

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Т.О. Васильченко
І.А. Шевченко
О.В. Чепурна
О.М. Гречаний

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 136 «Металургія»,
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-
професійних програм «Галузеве машинобудування», «Металургія»,
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол №
від

Запоріжжя
2020

УДК 620.179(076)

В 194

Васильченко Т.О., Шевченко І.А., Чепурна О.В., Гречаний О.М. Неруйнівний контроль: методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 136 «Металургія», 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійних програм «Галузеве машинобудування», «Металургія», «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 57 с.

В методичних вказівках до лабораторних робіт наведені основні відомості про методи неруйнівного контролю, подана методологія проведення контролю та оформлення його результатів.

Для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 136 «Металургія», 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньо-професійних програм «Галузеве машинобудування», «Металургія», «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент

Ю.О. БЕЛОКОНЬ, кандидат технічних наук доцент кафедри «Обробки металів тиском» Інженерного інституту ЗНУ

Відповідальний за випуск

Й.К. ОГІНСЬКИЙ, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри «Металургійне обладнання» Інженерного інституту ЗНУ

Зміст

Вступ	4
Інструкція з техніки безпеки	5
Лабораторна робота №1 <i>Вивчення дефектів сталевих зливків та виробів</i>	6
Лабораторна робота №2 <i>Проведення вимірювального контролю за допомогою штангенінструментів і мікрометричних вимірювальних засобів</i>	13
Лабораторна робота №3 <i>Складання технологічних карт та проведення візуального контролю</i>	21
Лабораторна робота №4 <i>Визначення поверхневих дефектів капілярним методом</i>	26
Лабораторна робота №5 <i>Визначення дефектів методом магнітопорошкового контролю</i>	31
Лабораторна робота №6 <i>Вимірювання товщини виробів із застосуванням ультразвукових методів контролю</i>	38
Лабораторна робота №7 <i>Проведення теплового контролю</i>	43
Бібліографічний опис	50
Додаток А <i>Бланк звіту до лабораторної роботи № 2</i>	51
Додаток Б <i>Технологічна карта</i>	52
Додаток В <i>Протокол контролю</i>	54
Додаток Г <i>Основні геометричні параметри зварного шва</i>	56

Вступ

У сучасній промисловості виключно важливу роль відіграє діагностика технічного стану деталей, механізмів і виробів. Діагностика дозволяє на ранніх стадіях виявляти процеси деструкції, виключати аварійні ситуації і продовжувати терміни служби механізмів. Сучасне діагностування неможливе без використання методів неруйнівного контролю. Проведення неруйнівного контролю вимагає спеціальних знань, але є і загальні принципи контролю, знання яких необхідно для якісної освіти студента.

Мета лабораторного практикуму – закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях, ознайомлення з методикою проведення контролю, придбання навичок роботи з інструментами та обладнанням, необхідним для проведення контролю, визначення основних характеристик пристроїв.

Керівництва з виконання лабораторних робіт складені за єдиною схемою і містять: короткий теоретичний матеріал за відповідною темою, порядок проведення роботи, вимоги до звіту і питання для самоперевірки.

На першому занятті зі студентами проводиться інструктаж з техніки безпеки.

При підготовці до кожної лабораторної роботи студенту необхідно:

- 1) вивчити теоретичний матеріал з відповідної теми за допомогою навчально-методичного посібника та спеціальної літератури, зазначеної в списку літератури;
- 2) вивчити порядок проведення роботи;
- 3) дати відповіді на всі контрольні питання;
- 4) оформити заготовку звіту.

На занятті студенти здають теорію з відповідної теми, виконують лабораторну роботу, роблять необхідні розрахунки, якщо це необхідно, проводять аналіз отриманих результатів та оформляють звіт.

Правильно оформлений звіт в кінці заняття підписується викладачем.

Інструкція з техніки безпеки

Для попередження травматизму необхідно дотримуватись наступних вимог правил техніки безпеки:

1. Не приступати до роботи, не прослухавши інструктаж з техніки безпеки.

2. Працювати в робочому одязі (робочий костюм, халат, тощо).

3. Не вмикати електричне обладнання без керівника занять або навчально-допоміжного персоналу.

4. Не допускати самовільного включення приладів та устаткування в електричну мережу.

6. Проводити випробовування при працюючій примусовій системі вентиляції.

7. Не допускати нагромадження незастосовуваних матеріалів та інструменту на робочому місці. Після закінчення виконання окремих операцій слід прибрати робоче місце, надавши йому первинний вигляд.

8. Повідомити керівника про закінчення роботи.

9. При виявленні будь-яких несправностей у роботі устаткування негайно довести до відома керівника роботи.

Лабораторна робота № 1

ВИВЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ СТАЛЕВИХ ЗЛИВКІВ ТА ВИРОБІВ

Мета роботи:

- ознайомитися з характерними видами дефектів сталевих зливок та виробів;
- навчитися їх класифікувати та визначати.

Зміст роботи:

- вивчити типові ознаки кожного дефекту;
- визначити якими методами його можна визначити, усунути та запобігти його появі;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: атлас дефектів сталі, довідникові матеріали, відповідні ГОСТи та ДСТУ.

Короткі теоретичні відомості

Дефектом називається кожна окрема невідповідність продукції вимогам, установленим нормативною документацією (ДЕРЖСТАНДАРТ, ГОСТ, ТУ і т.д.). До невідповідностей відносяться порушення суцільності матеріалів і деталей, неоднорідність складу матеріалу (наявність включень, зміна хімічного складу, наявність інших фаз будь-які відхилення параметрів матеріалів, деталей і виробів від заданих, таких, як розміри, якість обробки поверхні, волого- і теплостійкість і ряд інших фізичних величин.

По походженню дефекти виробів підрозділяють на:

- *виробничо-технологічні* (металургійні, що виникають при виливці й прокатці, технологічні, що виникають при виготовленні, зварюванні, різанні, пайці, клепаці, склеюванні, механічній, термічній або хімічній обробці й т.п.);
- *експлуатаційні* (виникаючі після деякого наробітку виробу в результаті втоми матеріалу, корозії металу, зношування тертьових частин, а також неправильної експлуатації й технічного обслуговування);
- *конструктивні* дефекти є наслідком недосконалості конструкції через помилки конструктора.

Бракованим, непридатним до експлуатації, називають таке відливання, яке має хоч би один непоправний і недопустимий за технічними умовами дефект.

Дефекти литва класифіковані ГОСТом. Виділяють 22 види дефектів: затоки, викривлення, корольки, нарости, недоливки, отбіл, пригар, газові і шлакові раковини, рихлість або пористість, спаї, гарячі і холодні тріщини, ужими, невідповідність металу стандартам і технічним умовам по хімічному складу, мікроструктурі і фізико-механічним властивостям та ін.

Брак може бути викликаний недотриманням технології, помилками при конструюванні деталей і при проектуванні технологічного процесу виготовлення відливання.

Викривленням називається зміна розмірів і контурів відливання під впливом усадкових напружень. Причинами цього виду браку можуть бути нераціональність конструкції відливання, що приводить до утворення внутрішніх напружень; неправильне підведення металу, погіршуюче рівномірність його охолодження. Також викривлення може викликати неправильний склад або температура металу, що заливається, які викликають надмірну усадку; неправильний режим охолодження відливання і недостатня піддатливість форми і стрижнів.

