

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА  
ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
для студентів за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання"**

Затверджено на засіданні  
кафедри технологій зварювання та  
будівництва,  
протокол №9 від .01. 04. 2013 р.

**ЧЕРНІГІВ ЧДТУ 2013**

Контроль якості та технічна діагностика зварних конструкцій. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 6.050504 "Зварювання" /Укл. Болотов Г.П., Болотов М.Г., Ганєєв Т.Р. – Чернігів: ЧДТУ, 2013. –32с.

Укладачі: Болотов Геннадій Павлович, доктор технічних наук, професор  
Болотов Максим Геннадійович, кандидат технічних наук, доцент  
Ганєєв Тімур Рашитович, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: Харченко Геннадій Костянтинович, доктор  
технічних наук, професор, завідувач кафедри  
технологій зварювання та будівництва

Рецензент: Новомлинець Олег Олександрович, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри технологій зварювання та будівництва  
Чернігівського державного технологічного університету

## Зміст

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота №1. Контроль якості зварних швів зовнішнім оглядом.....	5
2 Лабораторна робота №2. Іспит щільності зварних з'єднань.....	9
3 Лабораторна робота №3. Пневматичні та гідравлічні випробування зварних з'єднань .....	13
4 Лабораторна робота №4. Іспити зварних з'єднань методом капілярної дефектоскопії.....	18
5 Лабораторна робота №5. Ознайомлення з рентгенівською апаратурою і розшифровка дефектів по рентгенограмах.....	22
6 Лабораторна робота №6. Виявлення дефектів зварних з'єднань ультразвуковим дефектоскопом.....	27
Рекомендована література.....	30

## Вступ

Забезпечення високої якості зварювальних робіт – одна з найбільш важливих науково-технічних та виробничих проблем в галузі зварювання, значення якої зростає по мірі ускладнення конструкцій зварних виробів, застосування нових конструкційних матеріалів. Відповідальна роль у вирішенні цієї проблеми належить розробці та широкому застосуванню сучасних методів та засобів неруйнівного контролю, ефективність яких визначається, в першу чергу, їх достовірністю та продуктивністю.

Мета вивчення курсу «Контроль якості зварювання та технічна діагностика зварних конструкцій» - надати майбутнім фахівцям відповідні теоретичні знання та практичні навички в галузі дефектоскопії зварних з'єднань та конструкцій.

За результатами вивчення дисципліни студенти повинні знати основні способи контролю якості зварних конструкцій, принципи побудови та роботи дефектоскопічного устаткування; вміти визначити методи та методики діагностування зварної продукції, обирати обладнання та матеріали для проведення діагностування.

# 1 Лабораторна робота №1

## КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ ЗОВНІШНІМ ОГЛЯДОМ

**Мета роботи:** Одержати навички визначення якості зварювання зовнішнім оглядом

### 1.1 Обладнання та матеріали

1. Лупа
2. Лінійка
3. Універсальний шаблон
4. Зразки зварних з'єднань з дефектами

### 1.2 Інформація для самостійної підготовки

Зовнішній огляд і виміри зварних швів є першими контрольними операціями по прийманню готового зварного виробу чи вузла. Цьому способу контролю підлягають заготовлі деталей, на етапі збирання їх під зварювання і готові вузли після зварювання. Цим способом виявляють наступні групи дефектів:

- а) дефекти підготовки і зборки деталей під зварювання - неправильний кут скосу кромки, непостійний зазор, розбіжність кромки, що стикуються;
- б) дефекти форми швів - непостійні розміри (ширина і висота посилення), місцеві бугри та сідловини, хвилястість;
- в) зовнішні і внутрішні макродефекти - подрізи, напливи, пропали, газові пори, неметалеві включення та ін.

Дефекти зварювання призводять до зниження площі перетину шва, або до появи концентраторів напруги, тим самим зменшують міцність зварних з'єднань і приводять до руйнування зварних виробів.

Зовнішні дефекти небезпечні, оскільки вони зменшують працездатність швів, але їх порівняно легко знайти.


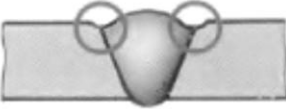

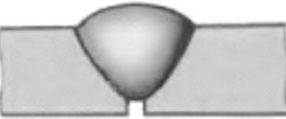

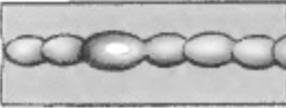


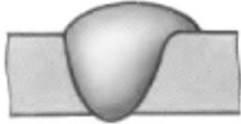


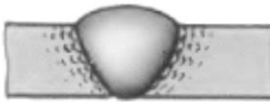
Зовнішнім оглядом неозброєним оком чи за допомогою лупи виявляються, насамперед, дефекти швів у вигляді тріщин, подрізів, пор, свищів, пропалів, напливів і непроварів наприкінці шва.

Усі перераховані дефекти неприпустимі і підлягають вирубці і повторному зварюванню. Неприпустимість перерахованих дефектів установлюється технічними умовами на виготовлення зварних виробів. При огляді виявляються також дефекти форми швів і характер розподілу металу в посиленні шва. Добре виконаний шов має плавний перехід до основного металу, без напливів і подрізів, рівномірну ширину і висоту по довжині шва.

Зовнішній огляд дозволяє встановити не тільки зовнішні дефекти, але і деякі внутрішні. Внутрішні - приховані дефекти швів становлять найбільшу небезпеку. Так, наприклад, нерівномірність складок (лусочок), різна ширина і висота шва вказують на часті обриви дуги і зміну її потужності, що зазвичай призводить до появи непроварів і нещільності шва.

Основні види дефектів зварних швів та причини їх появи представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Дефекти зварних швів

Дефекти зварних швів			
Найменування	Причина	Найменування	Причина
<p>Кратери</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обрив дуги;</li> <li>- не правильне виконання кінцевої ділянки шву</li> </ul>	<p>Підрізи</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- велика довжина дуги;</li> <li>- великий зварювальний струм;</li> </ul>
<p>Пори</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- швидке охолодження шва;</li> <li>- забруднення кромки;</li> <li>- висока швидкість зварювання;</li> <li>- вологі електроди та флюс</li> </ul>	<p>Непровар</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- малий кут скосу кромки;</li> <li>- малий зазор між кромками;</li> <li>- забруднення кромки;</li> <li>- замалий струм;</li> <li>- велика швидкість зварювання</li> </ul>
<p>Шлакові включення</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- забруднення кромки;</li> <li>- малий зварювальний струм;</li> <li>- велика швидкість зварювання</li> </ul>	<p>Прожег</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- великий струм при малій швидкості зварювання;</li> <li>- великий зазор між кромками;</li> </ul>
<p>Несплавлення</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- забруднення кромки;</li> <li>- велика довжина дуги;</li> <li>- малий зварювальний струм;</li> <li>- велика швидкість зварювання</li> </ul>	<p>Нерівномірна форма шва</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не стабільний режим зварювання;</li> <li>- не точний напрямку руху електроду;</li> </ul>
<p>Наплив</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- завеликий зварювальний струм;</li> <li>- велика довжина дуги;</li> <li>- неправильний нахил електроду</li> </ul>	<p>Тріщини</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- високі напруження в жорстко закріпленій конструкції;</li> <li>- високий вміст сірки та фосфору;</li> </ul>
<p>Свищ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька пластичність металу;</li> <li>- поява закалочних структур;</li> <li>- напруження від нерівномірного нагріву</li> </ul>	<p>Перегрів металу</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- невірний вибір теплової потужності;</li> <li>- завищені значення погонної енергії дуги;</li> </ul>

*Технологія візуального контролю.* Перед зовнішнім оглядом зварені шви і прилягаючий до шва основний метал на ширині до 20 мм із кожної сторони очищається від шлаку, окалини й інших забруднень. По зовнішньому вигляді шва можна установити причину появи тих чи інших дефектів.

