД на оцінку якості		
3. Вимоги до технології контролю та оцінки якості		
3.1. Об'єм контролю, %		
3.2. Категорія зварювального з'єднання		
4. Тип і розміри контрольованого елемента		
4.1. Тип контрольованого елемента		
4.2.2. Ширина валика посилення, мм:		
4.2.3. Валик посилення		
4.2.4. Ширина колошовної зони	8	
4.2.5 Ширина контрольованої зони, h		
5.Засоби контролю		
5.1. Індикаторний пенетрант	NORD-TEST U88 фірми Helling (аерозоль)	
5.2. Очисник пенетранта	NORD-TEST U87 фірми Helling (аерозоль)	
5.3. Проявник пенетранта	NORD-TEST U89 фірми Helling (аерозоль)	
5.4. Контрольований зразок		
5.5. Набір зразків шорсткості поверхонь		

5.6. Таймер (годинник)	
5.7. Люксметр	
5.8. Лупа вимірювальна	
5.9. Лінійка вимірювальна	
5.10. Обтиральний матеріал	
5.11. Маркер	
5.12. Кисть малярна, губка	
6. Підготовка до контролю	
6.1. Перевірити якість дефектоскопічних матеріалів.	на контрольному зразку
6.2. Перевірити якість підготовки поверхні деталі до контролю	- відсутність на контрольованій поверхні окалини, іржі, бруду, фарби, вологи і жирів і/або інших забруднень перевірити візуально; - провести вибірковий контроль окремої ділянки. Якщо утворюється забарвлений фон - потрібна механічна зачистка контрольованої ділянки до шорсткості не гірше $Rz \leq 20 \mu\text{м}$.
6.3. Розмітити контрольований зварний шов на ділянки	
7. Умови та порядок проведення контролю	
7.1. Місце проведення контролю	
7.3. Відносна вологість, %	
7.4. Діапазон робочих температур, °C	
7.5 Освітленість контрольованої поверхні не менше, лк	
7.6 Послідовність технологічних операцій	
7.6.1. Знежирити контрольовану поверхню	
7.6.2. Осушити контрольовану поверхню.	Допускається не проводити осушення, якщо контроль проводиться відразу після зварювання і виключена можливість конденсації атмосферної вологи на контрольоване зварне з'єднання.
7.6.3. Не	пенетрант наносити на контрольоване

більше, ніж через 30 хв після закінчення п.7.6.2 нанести індикаторний пенетрант.		зварне з'єднання кистю або губкою. Пенетрант витримувати не менше 5 хв, не допускаючи його висихання, після чого видалити.
7.6.4. Видалити індикаторний пенетрант.	Очисник U87, безворса тканина, х/б серветка	пенетрант видалити безворсою тканиною змоченої очисником до повної відсутності забарвленості поверхні. Повноту видалення пенетранта визначати візуально. Надлишок очисника видалити вологою х/б серветкою. На серветці не повинно бути слідів пенетранта. При видаленні пенетранта очисником час контакту очисника з контрольованою поверхнею має бути мінімальним, щоб виключити вимивання пенетранта з несуцільностей.
7.6.5. Нанести на контрольовану поверхню шар проявника і осушити.	Проявник U 89	аерозольний балон з проявником перед вживанням струшувати протягом 1 хв. Переконавшись в хорошій якості распилювання, натиснувши на розпорошувальну голівку і направивши струмінь убік від контрольованої поверхні. Нанести на контрольовану поверхню тонкий шар проявника з відстані 250-300 мм. Товщина шару проявника повинна відповідати товщині шару проявника при випробуванні дефектоскопічного комплексу на контрольному зразку. Сушку робити за рахунок природного випару.
8. Вимір характеристик несуцільностей		
8.1. Огляд контрольованої	Візуально	оглянути контрольовану поверхню на наявність індикацій несуцільностей після висихання проявника двічі: через 5 хв і

поверхні		через 20 хв. При першому огляді виявляються індикації, відповідні несучільностям з великим розкриттям і глибиною; при другому огляді виявляються індикації несучільностей з малим розкриттям.
8.2. Вимір параметрів виявлених несучільностей	Лупа вимірювальна ЛИ 2-8, лінійка вимірювальна	вимір параметрів виявлених несучільностей робити за допомогою вимірювальної лупи за найбільшим розміром індикацій несучільностей або їх фактичним розміром.

9. Оцінка якості

9.1. Оцінку якості зварного з'єднання проводити по індикаторних слідах, а у разі виявлення несучільності, що не відповідає вимогам п. 9.3 - по її фактичних розмірах після видалення проявника.

9.2. При контролі по індикаторних слідах якість зварного з'єднання вважається задовільною, якщо індикаторні сліди є округлими (лінійні відсутні) і поодинокими.

9.3 Норм допустимості поодиноких поверхневих включень зварних з'єднань по індикаторних слідах робити по номінальній товщині зварних деталей 3,6 мм

Номінальна товщина, мм	Допустимий найбільший розмір, мм	Максимально допустиме число включень на будь-які 100 мм протяжності зварного з'єднання, шт
------------------------	----------------------------------	--

9.4. Несучільності, що не відповідають вимогам по індикаторних слідах, слід оцінювати по їх фактичних розмірах. Результати оцінки по фактичних розмірах є остаточними. Норми допустимості по фактичних розмірах

Номінальна товщина, мм	Допустимий найбільший розмір, мм	Максимально допустиме число включень на будь-які 100 мм протяжності зварного з'єднання, шт
3,6	0,4	3

9.5. Результати оцінки якості за п.п. 9.1÷9.4 контрольованого елементу занести в робочий журнал. При виявленні несучільностей, які повинні враховуватися, скласти дефектограму контрольованого елементу.