Газовими раковинами називають порожнечі, розташовані на поверхні або усередині відливання. Форма раковини сферична або закруглена, поверхня гладка блискуча. Раковини можуть бути одиночними або розташованими гніздами різного об'єму. В більшості випадків раковини виявляють при механічній обробці.

Газові раковини з'являються у тому випадку, коли в металі великий вміст газів унаслідок поганої якості вихідних матеріалів, неправильного режиму плавки або неправильно проведеного модифікування металу. Знижена газопроникність або підвищена вологість формувальних або стрижньових сумішей, надмірно висока температура металевих форм, низька температура сплаву, що заливається, що не забезпечує виходу з нього газів, також можуть служити причинами утворення газових раковин.

Піщаними раковинами називаються відкриті або закриті раковини, повністю або частково заповнені формувальним матеріалом. Причини такого браку – місцеве руйнування і засмічення форм при складанні, недостатня міцність формувальної або стрижньової суміші або фарб, недостатнє кріплення виступаючих частин форми, слабке або нерівномірне набивання форми.

Усадковими раковинами називають відкриті або закриті порожнечі в тілі відливання, що мають шорстку поверхню з грубокристалічним складом.

Рихлістю або пористістю називається грубозерниста і нещільна будова сплаву з наявністю міжкристалічних порожнеч більшої або меншої величини.

Причинами браку по усадкових раковинах і рихлості можуть бути неправильна конструкція відливання, що не забезпечує рівномірного її охолодження; недостатнє живлення відливання рідким металом в процесі твердіння із-за неправильного розташування прибутків, випарів і ливників; надмірно висока температура заливки.

Шлаковими раковинами називаються відкриті або закриті порожнечі, повністю або частково заповнені шлаком.

Причина такого браку: окислена або забруднена шихта і забруднені флюси; нестійкі вогнетриви, сприяючі рясному виділенню шлаків; недбале очищення металу від шлаку в ковші перед заливкою і недбала (з пропуском шлаку) заливка металу у форми; не розкислений метал.

Тріщинами гарячими і холодними називають наскрізні та не наскрізні розриви або надриви в стінках відливань. Поверхня зламу в гарячих тріщинах, оскільки вони з'являються при високих температурах, завжди окислена. У

холодних тріщинах поверхня зламу абсолютно чиста. Тріщини виявляються постукуванням, гідропробоем і способом магнітної дефектоскопії.

Причинами появи гарячих і холодних тріщин можуть бути неправильна конструкція відливання з різким переходом від товстих до тонких перетинів; гострі внутрішні кути у відливаннях; неправильно підготовлений склад формувальної або стрижневої сумішей і мала їх піддатливість. Також причиною появи тріщин може служити неправильний режим заливки і термічної обробки; удари при відбитті ливників або при транспортуванні відливань, що мають великі внутрішні напруження.

Недолив характеризується тим, що при заливці деякі частини відливання залишаються незаповненими. Спай – наскрізні або поверхневі із закругленими кряями потоки передчасно застиглого металу. Причинами такого браку є недостатня кількість металу в ковші; низька температура сплаву при заливці і недостатня його рідкотекучість; нераціональна конструкція відливань із-за наявності дуже тонких стінок. Незначні дефекти в невідповідальних місцях відливань виправляють. Залежно від характеру дефекту, розмірів і конфігурації відливання його виправляють одним з наступних способів: закладають мастикою, просочують мастикою, металізацією, заваркою рідким металом, вкрученням пробок, газовим зваренням, електрозварюванням і термічною обробкою.

Раковини на невідповідальній частині деталі закладають бакелітовим лаком або мастикою, що складається з графіту і масла.

При недоливі крупних відливань інколи допускається виправлення дефектного місця наплавленням рідкого металу. Для цього дефектну частину ретельно очищають, обкладають стрижнями або формувальною сумішшю, створюючих форму частини, що недолила, і владнують пріямок для зливу металу. Спочатку заливають метал для розігрівання заварюваної частини відливання, потім отвір закладають і залишають метал у формі до охолодження. Дефекти відливань в місцях, що випробовують велике навантаження, найнадійніше виправляють газовим або електричним зварюванням. Відливання термічно обробляють, коли необхідно змінити їх твердість, зняти внутрішні напруження і в окремих випадках змінити мікроструктуру металу.

Дефекти прокатного походження є наслідком порушення або недосконалості технології прокатки, настроювання станів нагрівання металу перед прокаткою при виробництві блюмів, катаної заготовки, а також при їхній подальшій переробці в листову або сортову продукцію.

Міхур-вздуття – дефект поверхні у вигляді локалізованого спучування металу з наступним його прикочуванням і часто з розривом по контуру.

Плен – дефект поверхні, що представляє собою відшарування металу у вигляді «язику» або неправильної форми, з'єднане з основним металом однієї стороною, що з'явився внаслідок розкочування дефекту сляба або слідів його грубого зачищення. Утворюється внаслідок розкочування або розкування рванин, підрізів, слідів глибокого зачищення дефектів або сильного виробітку валків.

Розкатана тріщина – дефект поверхні, що представляє собою розрив металу, що утворювався при прокатці тріщини в литій заготовці.

Прикромкові закати – дефект поверхні листів, що представляє собою несущільності, одиночні або численні, прямолінійні або звивисті, різної довжини й ступеня розкриття, орієнтовані в напрямку найбільшої витяжки металу при прокатці. Утворюються внаслідок заочучування грубих слідів зачищення й глибоких рисок.

Вдави – дефекти поверхні у вигляді виступів або поглиблень, одиночних або періодично повторюваних по довжині листа. Утворюється в результаті прокатки або виправлення листа при дефекті валків або налипання на них сторонніх часток.

Рябизна – дефект поверхні у вигляді дрібних поглиблень від окалини, що випала, згрупованих у смуги різної довжини й ширини. Утворюється в результаті прокатки або виправлення листа при вдавненні окалини.

Раковини від окалини – дефект поверхні у вигляді окремих поглиблень, частково витягнутих уздовж напрямку прокатки, що утворюються при випаданні вкатої окалини; дефект має шорсткувате дно, перехід від основного металу до кратера дефекту – плавний, границі – розмиті. Раковини від окалини відрізняються від рябизни більшими розмірами й меншою кількістю. Утворюється в результаті прокатки або виправлення листа при вдавненні окалини.

Раковина – дефект поверхні у вигляді одиночного поглиблення, що утворювався при випаданні вкатої сторонньої частки; може розташовуватися уздовж напрямку прокатки. Характерний для підвищених температур, дефект не супроводжується ні ореолом, ні утвором напливів металу по його контуру. Дно дефекту може бути гладким або рельєфним, залежно від стану поверхні, в яку вдавлюється частки. Утворюється при випаданні вкатої при прокатці сторонньої частки.

Розшарування – несущільності (розкательності або розплющені порожнечі литого металу), орієнтовані строго уздовж напрямку деформації, що й проявляються в зламі у вигляді тріщин. Розшарування утворюються внаслідок прокатки при деформації усадочних раковин, газових міхурів, неметалевих та(або) металевих включень, що були в зливку, які служать вогнищами зародження несущільності в прокаті. Дефект переважно розташовується в центральній частині заготовок, що володіють зниженою пластичністю.

При обробці тиском матеріал неодноразово піддають нагріванню й охолодженню, при цьому накопичені внутрішні напруження сприяють утворенню внутрішніх розривів і тріщин. При холодному об'ємному штампуванні через малу пластичність вихідних матеріалів на поверхні деталей виникають тріщини, що сколюються, поширюються під кутом 45° до напрямку діючого зусилля.