Так, при малому струмі шов виходить занадто високий, із закругленими краями і неглибоким проваром. Завищений струм веде до нерівностей країв шва і появи підрізів. При зварюванні довгою дугою відбувається інтенсивне розбризкування металу і шов неоднаковий по ширині. Нерівномірні чешуйчатість (лускатість), ширина і висота шва вказують на порушення режиму зварювання і чисельні обриви дуги. У цих випадках можливі непровари і пори.

Особливо ретельно оглядають не заварені кратери, тому що в них найбільш часто утворюються тріщини і газові пори. При виявленні тріщин їх границі виявляють шліфуванням дефектного міста наждаковим папером і травленням 20% розчином азотної кислоти, а в окремих випадках засвердлюванням чи підрублюванням зубилом. Дрібні тріщини виявляють при нагріванні звареного з'єднання до вишнево-червоного кольору, коли вони яскраво виділяються на світлому тлі нагрітого металу.

Виявлені тріщини обробляють до основного металу, після чого їх заварюють і проводять повторний контроль шва.

Результати зовнішнього огляду дозволяють приблизно судити про місця розташування внутрішніх дефектів і їхній характер.

Так, наприклад, підріз на одній зі сторін шва і наплив на іншій указують на можливий непровар по його кромці; непостійна ширина шва часто є наслідком нерівномірної ширини зазору між кромками, що зварюються.

Якість зварного з'єднання значною мірою характеризується розмірами зварних швів. Недостатній перетин шва зменшує його міцність, завищений - збільшує внутрішні напруження і деформації в ньому.

Для перевірки розмірів перетину в стикових швах заміряють їхню ширину, висоту посилення і розмір зворотної подварки; у кутових швах, з'єднаннях в напустку і в тавр - катет шва. Значення цих величин, а також відхилення, що допускаються, установлюються технічними умовами чи стандартами.

### **1.3 Порядок виконання роботи**

1.3.1 Очистити поверхню зварного шва.

1.3.2 Ретельно оглянути шов і визначити спосіб зварювання.

1.3.3 Визначити усі наявні поверхневі дефекти, розглянути їх через лупу, замірити їх величину.

1.3.4 Замалювати зовнішній вигляд шва, указати його довжину, відзначити на

ньому виявленні дефекти.

1.3.5 Результати контролю занести в таблицю.

Таблиця 1.2 — Результати контролю

№	Вид зварювання	Вид дефекту	Причина появи дефекту	Спосіб усунення дефекту
---	----------------	-------------	-----------------------	-------------------------

#### 1.4 Контрольні питання

1.4.1 Призначення візуального контролю.

1.4.2 Дефекти, що виявляються зовнішнім оглядом.

1.4.3 Прогнозування якості з'єднання за результатами зовнішнього огляду.



## 2 Лабораторна робота №2 ІСПИТ ЩІЛЬНОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

**Мета роботи:** Ознайомлення з методикою й освоєння техніки іспиту зварних з'єднань за допомогою гасу та вакуумуванням

### 2.1 Обладнання та матеріали

1. Гас
2. Металева щітка
3. Мелена крейда
4. Зварені зразки
5. Електрична плитка чи рефлектор
6. Вакуум-камера
7. Вакуумний насос
8. Вакуумметр
9. Мило
10. Гліцерин
11. Пензлики

### 2.2 Інформація для самостійної підготовки

Випробуванням на щільність піддають ємності для пального, масла, води, трубопроводи, парові котли та ін. Існують декілька методів контролю щільності зварних швів серед яких є випробування гасом та вакуумуванням.

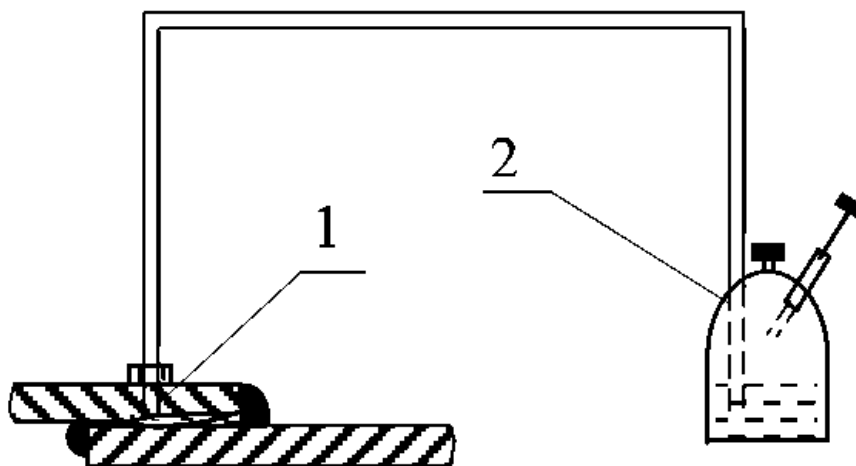
*Випробування гасом.* При цьому способі контролю щільності зварених з'єднань використовується властивість гасу, що володіє високим поверхневим натягом, проникати крізь дрібні неї щільності в зварених швах.

Для кращого виявлення дефектних місць зварені шви, попередньо очищені від бруду й іржі, покриваються водяним розчином крейди або каоліну з тієї сторони, що більш доступна для огляду виявлення дефектів. Після висихання крейдового розчину зворотна сторона шва змочується гасом і проводиться витримка протягом 15...30 хв. і більше у залежності від товщини металу. Змочування гасом здійснюється шляхом обприскування поверхні шва струменем гасу, подаваного під тиском з фарбопульта, бачка гасорізу чи паяльної лампи.

Нанесення гасу може також вироблятися за допомогою пензликів чи шляхом накладання на шов ганчірок, змочених гасом. Нанесення гасу в процесі іспиту виконується 2-3 рази. Нещільності швів виявляються по появі жирних іржавих крапок чи смужок гасу на крейдовому чи каоліновому фарбуванні, що з часом розпливаються в плями. Поява окремих крапок указує на наявність пор і свищів, а поява смужок говорить про наявність наскрізних тріщин.

Для більш точного визначення розмірів і місця розташування дефектних ділянок швів, огляд останніх здійснюють відразу ж після обмазки їх гасом. При цьому необхідно ретельно стежити за появою перших крапок чи смужок і вчасно відзначати дефектні ділянки.

Напусткове з'єднання випробують гасом шляхом нагнітання його під тиском через спеціально просвердлений отвір (рисунок 2.1). У цьому випадку залишки гасу внаслідок труднощів його видалення можуть викликати корозію. У тих випадках, де це неприпустимо за умовами роботи конструкції, залишки гасу повинні випалюватися паяльною лампою чи пальником.



1 - контрольований виріб; 2 – бак з гасом.

Рисунок 2.1 — Схема контролю гасом напусткових з'єднань

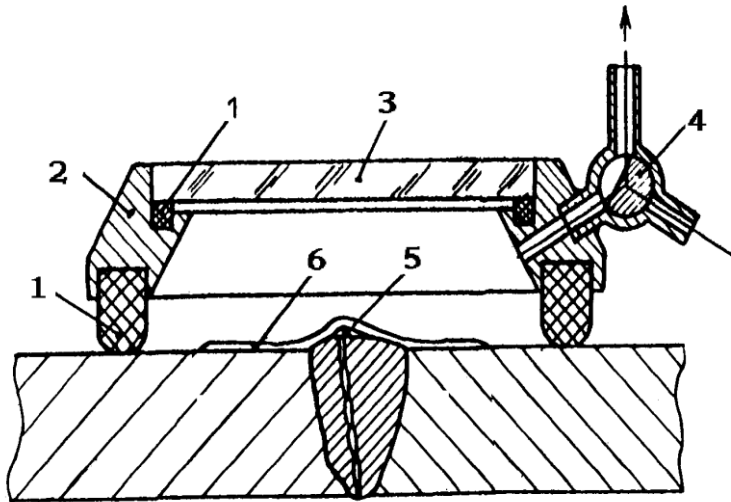
Необхідно відзначити, що проникність гасу через капілярні отвори і пори в основному залежить від поверхневого натягу гасу і його в'язкості. При підвищенні температури в'язкість гасу зменшується і швидкість проникнення його через нещільність шва збільшується. У зв'язку з цим для скорочення часу контролю дозволяється змазувати гасом зварені шви, попередньо нагріті до температури 333-340 К (60-70°C).

*Випробування вакуумуванням.* Вакуумний метод контролю щільності зварних швів заснований на створенні в спеціальній вакуумній камері вакууму з одного боку ділянки шва і в реєстрації проникнення повітря через нещільності, наявні в контрольованому шві.

Вакуумна камера являє собою коробку з відкритим дном, по контуру якого зроблено гумове ущільнення. Для спостереження за зварним з'єднанням при випробуванні камера закрита зверху органічним склом.

Схема установки для вакуумного контролю приведена на рисунку 2.2.

В установку входить вакуум-насос, вакуум-ресивер, комплект вакуум-камер, вакуумметри, триходовий кран і пневматичні шланги. Найчастіше застосовуються вакуум-насоси типу КВН-4, КВН-8 або РВН-20, що приводяться в рух електродвигуном змінного струму або двигуном зварювального агрегату, з яким з'єднується вакуум-насос. Контролю вакуум-методом можуть піддаватися стикові, кутові і напусткові зварні шви.



1 - гумові ущільнення; 2 - корпус камери; 3 – вікно з плексигласу; 4 - вакуумний кран; 5 - тіч в зварному з'єднанні; 6 –індикатор

Рисунок 2.2 —Схема вакуум-камери для контролю щільності зварних швів

Залежно від типу з'єднання застосовуються плоскі або кутові вакуум-камери. Корпус вакуум-камери можна виготовити з металу або органічного скла. У нижній частині камери зміцнюється прокладка з губчастої гуми. Такі прокладки виготовляють в прес-формах або склеюють з декількох шарів листової губчастої гуми. Кріплення прокладки до корпусу камери проводиться щільною вставкою в паз або приклеюванням.

Для визначення нещільності шва служать рідкі пінні індикатори. Найбільше застосування знайшли наступні склади:

Склад А:

Вода.....1 дм<sup>3</sup>(1л)

Мило.....50 г

Склад Б:

Вода.....1 дм<sup>3</sup>(1л)

Мило.....50 г

Гліцерин.....5 г

Склад В:

Вода.....1 дм<sup>3</sup>(1л)

Екстракт

лакричного кореня..15 г.

*Технологія контролю.* Контроль якості з'єднання здійснюється в наступному порядку. Одна сторона контрольованої ділянки шва очищається від шлаку і бруду і рясно змочується розчином пінного індикатора (зазвичай мильним розчином). На це місце встановлюється вакуум-камера, з якої відкачується повітря до розрідження порядку 80 кн/м<sup>2</sup> (600 мм рт. ст.), контрольованого за допомогою вакуумметра. Одночасно з цим через скло вакуум-камери оглядається зварний шов.

При наявності пір, свищів, непроварів, тріщин та інших наскрізних дефектів на поверхні шва утворюються мильні бульбашки, по яких і визначаються нещільності шва. Дефектні місця відзначаються крейдою або

кольоровим олівцем поруч з камерою, а після зняття її переносяться на зварний шов. За допомогою вакуумного методу контролю можна контролювати зварні з'єднання конструкцій, що мають форму незамкненого обсягу, а також конструкції при односторонньому доступі до них. Продуктивність цього методу досить велика і досягає 40-60 м шва на годину.

## **2.3 Порядок виконання роботи**

### **2.3.1 Випробування гасом:**

- 2.3.1.1 Розлучити мелену крейду у воді до густої побілки.
- 2.3.1.2 Процідити розчин через марлю чи дрібне сито.
- 2.3.1.3 Зачистити поверхню шва до мбеталоевого блиску.
- 2.3.1.4 За допомогою пензлика нанести крейдовий розчин на лицьову сторону шва.
- 2.3.1.5 Просушити шов електричною плиткою або рефлектором.
- 2.3.1.6 За допомогою пензлика змочити гасом зворотну сторону шва.
- 2.3.1.7 Витримати 15-30 хв., і ретельно стежити за появою перших крапок чи смужок на крейдовому шарі.
- 2.3.1.8 Замалювати шов і відзначити на ньому місця розташування дефектів.

### **2.3.2 Випробування вакуумуванням:**

- 2.3.2.1 Приготувати пінний індикатор ретельно перемішавши мило з водою до повного його розтавання.
- 2.3.2.2 Очистити металевою щіткою поверхню зварного шва від шлаку, мастила та бруду.
- 2.3.2.3 За допомогою пензликів нанести пінний індикатор на поверхню шва.
- 2.3.2.4 Встановити вакуум-камеру на поверхню шва, що підлягає контролю.
- 2.3.2.5 Включити вакуум-насос.
- 2.3.2.6 Ретельно стежити за швом на предмет бульбашок.
- 2.3.2.7 Місця появи мильних бульбашок відмічати крейдою.
- 2.3.2.8 Замалювати шов і відзначити на ньому місця розташування дефектів.

## **2.4 Контрольні питання**

- 2.4.1 На якому фізичному явищі заснований метод контролю щільності гасом.
- 2.4.2 Методика іспитів гасом стикових та напусткових з'єднань
- 2.4.3 Методи скорочення часу контролю щільності гасом
- 2.4.4 Сутність способу контролю вакуумуванням
- 2.4.5 Склад пінних індикаторів
- 2.4.6 Порядок роботи по випробуванню зварних швів вакуумуванням
- 2.4.7 Що вказує на наявність дефектів зварних швах?

### 3 Лабораторна робота №3

## ПНЕВМАТИЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

**Мета роботи:** Ознайомлення з методикою й освоєння техніки пневматичних та гідравлічних методів іспиту зварних з'єднань

### 3.1 Обладнання та матеріали

1. Компресор
2. Зварні судини
3. Крейда
4. Гумові шланги
5. Ванна з водою
6. Гідравлічний прес
7. Манометри

### 3.2 Інформація для самостійної підготовки

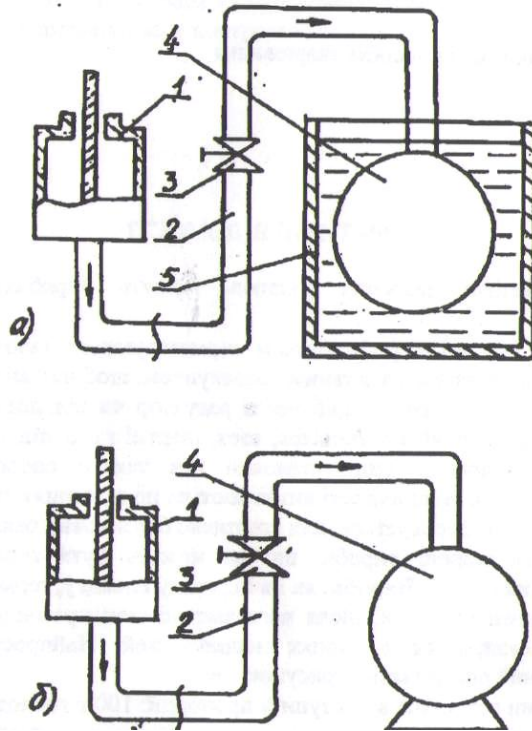
*Пневматичні випробування.* Пневматичні іспити зварених з'єднань можуть здійснюватись різними способами.