Волосовини є результатом деформації малих неметалічних включень і газових міхурів. Ці дефекти мають вигляд тонких прямих ліній розмірами від

часток міліметрів до декількох сантиметрів. Волосовини зустрічаються у всіх видах конструкційних сталей.

Флокени з'являються найчастіше в середньовуглецевих і середньолегованих сталях при підвищеному вмісті в них водню, звичайно в центральній зоні кутих або катаних заготовок великих перетинів. Флокени мають вигляд тонких звивистих тріщин, що представляють у зламі плями з поверхнею характерного срібlistого кольору округлої форми. При кування, металу, ураженого флокенами, іноді розтріскуються з відділенням шматка металу. З'єднання металу з воднем викликає підвищену крихкість металу.

Найбільш частий дефект механічної обробки – недотримання геометричних розмірів деталі й вимог якості й поверхні. Такий дефект звичайно визначають механічними вимірювальними засобами й оптичними методами контролю. Дефекти типу несучільностей при механічній обробці виникають порівняно рідко, наприклад, при обробці різанням у металі, що має великі поверхневі напруження, можуть виникнути тріщини.

При шліфуванні відбувається різке нагрівання поверхні, у результаті може з'явитися сітка дрібних тріщин і припикання (локальні перезагартовані ділянки). Поверхневі тріщини виявляють капілярним, магнітним і ТВ контролем, припикання – магнітним і термоелектричним методами.

Найпоширенішими дефектами термічної обробки є дефекти викликані недотриманням або недосконалістю режимів нагрівання або охолодження. У процесі відпалу й нормалізації можуть виникнути наступні дефекти: окиснення, обезвуглецювання, перегрів й перевитрата металу.

Обезвуглецювання, тобто вигоряння вуглецю з поверхні деталей, відбувається при окисненні сталі. При цьому різко знижуються міцність сталі, може виникати утворення гартівних тріщин і жолоблення (повідцеві деталі).

При нагріванні сталі вище певних температур і тривалих витримках у ній відбувається швидкий ріст зерен, ведучий до виникнення крупнокристалічної структури. Це явище називають перегрівом. Перегрів веде до зниження пластичних властивостей сталі. У перегрітій сталі при загартуванні утворюються тріщини.

Перепалювання виходить у результаті тривалого перебування металу в печі при високій температурі, близької до температури плавлення. У результаті окиснення границь зерен механічний зв'язок між зернами слабшає, метал втрачає пластичність і стає тендітним, що при наступній обробці може привести до утвору тріщин.

У процесі нагрівання під загартування й при загартуванні можуть з'являтися наступні дефекти: тріщини, деформація й жолоблення, обезвуглецювання, м'які плями.

Гартівні тріщини – це непоправний брак, що утворюється в процесі термічної обробки. Вони є наслідком виникнення великих внутрішніх напружень. Тріщини виникають при неправильному нагріванні (перегріві) і великій швидкості охолодження в деталях, конструкція яких має різкі переходи поверхонь, грубі риси, що залишилися після механічної обробки, гострі кути,

тонкі стінки й т.п. Гартівні тріщини, звичайно розташовані в кутах деталей або інструмента, мають дугоподібний або звивистий вигляд.

Деформація й жолоблення деталей відбуваються в результаті нерівномірних структурних і пов'язаних з ними об'ємних перетворень, що обумовлюють виникнення внутрішніх напружень у металі при нагріванні й охолодженні.

М'які плями – це ділянки на поверхні деталі або інструмента зі зниженою твердістю. Такі дефекти утворюються при загартуванні в процесі охолодження в гартівній середовищі, коли на поверхні деталі була окалина, сліди забруднень і ділянки зі знеуглецьованою поверхнею.

Для виявлення дефектів термообробки найчастіше застосовують вихреструмний, магнітний і рідше ультразвуковий методи контролю.

До експлуатаційних дефектів відносять механічні ушкодження, зношування, корозію. Найпоширенішими дефектами цього типу є втомні тріщини. Основна причина втомних руйнувань деталей – дія високих змінних напружень. Втомні тріщини утоми виникають, як правило, при конструктивній недоробці деталей і вузлів: по жолобниках, у місцях з різкими переходами перетинів і наявністю подрізів, у підстави різьблення й зубів шестірень, у кутах шпонкових канавок, в отворах для змащення або в місцях інших конструктивних або технологічних концентраторах напружень. Втомні тріщини з'являються також у місцях дефектів металургійного або технологічного походження або слідів грубої механічної обробки поверхні (глибоких рисок, слідів різців і т.п.).

Втомні тріщини відрізняються по зовнішньому вигляду. Поперечні або кільцеві тріщини розвиваються на циліндричних деталях по окружності в перетині, перпендикулярному до осі деталі. Часто зустрічаються також тріщини, розташовані під кутом до осі деталі. У зоні втомного руйнування відсутні будь-які ознаки пластичної деформації навіть у самих пластичних матеріалів. Ширина розкриття втомних тріщин у виході їх на поверхню в початковій стадії руйнування не перевищує декількох мікронів.

Корозійні поразки зустрічаються на різних деталях. Ступінь корозійної поразки залежить від наявності агресивних середовищ, якості захисних покриттів, несприятливої комбінації матеріалів у вузлі й ін. В експлуатації корозією часто уражені внутрішні порожнини, важкодоступні для контролю.

При різких змінах температур, а також недостатньому змащенню третьових деталей можлива поява термічних тріщин. Ці тріщини часто спостерігаються на поверхні азотованих, цементованих або поверхнево загартованих деталей, що працюють при високих питомих тисках.

Тріщини й надриви в поверхневому шарі виникають у результаті одноразово прикладених напружень, коли навантаження перевищує міцність деталі, наприклад, при монтажі або демонтажі деталей з тендітними поверхнями або при перевантаженні деталі (робота в нерозрахованому режимі).

Механічні ушкодження поверхні – забоїни, вм'ятини, надри, риси, місцевий наклеп – можуть виникати по самих різних причинах.

Для дефектоскопії використовуються візуально-оптичні, капілярні, магнітні методи. Для виявлення внутрішніх тріщин будь-якого походження використовують ультразвукові методи контролю.

Порядок виконання роботи

1. За назвою дефекту необхідно з атласу дефектів або іншої довідкової літератури вписати характерні ознаки дефекту, вказати причину його появи та методи запобігання. Визначити яким методом неруйнівного контролю можливо його діагностувати.

2. За зображенням дефекту необхідно з атласу дефектів або іншої довідкової літератури необхідно визначити вид дефекту, вписати характерні ознаки дефекту, вказати причину його появи та методи запобігання. Визначити яким методом неруйнівного контролю можливо його діагностувати.

3. Заповнити таблицю:

Таблиця 1 – Результати роботи

Назва дефекту	Рисунок	Характерні ознаки	Причина появи	Методи запобігання	Методи діагностування

4. Оформити звіт

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Заповнити таблицю Зробити висновки відносно результатів проведеної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Що таке дефект продукції?
2. Назвіть основні дефекти типу порушення цілісності. Дайте їх основні якісні характеристики. Що, на ваш погляд, є основною причиною виникнення дефектів?
3. Які види неруйнівного контролю дозволяють виявити підповерхневі дефекти?
4. Якими видами контролю можливе виявлення об'ємних дефектів?
5. Що таке «волосовини», «свищі», «раковини»?
6. У яких матеріалах можуть виникати тріщини? Назвіть основні причини виникнення різного виду тріщин. Які види неруйнівного контролю виявляють втомні тріщини?
7. Які причини виникнення усадочних раковин?