Малогабаритні зварні вироби повністю герметизуються газонепроникними заглушками і занурюються у воду з таким розрахунком, щоб над виробом був шар води в 20-40 мм. Після цього у виріб через редуктор чи від повітряної мережі подається з балона стиснутий газ (повітря, азот, інертні гази) під тиском на 25% більше робочого. Загальний вид установки для такого способу контролю показаний на рисунку 3.1 а. Нещільності визначаються по пухирцях газу у воді. Цей спосіб іспиту широко застосовується для контролю бензинових баків автомобілів.

Великогабаритні зварні вироби, що не можуть бути поміщені у воду випробуються в такий спосіб. Вироби, як і в першому випадку, герметизуються й у них створюється іспитовий тиск, після чого зварені шви промашуються пінним індикатором, що пузириться в місцях нещільностей. Найпростішим пінним індикатором є водяний розчин мила, (рисунок 3.1 б).

Мильний розчин готується в наступній пропорції: 100 г господарського мила на 11 дм<sup>3</sup> (1л) води. Перемішування складу проводиться до повного розчинення мила. Проникність швів у місцях дефектів установлюється по появі мильних пухирців на змащеній розчином поверхні шва.

Іноді з метою підвищення чутливості пневматичних іспитів усередину судини нагнітається повітря в суміші з аміаком у кількості 1% від обсягу повітря в судині. Перед цим іспитом шви покриваються паперовою стрічкою (чи звичайним медичним бинтом), просоченою 5%-м водяним розчином азотокислої ртуті чи розчином фенолфталеїна. Після 3...5 хвилинної витримки під тиском стрічка знімається зі шва й оглядається. Нещільності шва і місця дефектів установлюються по чорних чи фіолетових плямах на



1 – компресор; 2- трубопроводи; 3 – вентиль; 4 – контрольований виріб; 5 – ємність з водою

Рисунок 3.1 — Схема пневматичних іспитів на непроникність зварних посудин малої (а) та великої (б) ємності

стрічці, отриманих у результаті хімічної взаємодії аміаку з азотнокислою ртуттю чи фенолфталеїном (рисунок 3.2).

Можна замість папера на поверхню шва наносити (поливом чи пульверизацією) суспензію, що має склад: фенолфталеїн (порошок) 4 частини по вазі, спирт (ректифікат чи сирець) 40 частин по вазі, вода до 100 частин по вазі. У місцях дефектів суспензія на папері здобуває червоно-фіолетовий колір.

*Гідравлічні іспити.* Гідравлічні іспити зварних з'єднань можна виконувати двома способами:

1. Наливом водою.
2. Гідравлічним тиском.

При випробуванні *наливом водою* ємність частково або повністю заповнюється водою. До випробування зварні шви з зовнішнього боку ретельно обтираються дрантям або обдуваються повітрям до отримання сухої поверхні. З моменту початку заповнення виробу водою починають спостерігати за зварними швами. Дефектні ділянки виявляються по наявності пропусків води і негайно відзначаються крейдою. Цим способом випробовуються вертикальні резервуари, газгольдери та інші ємності.

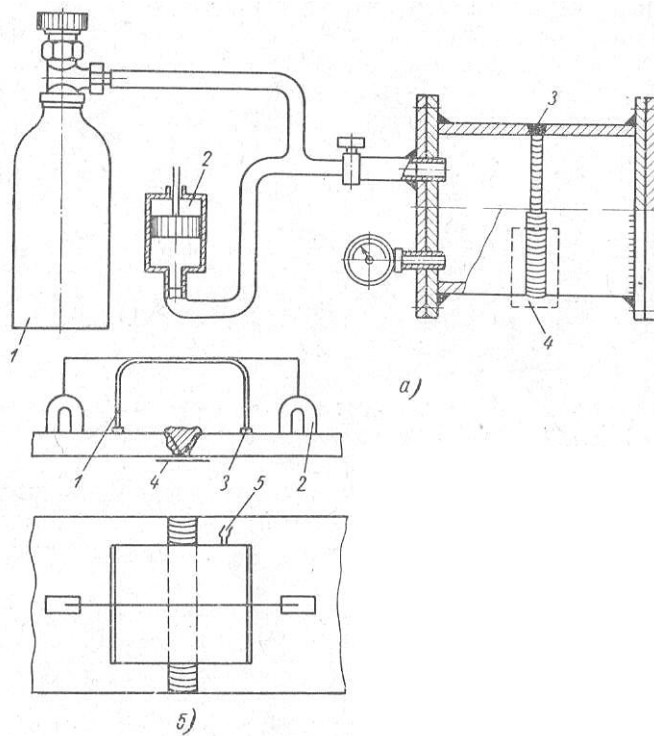
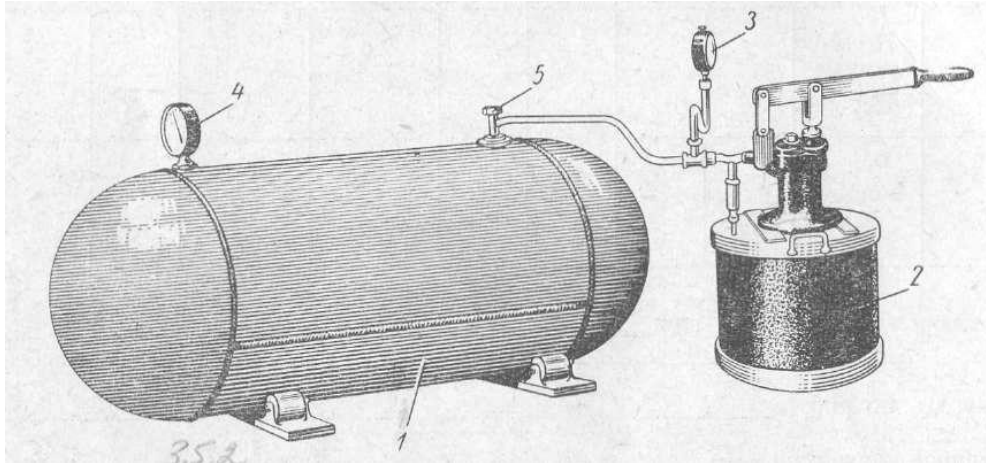


Рисунок 3.2 — Схема визначення щільності зварних швів аміаком в герметичних судинах (а): 1 – балон з аміаком; 2 – повітряний насос; 3 – зварний шов; 4 – папір; в відкритих судинах (б): 1 – металева коробка; 2 – магніт; 3 – гумова прокладка; 4 – папір; 5 – подача аміаку

При випробуванні гідравлічним тиском зварний виріб герметизується водонепроникними заглушками. Зварні шви з зовнішнього боку також обтираються дрантям або обдуваються повітрям. Після повного заповнення виробу водою за допомогою насоса або гідравлічного преса створюється надлишковий над атмосферним тиск. Величина цього контрольного тиску встановлюється відповідними стандартами, інструкціями або технічними умовами і зазвичай в 1,5-2 рази більше робочого. Для визначення її застосовуються перевірені і опломбовані манометри.

Загальний вигляд установки для випробування гідравлічним тиском показан на рисунку 3.3.