Лабораторна робота № 2

ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ І МІКРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Мета роботи:

- ознайомитись з устроєм штангенінструментів й мікрометричних інструментів,
- ознайомитись з методами виміру й визначення систематичної похибки;
- оволодіти методикою проведення вимірювального контролю.

Зміст роботи:

- вивчити принцип дії й устрій вимірювального інструмента;
- визначити межі виміру, точність відліку;
- провести вимір зазначених розмірів і визначити дійсні розміри деталей;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглибиномір, мікрометр, мікрометричний глибиномір, контрольна плита, деталь.

Короткі теоретичні відомості

Штангенінструменти

До штангенінструментів відносяться вимірювальні інструменти з лінійним ноніусом: штангенциркулі, штангенглибиномири й штангенрейсмуси. Ці три основних типи вимірювальних засобів відрізняються один від одного конфігурацією вимірювальних поверхонь і їх взаємним розташуванням.

Штангенциркуль служить для виміру зовнішніх і внутрішніх розмірів гладких виробів, а в деяких випадках і для розмітки. Штангенциркуль (рис. 2.1) складається зі штанги 9, на кінці якої є нерухома губка 1, рухома губка 2 укріплена на рамці 4. Для плавного переміщення рамки служить мікрометричний гвинт із гайкою 8 і хомутиком 7. Для виконання мікрометричних переміщень рухомої губки необхідно відвернути гвинт 3 рамки 4 і закріпити хомутик 7 гвинтом 6. Конструкція штангенциркулів передбачає можливість проведення вимірів внутрішніх розмірів за допомогою губок 10. Розмір цих губок " b " у зведеному стані є 10 мм і маркується на бічній поверхні однієї з губок.

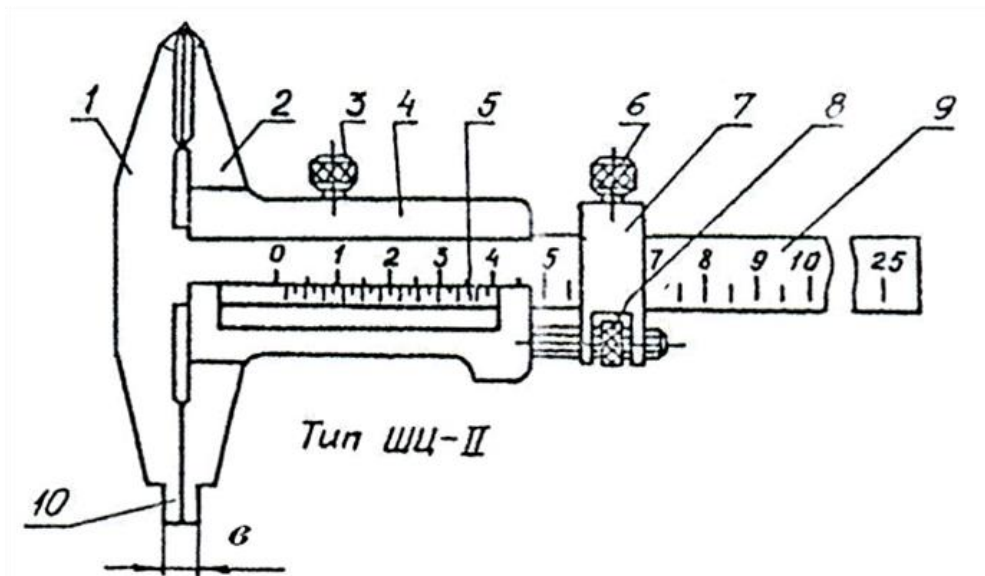


Рисунок 2.1 – Штангенциркуль

Крім основної шкали, нанесеної на штанзі, на рухомій рамці є додаткова шкала 5, названа ноніусом, що служить для відліку дробової частини ділення у основної шкали.

Для з'ясування принципу пристрою ноніуса ознайомимося з найпростішим із них, що дозволяє відраховувати показання через 0,1 мм. Для розрахунку ноніуса потрібно знати довжину L , рівну дев'яти діленням основної шкали, тобто 9 мм, розділену у ноніуса на десять рівних частин (рис. 2.2, а), отже, інтервал ділення на ноніусі буде коротше інтервалу ділення на штанзі на 0,1 мм. Ця різниця називається величиною відліку по ноніусу. Якщо позначити: a - інтервал ділення на штанзі, n - число інтервалів шкали ноніуса, L - довжина ноніуса, то величина відліку по ноніусу:

$$b = a - a_n = a - L/n = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ мм.}$$

При занадто малому інтервалі на ноніусі відрахувати показання важко. Для усунення цього недоліку збільшують інтервал ділення ноніуса за рахунок збільшення його загальної довжини. Наприклад, щоб збільшити інтервал ноніуса при тій же величині відліку по ноніусу, варто збільшити його довжину на 19 ділень штанги (рис. 2.2, б) тобто до 19 мм і розділити також на десять частин.

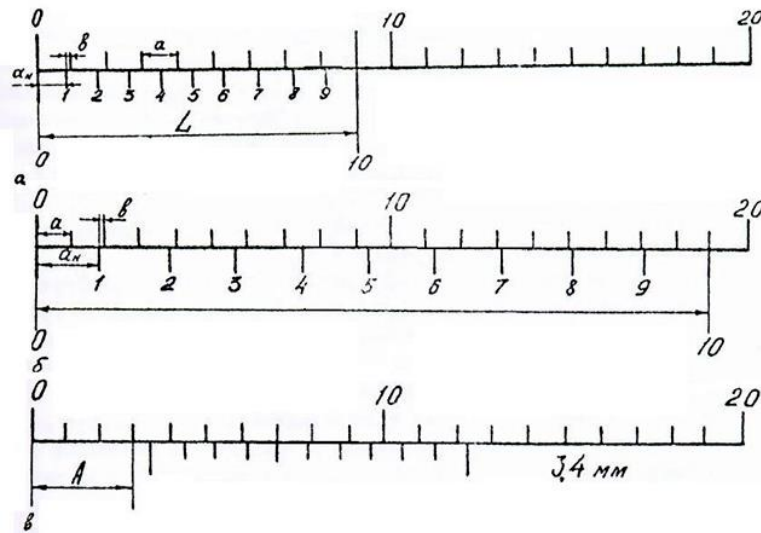


Рисунок 2.2 – Принцип роботи ноніуса

У цьому випадку інтервал ділень на ноніусі буде $a_n = 1,9$ мм, а величина відліку по ноніусу:

$$b = 2a - a_n = 2 - 1,9 = 0,1 \text{ мм}.$$

Якщо довжину ноніуса L залишити такою ж, тобто 19 мм, але розділити цю відстань на 20 частин ($n = 20$), то a_n буде дорівнювати 0,95 мм, а величина відліку по ноніусу:

$$b = 1,0 - 0,95 = 0,05 \text{ мм}.$$

Величину відліку по ноніусу можна знайти й на підставі іншої, більш простої залежності. Якщо з вихідного положення переміщати ноніус щодо основної шкали, то послідовно будуть збігатися 1, 2, 3-і й, нарешті, останнє ділення. Причому всі ці послідовні збіги ділень ноніуса й штанги відбудуться в результаті переміщень ноніуса на один інтервал ділення штанги. Таким чином, величина відліку по ноніусу:

$$b = a/n.$$

При вимірі дробова частка міліметра дорівнює порядковому номеру шкали ноніуса K , що співпадає з яким-небудь штрихом штанги, помноженому на величину відліку по ноніусу, тобто K_b . Ціле число міліметрів, що міститься в розмірі деталі, визначається цілим числом інтервалів шкали, укладених між нульовим діленням штанги й нульовим діленням ноніуса, тобто A . Розмір деталі буде дорівнює $A + K_b$ (приклад відліку на рис. 2,2, в - 3,4 мм).

Похибка виміру штангенциркулем зовнішніх розмірів до 500 мм при величині відліку 0,05 мм становить не більше 0,1 мм. При вимірі внутрішніх

розмірів тим же штангенциркулем похибка виміру становить 0,15...0,25 мм для того ж діапазону розмірів.

Штангенглибиномір (рис. 2.3) призначений для виміру глибини отворів, пазів, висоти виступів і т.ін.

Конструкція штангенглибиноміра відрізняється від штангенциркуля тим, що тут відсутня нерухома губка, а замість рухомої губки на рамці 2 з ноніусом 4 зроблена траверса 3, що є підставою (опорою) при вимірі глибини пазів і отворів. Інші елементи конструкції і їхнє призначення аналогічні штангенциркулю.

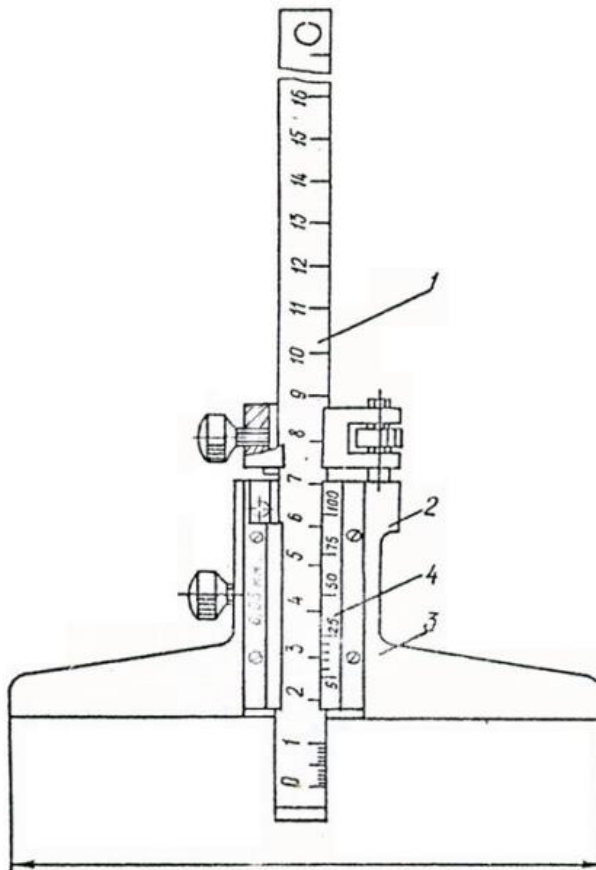


Рисунок 2.3 – Штангенглибиномір

Нульовий відлік виходить, якщо сумістити вимірювальну поверхню (торець) лінійки 1 і вимірювальну поверхню підстави 3.

Похибка виміру штангенглибиноміром з відліком 0,05 мм глибин до 300 мм становить 0,10...0,15 мм при відліку 0,1 мм - 0,2...0,3 мм.

Штангенрейсмус (рис. 2.4) застосовується в основному для розмічувальних робіт. У конструкції штангенрейсмуса, у відмінності від штангенциркуля, замість нерухомої губки знаходиться підстава 4, за допомогою якої штангенрейсмус встановлюється на плиті.

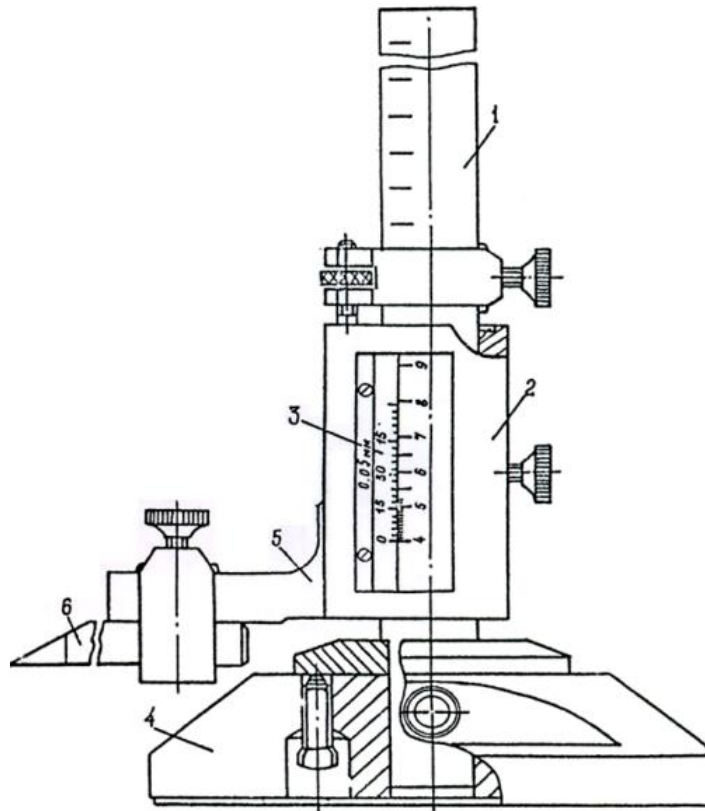


Рисунок 2.4 – Штангенрейсмус

На рамці 2 з ноніусом 3 є спеціальна державка 5 для закріплення змінних розмічальних ніжок 6. Деталь, що розмічається, і настроєний штангенрейсмус встановлюються на плиту. Штангенрейсмус переміщують по плиті, що притискається одночасно підставою до плити, а розмічальною ніжкою - до деталі, що, розмічається так, щоб на ній залишився помітний слід від розмічальної ніжки.

Мікрометричні вимірювальні засоби

До мікрометричних інструментів відносяться мікрометри, мікрометричні глибиноміри й мікрометричні нутроміри.

Мікрометричні інструменти засновані на принципі перетворення кутових переміщень у лінійні за допомогою гвинтової пари.

Крок гвинта мікрометричного інструмента прийнятий 0,5 мм. Один оберт барабана відповідає осьовому переміщенню 0,5 мм. Точність відліку мікрометричного інструмента 0,01 мм.

Гладкий мікрометр служить для виміру зовнішніх розмірів виробів. Гладкий мікрометр (рис. 2.5, а) складається з скоби 1 із запресованими в неї п'ятою 2 з міральною площиною й стеблом 4. Мікрометричний гвинт 5 вкручений у мікрометричну гайку 3 стебла, а його циліндрична частина із другою міральною площиною направляється точним отвором у лівій частині стебла. Барабан 6 кріпиться до мікрогвинта ковпачком. На кінці вузла гвинт-барабан знаходиться пристрій 7, що забезпечує створення певного постійного

вимірювального зусилля (7 ± 2 Н) Для фіксації мікрогвинта в потрібному положенні щодо скоби служить стопор. Відліковий пристрій мікрометра складається із двох шкал. Перша шкала 8 із ціною ділення 0,5 мм, рівної кроку мікрогвинта, нанесена на стебло 4 (рис. 2.5, б). Обертання барабана супроводжується його переміщенням уздовж стебла. Таким чином, по торцю барабана можна відраховувати цілі міліметри і 0,5 міліметра.