Після витримки посудини під тиском протягом 30-60 хв. останнім зменшується до робочого, а біляшовна зона обстукується легкими ударами молотка вагою 1 -1,5 кг на відстані 15-20 мм від краю шва. Бойок молотка повинен бути круглим, щоб не пошкодити основний метал виробу.



*1 – посуд що випробують; 2 – гідравлічний прес; 3 – манометр; 4 – контрольний манометр; 5 – заглушка, що контролює заповнення судини*  
**Рисунок 3.3 — Загальний вигляд установки для гідравлічних іспитів**

Проникність зварних швів і місця наскрізних дефектів встановлюються по появі течі, по просочуванню води у вигляді крапель, по запітнінні на поверхні шва або поблизу нього. Слід мати на увазі, що якщо температура води в посудині нижче температури повітря в приміщенні, можливо безперервне запотівання всій поверхні металу випробуваного виробу. Нехтування цим фактором може призвести до помилкових висновків.

Зниження встановленого тиску завжди вказує на наявність дефектів.

Випробування гідравлічним тиском на відміну від випробування наливанням застосовується при перевірці міцності і щільності різних котлів, посудин, водопроводів, газопроводів та інших зварних конструкцій, що працюють під надлишковим тиском.

### **3.3 Порядок виконання роботи**

#### **3.3.1 Пневматичні іспити**

Метод занурення:

1. Зварену судину занурити в ємність з водою. Включит компресор на 20 сек.
2. По пухирцях повітря, що утворюються, установити місця дефектів.
3. Зняти тиск. Відзначити дефектні місця крейдою.

Метод обмилювання:

1. Обмилити зварені шви судини.
2. Установити тиск у випробуваній судині.
3. По пухирцях повітря, що утворюються, визначити місця дефектів.



### 3.3.2 Гідравлічні іспити

Іспити наливом води:

1. Зачистити металевою щіткою зварні шви ємності і протерти їх насухо ганчіркою.
2. Заповнити ємність водою.
3. Оглянути зварні шви, визначити наявність дефектів і відзначити їх крейдою.

Іспити гідравлічним тиском:

1. Зачистити металевою щіткою зварні шви судини і протерти їх насухо ганчіркою .
2. Заповнити посудину водою.
3. За допомогою преса створити тиск в посудині  $0,3-0,4 \text{ Мн/м}^2$  (3-4 ат).
4. Оглянути зварні шви.
5. Знизити тиск до  $0,15-0,2 \text{ Мн/м}^2$  (1,5-2 ат).
6. Провести обстукування молотком біляшовної зони.
7. Повторно оглянути зварні шви і відзначити крейдою виявлені дефекти.
8. Зняти тиск, вилити воду і розібрати установку.

### 3.4 Контрольні питання

- 3.4.1 Сутність пневматичних іспитів зварених з'єднань.
- 3.4.2 Як здійснюється пневматичний іспит малогабаритних виробів.
- 3.4.3 Як здійснюється пневматичний іспит великогабаритних виробів.
- 3.4.4 Сутність іспиту зварених швів аміаком.
- 3.4.5 Що вказує на наявність дефектів у зварних швах при іспиті сієненим повітрям і аміаком.
- 3.4.6 Назвіть області раціонального застосування пневматичних методів контролю.
- 3.4.7 Сутність гідравлічних іспитів зварних з'єднань.
- 3.4.8 Способи гідравлічних іспитів.
- 3.4.9 Яка повинна бути величина контрольного тиску.
- 3.4.10 Що вказує на наявність дефектів в зварних швах.
- 3.4.11 Назвіть області раціонального застосування гідравлічних методів контролю.

## 4 Лабораторна робота №4

### ІСПИТИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ МЕТОДОМ КАПІЛЯРНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

**Мета роботи:** Ознайомлення з технікою виявлення поверхневих пір і тріщин за допомогою люмінесцентного і кольорового методу контролю

#### 4.1 Обладнання та матеріали

1. Зварені зразки
2. Набір розчинів
3. Кисті
4. Ганчірки

#### 4.2 Інформація для самостійної підготовки

Капілярний метод неруйнівного контролю заснований на капілярному проникненні всередину дефекту індикаторної рідини і призначений для виявлення дефектів, що мають вихід на поверхню об'єкта контролю. Даний метод придатний для виявлення нещільностей з поперечними розміром 0,1 - 500 мкм, в тому числі наскрізних, на поверхні чорних і кольорових металів, сплавів, кераміки, скла і т.п. Широко застосовується для контролю цілісності зварного шва.

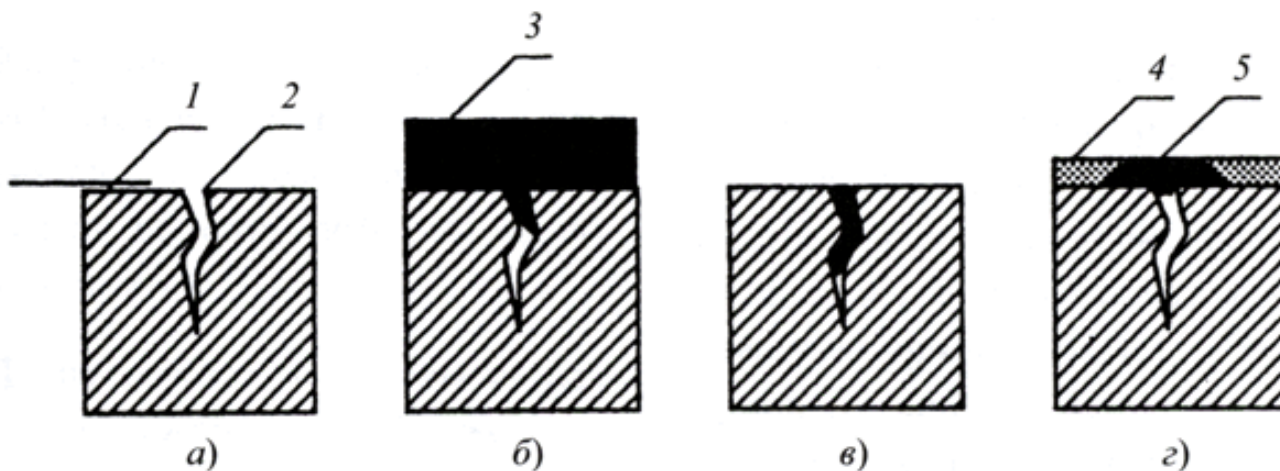
В даний час дефектоскопія на капілярних явищах одержала два основних напрямки: люмінесцентне і кольорове.

*Люмінесцентна дефектоскопія.* Люмінесцентна дефектоскопія дозволяє виявляти за допомогою флуоресціюючих розчинів невидимі неозброєним оком поверхневі дефекти на деталях, зварених з кольорових металів і сплавів, пластмас, сталей аустенітного класу, твердих сплавів і інших немагнітних матеріалів, для яких магнітна дефектоскопія неможлива. При цьому можна точно визначити місце розташування і довжину дефектів. Основана люмінесцентна дефектоскопія на властивості ряду хімічних сполук флуоресцювати (світитися) під дією ультрафіолетових променів.

Сутність методу полягає в тому, що на контрольовану поверхню зварного шва й околшовної зони наноситься флуоресціюча рідина, що добре проникає в усі тріщини, пори й інші поверхневі дефекти. Рідина проникає в дефект і після видалення надлишку її з поверхні при висвітленні ультрафіолетовими променями встановлюється дефект по інтенсивному світінню розчину. Чутливість цього методу досить гарна. Він дозволяє виявляти дефекти шириною до 0,01 мм і глибиною до 0,03-0,04 мм.

*Кольорова дефектоскопія.* Кольоровий або фарбувальний пенетрант наноситься на поверхню об'єкта контролю. Завдяки особливим якостям, які забезпечуються підбором певних фізичних властивостей пенетранта:

поверхневого натягу, в'язкості, густини, він, під дією капілярних сил, проникає в найдрібніші дефекти, що мають вихід на поверхню об'єкта контролю.



*а - дефект у виробі; б - нанесення пенетранта; в - видалення пенетранта з поверхні; г - нанесення проявника і прояв; 1 - виріб; 2 - дефект; 3 - пенетрант; 4 - проявник; 5 - слід дефекту*

*Рисунок 4.1 — Послідовність операцій при капілярній дефектоскопії*

Сутність цього методу полягає в наступному. Після очищення поверхні шва й околшовної зони від шлаку, бризків металу й окалини на неї наноситься за 3-4 рази шар підфарбованої рідини (пенетрант). Після 8-10 хвилинної витримки, необхідної для проникнення пенетранту в дефекти, виконують промивання поверхні 5%-м водяним розчином кальцинованої соди з наступним протиранням насухо. Потім за допомогою пульверизатора для створення білого фону на поверхню наноситься тонкий шар, так званого, проявника що являє собою суспензію каоліну (на 1 дм (1л) води близько 500 г каоліну). Замість каоліну може бути використана суха тонко помелена крейда. Рідина, що виділилася з дефектів, офарблює каолін чи крейду в червоний колір.

Проявник, що наноситься на поверхню об'єкта контролю через деякий час після обережного видалення з поверхні пенетранта, розчиняє барвник, що знаходиться всередині дефекту і за рахунок дифузії "витагує" на поверхню об'єкта контролю (рисунок 4.1).

Процес виявлення дефектів капілярним методом поділяється на 5 стадій: 1стадія – попередня очистка поверхні; 2стадія –нанесення пенетранта; 3стадія – видалення надлишків пенетранта; 4стадія – нанесення проявника; 5стадія – контроль.

Наявні дефекти видно досить контрастно. Індикаторні сліди у вигляді ліній вказують на тріщини зварного шва, окремі точки - на пори.

Для прискорення виділення рідини поверхню просушують теплим повітрям чи рефлектором.

Для кольорової дефектоскопії застосовуються різні склади фарб. Гарні результати, що відрізняються гарною змашуваністю і чутливістю, дає фарба наступного складу:

1. скипидар 20%;
2. гас 80%;
3. фарба "судан-4" з розрахунку 10 г на 1 дм<sup>3</sup> (1л) рідини.

Клас чутливості контролю визначається в залежності від розміру дефектів що виявляються. В якості параметра розміру дефекту приймається поперечний розмір дефекту на поверхні об'єкта контролю - так звана ширина розкриття дефекту. Оскільки глибина і довжина дефекту також справляють істотний вплив на можливість його виявлення (зокрема, глибина повинна бути істотно більше розкриття), ці параметри вважаються стабільними. Нижній поріг чутливості, тобто мінімальна величина розкриття виявлених дефектів обмежується малої кількості пенетранта, що затримується в порожнині невеликого дефекту, виявляється недостатнім, щоб отримати контрастну індикацію при даній товщині шару проявляючої речовини. Існує також верхній поріг чутливості, який визначається тим, що з широких, але неглибоких дефектів пенетрант вимивається при усуненні надлишків пенетранта на поверхні.

Встановлено 5 класів чутливості (по нижньому порозу) в залежності від розмірів дефектів (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 — Класи чутливості пенетрантів в залежності від розмірів дефекту

Клас чутливості	Ширина розкриття дефекта, мкм
I	Менше 1
II	Від 1 до 10
III	Від 10 до 100
IV	Від 100 до 500
технологічний	Не нормується

### 4.3 Порядок виконання роботи

Визначення дефектів зварних швів кольоровим методом:

- 4.3.1 Зробити по відповідному рецепту пенетрант.
- 4.3.2 Зачистити поверхню зварних швів і біляшовної зони, протерти їх бензином чи ацетоном.
- 4.3.3 За допомогою пензлика нанести за 3-4 рази на контрольовану поверхню тонкий шар пенетрантної рідини - фарби.
- 4.3.4 Промити поверхню 5%-м розчином кальцинованої соди.
- 4.3.5 Протерти поверхню насухо.

- 4.3.6 За допомогою пульверизатора нанести на поверхню тонкий шар розчину крейди чи каоліну у воді.
- 4.3.7 Обдути поверхню теплим повітрям чи просушити її рефлектором.
- 4.3.8 Розглянути контрольований шов, виявити дефекти і замірити їх.
- 4.3.9 Замалювати поверхню шва і відзначити місця розташування дефектів.

#### **4.4 Контрольні питання**

- 4.4.1 Сутність люмінесцентної дефектоскопії.
- 4.4.2 Сутність кольорового методу контролю.
- 4.4.3 Область застосування методів капілярної дефектоскопії.

## **5 Лабораторна робота №5**

### **ОЗНАЙОМЛЕННЯ З РЕНТГЕНІВСЬКОЮ АПАРАТУРОЮ І РОЗШИФРОВКА ДЕФЕКТІВ ПО РЕНТГЕНОГРАМАХ**

**Мета роботи:** Ознайомлення з конструктивними особливостями рентгенівських апаратів і принципом їхньої роботи. Розгляд рентгенівських знімків і складання висновків по них.

#### **5.1 Обладнання та матеріали**

1. Негатоскоп для перегляду плівок
2. Негатоскоп із плівками дефектних стиків
3. Набір виявлених рентгеноплівок
4. Міліметрова лінійка

#### **5.2 Інформація для самостійної підготовки**

Рентгенівські промені є різновидом електромагнітних коливань, що виходять у рентгенівських електронних трубках.

*Пристрій і принцип дії промислових рентгенівських електронних трубок.* Усередині скляного балона (рисунок 5.1), з якого викачане повітря, знаходяться два електроди: катод і анод. Джерелом електронів є катод, що являє собою тонку вольфрамову нитку (нитка розжарювання), згорнуту в спіраль і нагріту до температури близько 2273 К (2000°C).

Якщо з'єднати катод з мінусом, а анод із плюсом джерела струму високої напруги, то негативно заряджені електрони почнуть рухатися до позитивно зарядженого анода, тобто виникає так званий анодний струм рентгенівської трубки.

У момент удару потоку електронів об поверхню анода кінетична енергія електронів переходить в енергію рентгенівського випромінювання, що представляє собою електромагнітні коливання.

Ділянка анода, на якому відбувається випромінювання рентгенівських променів називається фокусом. У промисловості для просвічування матеріалів використовуються різні типи рентгенівських трубок значення букв і цифр, з яких складається напис, наприклад, на трубці 0,4БПМ2-120, розшифровується так:

0,4 – гранично припустима тривала потужність у кВт;

Б – означає, що трубка призначена для роботи в олії в захисному безпечному кожусі;

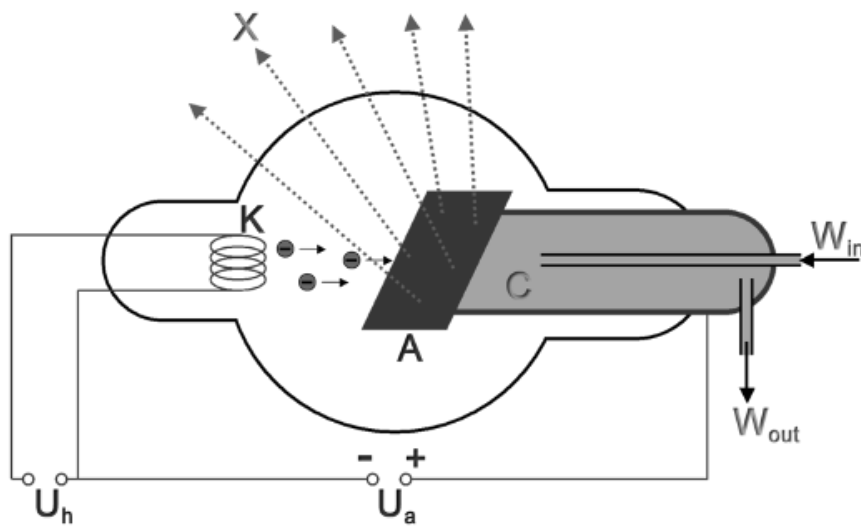
П – використовується для просвічування матеріалів;

М – масляне охолодження трубки;

120 – гранично припустима анодна напруга;

2 – номер моделі трубки.