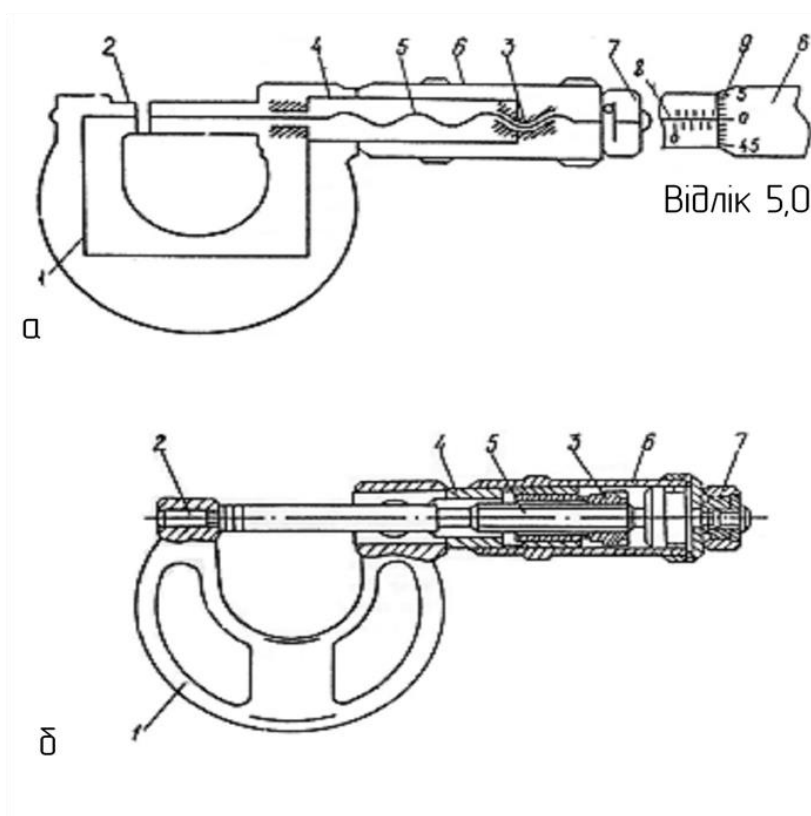


Рисунок 2.5 – Мікрометр гладкий

Друга колова шкала 9 складається з 50 ділень і нанесена на конічній частині барабана. Поворот барабана з мікрогвинтом на одне ділення щодо поздовжнього штриха на стеблі відповідає переміщенню торця мікрогвинта на величину $0,5/50 = 0,01$ мм. Отже, ціна відліку мікрометра рівна 0,01 мм.

Діапазон виміру мікрометра залежать від розмірів скоби й вимірювального переміщення мікрогвинта. Гладкі мікрометри для виміру розмірів до 300 мм випускаються з межами виміру (0...25, 25...50, 50...75, 275...300 мм), тобто через 25мм, а для розмірів понад 300 мм – через 100 мм.

Перед виміром мікрометром необхідно перевірити правильність його установки на нуль, для чого обертанням барабана за тріскачку 7 при відпущеному стопорі доводять до контакту мірильні площини. При перевірці мікрометрів з межами виміру 25...50 мм і більше між мірильними площинами повинні встановлюватися кінцеві міри або спеціальні еталони. Після триразового проклацування необхідно закріпити мікрогвинт стопором і

перевірити збіг нульового штриха колової шкали барабана з поздовжнім штрихом на стеблі.

Гранична похибка мікрометрів визначається верхніми границями вимірювання і становить від ± 4 мкм для мікрометрів з діапазоном вимірювання 0...25 мм до ± 50 мкм для мікрометрів з діапазоном вимірювань 500...600 мм. Мікрометри випускаються 1-го і 2-го класів точності з цифровим відліком ціною поділки 0,001 мм (рис. 2.5).

Мікрометричний глибиномір представляє собою вимірювальний пристрій на базі описаної мікрометричної пари й призначений для виміру глибини пазів, отворів і т.п. Мікрометричний глибиномір (рис. 2.6, б) складається з мікропарою 2, установлені в планці 1. Вимірювальними поверхнями глибиноміра є нижня площина планки 1 і торцева поверхня змінного стержня 3.

Устрій мікрометричного вузла аналогічно устрою мікрометра гладкого. Через особливість виміру оцифрування шкали на стеблі дане у зворотному напрямку в порівнянні зі звичайним мікрометром. На (рис. 2.6, а) зображено відліковий пристрій мікрометричного глибиноміра.

Мікрометричні глибиноміри випускаються з діапазоном вимірювань 0...100 і 0...150 мм і двох класів точності (1-го і 2-го).

Для мікрометричного глибиноміра додається чотири (25, 50, 75 і 100 мм) змінні вимірювальні стержні і дві (25 і 75 мм) установочні міри.

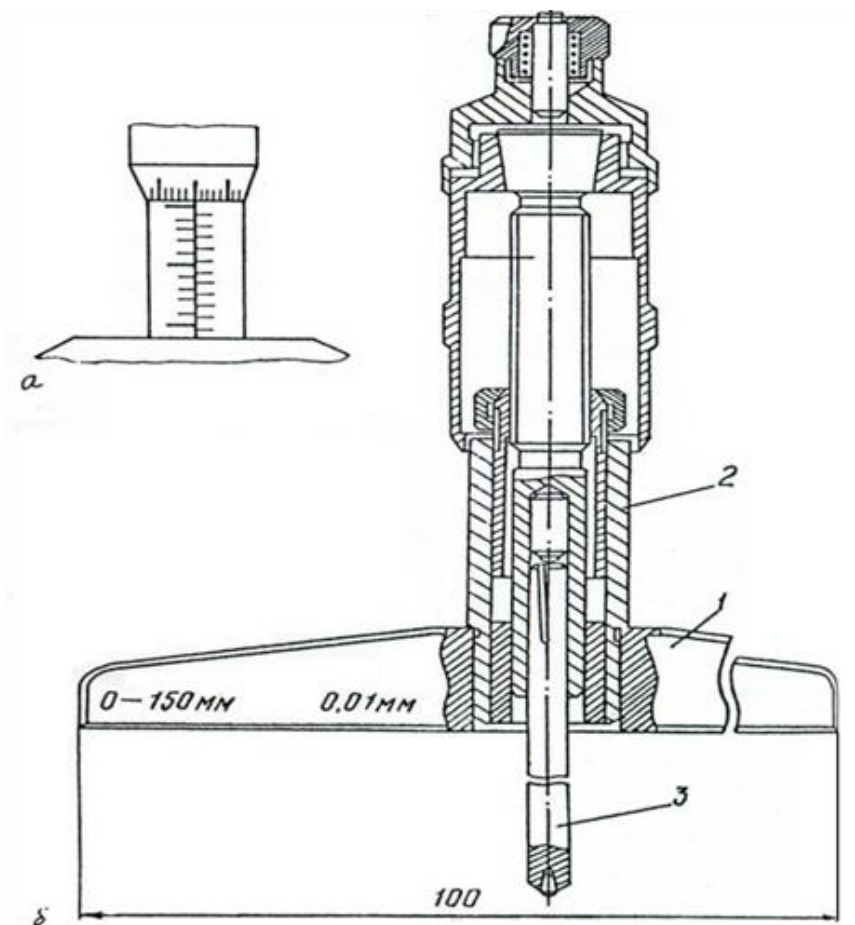


Рисунок 2.6 – Глибиномір мікрометричний

Щоб перевірити глибиномір для розмірів 25 мм, вимірювальний стержень 25 мм вставляють в отвір мікрометричного гвинта. Поверхню основи глибиноміра прижимають до плити. Обертаючи тріскачку, вимірювальну поверхню стержня доводять до зіткнення з плитою. Якщо при цьому відлік за шкалою глибиноміра дорівнює нулю, то інструмент настроєно правильно, якщо не дорівнює нулю потрібно відрегулювати, як було описано вище.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з контрольованою деталлю і розмірами, що треба виміряти.
2. Вивчити конструкцію вимірювальних інструментів, пристрій ноніуса й методику виконання вимірів.
2. Виконати вимір зазначених на ескізі розмірів. Визначити дійсні розміри деталі.
3. Оформити звіт (бланк звіту наведений у додатку А)

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Заповнити бланк звіту (див. додаток А). Зробити висновки відносно результатів проведеної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Назвіть типи штангенінструменту.
2. Моделі штангенциркулів, їх конструктивні особливості і призначення.
3. Як відрховуються при вимірах цілі і дробові частки міліметрів? Пристрій ноніуса.
4. Для яких цілей маркується товщина губок у деяких моделях штангенциркулів?
5. Для чого служить штангенглибиномір?
6. Для чого служить штангенрейсмус?
7. Види мікрометричних інструментів.
8. Влаштування мікрометрів.
9. Як знімати показання мікрометра? Налаштування мікрометра на нуль.
10. Для чого служить тріскачка?
11. Пристрій мікрометричного глибиноміра.
12. Пристрій мікрометричного нутроміра.
13. Устрій шкали ноніуса.

Лабораторна робота №3

СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВІЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Мета роботи:

- придбання практичних навичок в складанні технологічних карт візуального контролю.

Зміст роботи:

- ознайомитись з загальною методологією проведення контролю;
- провести вимірювання основних розмірів деталі, що підлягає контролю;
- визначити які дефекти плануються виявлятися та чи є вони припустимими;
- скласти технологічну карту.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, штангенглибиномір, мікромметр, мікрометричний глибиномір, деталь, лупа, стенд з різнотипними дефектами.

Короткі теоретичні відомості

Візуальний контроль є найбільш розповсюдженим методом контролю якості. Його застосовують при виготовленні будь-якої конструкції не залежно від того, які в подальшому будуть використовуватись методи контролю для більш детального визначення якості виготовленого виробу.

Візуальний контроль у багатьох випадках достатньо інформативний і є найбільш дешевим і оперативним методом контролю.

Візуальний і вимірювальний контроль проводять неозброєним оком і (або) із застосуванням візуально-оптичних приладів до 20-кратного збільшення (луп, мікроскопів, ендоскопів, дзеркал та ін.)

При контролі матеріалу і зварних з'єднань (наплавлень) при виготовленні (будівництві, монтажі, ремонті та реконструкції) технічних пристроїв і споруд використовують лупи з 2-7-кратним збільшенням, а при оцінці стану технічних пристроїв і споруд у процесі їх експлуатації - лупи до 20-кратного збільшення.

Поверхні матеріалів і зварних з'єднань (наплавлень) перед контролем очищаються від вологи, шлаку, бризок металу, іржі та інших забруднень, що перешкоджають проведенню контролю.

Візуальний вимірювальний контроль відрізняється від інших видів неруйнівного контролю межами спектральної області електромагнітного випромінювання, що використовується для отримання інформації про об'єкт. Помітне випромінювання (світло) – випромінювання, яке може безпосередньо викликати зорове відчуття.

Основним недоліком візуального вимірювального контролю є тільки поверхневий контроль. Мінімальний розмір дефекту, що виявляється неозброєним оком, дорівнює 0,1-0,2 мм.

Форму та розміри зварних швів контролюють універсальним чи

спеціальним вимірювальним інструментом, який має точність вимірювання $\pm 0,1$ мм, або спеціальними шаблонами.

При візуальному і вимірювальному контролю застосовують:

- лупи ГОСТ 25706-83, в тому числі вимірювальні;
- лінійки вимірювальні металеві ДСТУ ГОСТ 427:2009;
- косинці перевірочні 90 лекальні ГОСТ 3749-77;
- штангенциркулі ДСТУ ГОСТ 166:2009,
- штангенрейсмаси ДСТУ ГОСТ 164:2009;
- штангенглибиномір ДСТУ ГОСТ 162:2009;
- щупи ТУ 2-034-225-87;
- кутоміри з ноніусом ГОСТ 5378-88;
- стінкоміри і товщиноміри індикаторні ДСТУ ГОСТ 11358:2009;
- мікрометри ДСТУ ГОСТ 6507:2009;
- нутроміри мікрометричні і індикаторні ДСТУ ГОСТ 868:2009;
- калібри ГОСТ 24853-81;
- ендоскопи ГОСТ 23496-89, ГОСТ 20790-82;
- шаблони, у тому числі спеціальні і радіусні ГОСТ 4126-66, різьбові ГОСТ 519-77 та інші;
- перевірочні плити ГОСТ 10905-86;
- плоскопаралельні кінцеві міри довжини ДСТУ ГОСТ 9038:2009 з набором спеціального приладдя;
- штрихові міри довжини (брускові ГОСТ 12069 - 90, стрічкові рулетки ДСТУ 4179-2003, лінійки вимірювальні металеві ДСТУ ГОСТ 427:2009, складні металеві метри, об'єкт-мікрометри, скляні штрихові лінійки і шкали).

Візуальний і вимірювальний контроль рекомендується використовувати на стаціонарних ділянках, які повинні бути обладнані робочими столами, стендами та іншими засобами, які забезпечують зручність виконання робіт.

Ділянки контролю, особливо стаціонарні, рекомендується розташовувати в найбільш освітлених місцях, що мають природне освітлення. Для створення оптимального контрасту дефекту з фоном в зоні контролю необхідно застосовувати додаткове переносне джерело світла, тобто використовувати комбіноване освітлення. Освітленість контрольованих поверхонь повинна бути достатньою для надійного виявлення дефектів, але не менше 500 лк.

Забарвлення поверхонь стін, стель, робочих столів та стендів на ділянках візуального і вимірювального контролю рекомендується виконувати в світлих для збільшення контрастності контрольованих поверхонь деталей (складальних одиниць, виробів), підвищення контрастної чутливості ока, зниження загального стомлення фахівця, що виконує контроль.

Для виконання контролю повинен бути забезпечений достатній огляд для очей фахівця. Належна до контролю поверхня повинна розглядатися під кутом більше 30 градусів до площини об'єкта контролю з відстані до 600 мм.

Підготовка контрольованих поверхонь в процесі експлуатації технічних пристроїв і споруд проводиться службами організації, якій належить контрольований об'єкт. Підготовка контрольованих поверхонь в обов'язки

фахівця з контролю не входить.

На контрольованих поверхнях допускається наявність кольорів мінливості у випадках, коли це обумовлено в виробничо-технічній документації. Зона зачистки повинна визначатися інструкцією на вид робіт або на виготовлення виробу.