У трубці 1БПВ-60 буква В вказує, що охолодження анода здійснюється водопровідною водою.



*X - рентгенівські промені; K - катод; A - анод; C - тепловідвід; U<sub>h</sub> - напруга розжарення катода; U<sub>a</sub> - прискорююча напруга; W<sub>in</sub> - впуск водяного охолодження; W<sub>out</sub> - випуск водяного охолодження*

*Рисунок 5.1 — Схематичне зображення рентгенівської трубки*

Застосування рентгенівських променів для просвічування зварних швів засновано на властивості цих променів проникати через непрозоре тіло, послабляти свою інтенсивність і впливати на фотоплівку (рисунок 5.2).

Як устаткування для контролю зварених швів застосовуються рентгенівські промислові апарати різних типів.

Типове позначення рентгенівських промислових апаратів складається з декількох букв і цифр. Наприклад, РУП120-5-1, де

Р – рентгенівська;

У – установка (апарат);

П – промислова;

120 – номінальна напруга на рентгенівській трубці в кВ;

5 – номінальний анодний струм у рентгенівській трубці в мА;

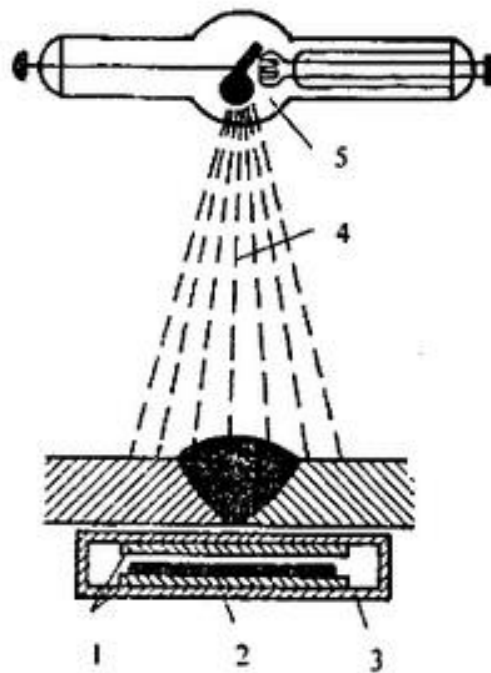
1 – номер моделі.

У комплект установки входить рентгенівська трубка в захисному кожусі, що служить для перетворення електричної енергії в рентгенівські промені, пристрій для установки трубки, генераторний пристрій для живлення трубки постійним струмом високої напруги, масляний насос для забезпечення циркуляції мастила в системі охолодження трубки і пульт керування установкою.

Робота на рентгенівському апараті (наприклад, типу РУП-200-20-5) здійснюється в наступній послідовності:

1. Закладається плівка під об'єкт, що знімається.

2. Установлюється необхідна фокусна відстань.
3. Установлюється за допомогою реле часу необхідний час витримки.
4. Включається розжарення трубки.
5. Включається висока напруга і поступово підвищується до необхідного значення.
6. У процесі роботи апарата необхідно стежити за показаннями вимірювальних приладів, а при змінах струму регулюється реостатом розжарення трубки.
7. Після автоматичного відключення високої напруги відключають розжарення.
8. По закінченню роботи, згодом через 15-20 хвилин виключають мережу; рукоятки регуляторів розжарення і напруги ставлять у початкове положення; перекривається водопровідний кран.



*1 - екрани підсилюють; 2 - рентгенівська плівка; 3 - касета; 4 - рентгенівське випромінювання; 5 - рентгенівська трубка*

*Рисунок 5.2 — Схема радіаційного контролю*

Рентгеноконтроль дозволяє виявити наступні дефекти: тріщини, непровари, шлакові включення і газові пори.

При наявності дефектів у шві рентгенівські промені послабляються не однаково і на виявленій плівці з'являються місця з різною затемненістю. По наявності на плівці затемнених місць судять про характер, розміри і кількість дефектів. Визначення глибини дефекту, виявленого на знімку, здійснюють порівнянням ступеня почорніння дефектного місця з почорнінням канавок дефектомера. Так, якщо на знімку зварного шва видний дефект, ступінь потемніння якого однакова з потемнінням канавки дефектомера глибиною 5 мм, то це значить що глибина непровару дорівнює 5 мм. При складанні



висновку для скороченого позначення виду дефекту, відповідно до ГОСТ 7512-82, застосовуються умовні знаки:

Таблиця 5.1 — Умовний запис дефектів

Вид дефекта	Умовне позначення	Характер дефекта	Умовне позначення
Тріщини	Е	Тріщини вздовж шва Тріщини поперек шва Тріщина, що розгалуджується	Еа Еб Ес
Непровар	Д	Непровар у корені Непровар між валиками Непровар по крайці	Да Дб Дс
Пори	А	Окрема пора Ланцюжок пор Скупчення	Аа Аб Ас
Шлакові включення	В	Окреме включення Ланцюжок Скупчення	Ва Вб Вс
Ввігнутість кореня шва	Fa		
Провисання кореня шва	Fb		
Підріз	Fc		
Зміщення крайок	Fd	-	

Приклад: Да-45-0,5 - кореневий непровар, довжиною 45мм, глибина -0,5мм.

### 5.3 Порядок виконання роботи

- 5.3.1 Ознайомитися з пристроєм і принципом дії рентгенівської трубки.
- 5.3.2 Ознайомитися з методикою роботи на рентгенівському апараті.
- 5.3.3 Ознайомитися з методикою для шифровки рентгенівських знімків.
- 5.3.4 Розшифрувати запропоновані рентгенознімки.
- 5.3.5 Виконати ескізу частину.
- 5.3.6 Заповнити таблицю результатів.

Таблиця 5.2.

#### Результати контролю

№	№ знімка	Формат плівки	Діаметр труби, довжина шва	Виявлені дефекти	Оцінка
---	----------	---------------	----------------------------	------------------	--------

### 5.4 Контрольні питання

- 5.4.1 Пристрій рентгенівської трубки.
- 5.4.2 Пристрій рентгенівського промислового дефектоскопа.
- 5.4.3 Порядок проведення радіаційного контролю.
- 5.4.4 Визначення дефектів по рентгенівських знімках.
- 5.4.5 Схеми просвічування з'єднань.

## **6 Лабораторна робота №6**

### **ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ УЛЬТРАЗВУКОВИМ ДЕФЕКТОСКОПОМ**

**Мета роботи:** Ознайомлення з конструкцією і принципом роботи апарата для ультразвукового контролю зварних швів і придбання навичок по виявленню внутрішніх дефектів шва за допомогою ультразвукового дефектоскопа.

#### **6.1 Обладнання та матеріали**

1. Ультразвуковий дефектоскоп
2. Набір щупів з різним кутом падіння ультразвукового променя
3. Сталева щітка
4. Мінеральна олія
5. Зварені зразки
6. Міліметрова лінійка
7. Пензлик
8. Крейда
9. Номограми, складені для наявних щупів

#### **6.2 Інформація для самостійної підготовки**

Контроль ультразвуком заснований на використанні ультразвукових коливань, що являють собою механічні коливання пружного середовища з понад високими частотами (вище 20000 гц). При цьому використовується здатність ультразвукових хвиль проникати в метал на велику глибину і відбиватися від неметалічних включень, що знаходяться в металі.

Для одержання ультразвукових коливань використовується властивість деяких кристалів (кварцу, титанату барію, сегнетової солі) миттєво перетворювати електричні коливання в механічні і навпаки. Ці кристали стискаються і розтискаються відповідно до частоти струму.

Для виявлення дефекту пучок ультразвукових хвиль від вібруючої пластинки (п'єзокристала) направляється на контрольований виріб і при зустрічі з дефектом відбивається від нього і підсилюється інший пластинкою, що, навпаки, перетворить ультразвукові коливання в електричні. Останні після посилення подаються на осцилограф і викликають відхилення променя на екрані електронної трубки. По виду цього відхилення судять про характер дефекту.

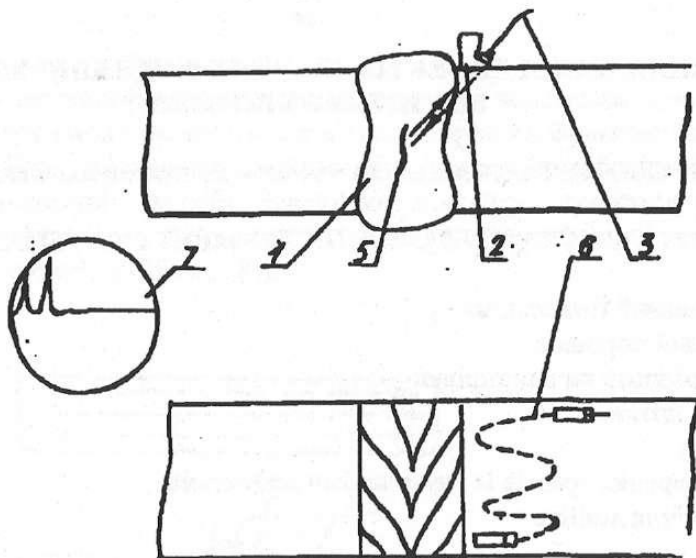
Наявність посилення шва не дозволяє вводити ультразвукову енергію безпосередньо в наплавлений метал, тому що між грубою неплоскою поверхнею і щупом практично важко досягти задовільного акустичного контакту. Тому прозвучування металу шва здійснюється шляхом введення ультразвукових коливань через основний метал. Для цього п'єзокристал

ультразвукового дефектоскопа поміщений у спеціальний призматичний щуп, що забезпечує введення в зварений шов пучка ультразвукових хвиль під кутом до поверхні виробу. Це дозволяє вести контроль шва без зняття посилення.

Для виявлення дефектів без наступного їхнього аналізу ультразвуковий контроль можна вести при грубій обробці поверхні і навіть по чорновій поверхні після прокату (окалина). Для забезпечення необхідного акустичного контакту щупа з виробом зона установки щупа ретельно зачищається і змащується різними рідкими мастилами, що усувають прошарок повітря. Як змащення використовуються деякі сорти олій, гліцерин, а також вода чи мильна піна. Найбільше поширення одержали олії середньої в'язкості, наприклад автол 6, автол 10 і т.д.

У процесі контролю щуп переміщують уздовж швів по хвилеподібній лінії, прозвучуючи в такий спосіб різні по глибині зони шва (рисунок 6.1).

Для визначення меж переміщення щупа в поперечному напрямку в залежності від товщини основного металу до дефектоскопа надаються попередньо складені номограми.



1 - зварний шов; 2 – шукач; 3 - електричний кабель; 4 - ультразвукові хвилі; 5 - дефект; 6 – траєкторія переміщення шукача; 7 – екран дефектоскопа.

Рисунок 6.1 — Схема контролю зварних швів ультразвуком

Для зміни глибини залягання дефекту в деякі типи ультразвукових дефектоскопів вбудовуються глибиноміри, що мають відповідну шкалу.

Чутливість дефектоскопа регулюється за допомогою еталонів, тобто зразків з дефектами відомої величини. В даний час застосовуються дефектоскопи наступних типів: УЗД-7Н, НИИМ- 5, УЗД-60, ехо-дефектоскоп УДМ-1М, ДУК-13ИМ, УД-10, УД2-12 та ін.

За допомогою дефектоскопів можна виявити тріщини і непровари довжиною не менш 5 мм, а також газові пори і шлакові включення діаметром більш 1 мм. Недоліком ультразвукових дефектоскопів є неможливість

визначення форми, характеру і дефеїпу і його точної величини по перетину досліджуваного матеріалу.

### **6.3 Порядок виконання роботи**

- 6.3.1 Ознайомилися з методикою виявлення дефектів і принципом роботи ультразвукових дефектоскопів.
- 6.3.2 Ознайомитися з пристроєм ультразвукового дефектоскопа ДУК-1 ЗИМ.
- 6.3.3 Зачистити до металевого блиску поверхню контролюємого шва та околошовної зони на ширину 30-40 мм крайки шва з кожної сторони.
- 6.3.4 По номограмах у залежності від товщини металу визначити межі переміщення щупа в поперечному напрямку.
- 6.3.5 За допомогою пензлика нанести на місце переміщення щупа тон кий шар мінеральної олії.
- 6.3.6 За допомогою еталона відрегулювати чутливість дефектоскопа. При цьому треба враховувати, що чистота поверхні еталона і кривизна його повинні відповідати чистоті і кривизні поверхні виробу.
- 6.3.7 Зробити прозвучування шва. При цьому щуп повільно переміщається вручну поперек шва в околошовної зоні в межах, обмежених крейдовими лініями при одночасному просуванні його уздовж шва.
- 6.3.8 Одночасно з цим необхідностежити за екраном електронно-променевої трубки.
- 6.3.10 Місце положення дефекту на шві відзначиш крейдою.
- 6.3.11 Замалювати імпульси з екрана осцилографа і зварений шов, на якому відзначити місця розташування виявлених дефектів і вказати їхню величину.

### **6.4 Контрольні питання**

- 6.4.1 Характеристика властивості ультразвукових коливань.
- 6.4.2 Матеріали, використовувані для одержання ультразвукових коливань.
- 6.4.3 Основні типи шукачів.
- 6.4.4 Методика контролю.
- 6.4.5 Область застосування ультразвукового контролю.

## **Рекомендована література**

### **Навчальна література**

1. Контроль качества сварки./ Под ред. В.Н.Волченко -М.: Высшая школа, 1975.- 442 с.
2. Неразрушающий контроль материалов. Справочник./Под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение, 1976.- 571 с.
3. Троицкий В.А., Радько В.П. Дефекты сварных соединений и средства их обнаружения. – К.: Вища школа, 1983.- 242 с.

### **Допоміжна література**

4. Алешин Н.П. Методы акустического контроля металлов. – М.: Машиностроение, 1989. – 442 с.
5. Дорофеев А.Л., Казамапов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. – М.: Машиностроение, 1980.- 203 с.
6. Радиационный неразрушающий контроль сварных соединений./ Под ред. Адаменко В.К. – К.: Техніка, 1961.- 164 с.
7. Троицкий В.А., Радько В.П., Демидко В.Г. Неразрушающий контроль качества сварных соединений. – К.: Техніка, 1986. – 158 с.