За відсутності вимог в інструкції зона зачистки деталей і зварних швів повинна становити:

- під всі види дугового, газового та контактного зварювання - не менше 20 мм із зовнішньої сторони і не менше 10 мм з внутрішньої сторони від крайок оброблення деталі;
- під електрошлакове зварювання - не менше 50 мм з кожної сторони зварного з'єднання;
- при зачистці кромки деталей кутових з'єднань труб (наприклад, вварка штуцера (патрубка) в колектор, трубу або барабан);
- зачистці підлягають: поверхня навколо отвору в основній трубі (колекторі, барабані) на відстані 15-20 мм, поверхня отвору під вварку деталі - на всю глибину і поверхню, яка приварюється (патрубка) штуцера - на відстані не менше 20 мм від кромки оброблення;
- при зачистці сталевих підкладних кілець, що залишається (пластини) або дротяної вставки, яка розплавляється - вся зовнішня поверхня підкладного кілець (пластини) і всі поверхні вставки.

При контролі забарвлених об'єктів фарба з поверхні в зоні контролю не видаляється, якщо це спеціально не обумовлено в інструкції і поверхня об'єкта не викликає підозру на наявність тріщин за результатами візуального контролю.

Очищення контрольованої поверхні здійснюється способом, вказаним у відповідних інструкціях (наприклад, промивання, механічна зачистка, протирання, обдування стиснутим повітрям та ін.) При цьому товщина стінки контрольованого виробу не повинна зменшуватися за межі мінусових допусків і виникати неприпустимі дефекти (риски, подряпини та ін.)

При необхідності підготовку поверхонь слід проводити іскробезпечним інструментом.

Шорсткість зачищених під контроль поверхонь деталей, зварних з'єднань, а також поверхню оброблення кромки деталей, складальних одиниць, виробів, підготовлених під зварювання, повинна бути не більше $Ra = 12,5 (80)$.

Припустимі при контролі відхилення визначено технічними умовами або державними стандартами.

ГОСТ 5264-80 – визначає основні типи і конструктивні елементи з припустимими відхиленнями на шви зварних з'єднань, виконані ручним електродуговим зварюванням;

ГОСТ 8713-79 – ці самі величини на шви зварних з'єднань, виконані автоматичним та напівавтоматичним зварюванням під шаром флюсу;

ГОСТ 15164-78 – на шви, виконані електрошлаковим зварюванням;

ГОСТ 14771-76 – дуговим зварюванням у захисних газах.

Під час зовнішнього огляду зварних швів виявляють такі зовнішні дефекти, як непровари кореня стикового шва, напливи, подрізи, незаварені кратери, тріщини, пори, шлакові і металеві включення, пропали, свищі, напливи металу, усадочні раковини, грубу лускатість шва, бризки розплавленого металу, оплавлення металу в результаті запалення зварювальної дуги, западання між

валиками шва та інші дефекти.

При візуальному і вимірювальному контролі зварних з'єднань контрольована зона повинна включати в себе поверхню металу шва, а також матеріалу, що примикають до нього з обох сторін від шва шириною:

- не менше 5 мм - для стикових з'єднань, виконаних дуговим та електронно-променевим зварюванням, електроконтактним зварюванням оплавленням, зварюванням встик нагрітим елементом при номінальній товщині зварних деталей до 5 мм включно;
- не менше номінальної товщини стінки деталі - для стикових з'єднань, виконаних дуговим та електронно-променевим зварюванням, електроконтактним зварюванням оплавленням, зварюванням встик нагрітим елементом при номінальній товщині зварних деталей понад 5 до 20 мм;
- не менше 20 мм - для стикових з'єднань, виконаних дуговим та електронно-променевим зварюванням, електроконтактним зварюванням оплавленням, зварюванням встик нагрітим елементом при номінальній товщині зварних деталей понад 20 мм, а також для стикових і кутових з'єднань, виконаних газовим зварюванням, незалежно від номінальної товщини стінки зварних деталей і при ремонті дефектних ділянок у зварних з'єднаннях;
- не менше 5 мм (незалежно від номінальної товщини зварних деталей) - для кутових, таврових, торцевих і внапуск зварних з'єднань і з'єднань вварювання труб в трубні дошки, виконаних дуговим та електронно-променевим зварюванням;
- не менше 50 мм (незалежно від номінальної товщини зварних деталей) для зварних з'єднань, виконаних електрошлаковим зварюванням.

Порядок і методика візуального контролю передбачаються технологічним процесом виробництва або нормативною документацією (технологічною картою).

Технологічні карти (ТК) є основними робочими документами, згідно з якими виконується ПК. Від їх якості, правильності опису в них технології контролю, ясності і чіткості їх викладення у великій мірі залежить ефективність неруйнівного контролю. Технологічна карта є нормативно-технічним документом за проведення ПК на підприємстві та призначена для постійного застосування на ділянці ПК.

Для зручності користування інформацією технологічні карти розробляють у вигляді таблиць, розбитих на графи. Заголовки граф повинні відображати суть інформації, наведеної в кожній з них. Послідовність граф у технологічній карті повинна впливати з логіки її застосування, послідовність виконання процесу контролю дефектоскопістом і значущості міститься в ній інформації. Структура технологічної карти і характер викладу в ній матеріалу повинні запобігати його неоднозначне тлумачення.

Карта технологічного містить повний опис технологічного процесу (робочого циклу) виробу або послуги та перелік вимог, що пред'являються виробу або послуги на всіх стадіях технологічного процесу. Технологічна карта візуального і вимірювального контролю повинна містити такі відомості:

1. Найменування організації і служби, що здійснює контроль.
2. Шифр карти.
3. Найменування контрольованого виробу (групи однотипних виробів) із

зазначенням стандарту або ТУ на виготовлення (монтаж, ремонт).

4. Найменування стадії контролю: вхідний контроль напівфабрикатів, контроль підготовки деталей під складання, контроль складання деталей під зварювання, контроль готових зварених сполук (наплавлень), контроль усунення дефектів, контроль при експлуатації.

5. Вимоги до установки об'єкта контролю в потрібне положення (якщо це можливо) і до введення об'єкта в режим контролю (освітленість об'єкта).

6. Порядок підготовки об'єкта контролю до проведення контролю.

7. Послідовність операцій контролю.

8. Перелік контрольованих параметрів із зазначенням нормативних значень при вимірювальному контролі.

Після проведення контролю одержані результати заночають до протоколу контролю.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з контрольованою деталлю.
2. Розробити методику контролю цієї деталі.
3. Оформити технологічну карту контролю (додаток Б).
4. Провести візуально оптичний контроль.
5. Оформити протокол (додаток В).

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Заповнити технологічну карту та протокол. Зробити висновки відносно результатів проведеної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Основні переваги та недоліки методів візуального контролю.
2. Який має бути рівень освітленості при контролі?
3. Які відомості має містити технологічна карта?
4. Яка має бути відстань від очей до контрольованого об'єкту?
5. Які прилади використовують для візуально-оптичного контролю?

Лабораторна робота №4

ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ДЕФЕКТІВ КАПІЛЯРНИМ МЕТОДОМ

Мета роботи:

- придбання практичних навичок по виявленню поверхневих дефектів капілярним методом.

Зміст роботи:

- ознайомитись з загальною методологією проведення контролю;
- провести підготовчі операції для проведення контролю;
- провести контроль деталей капілярним методом;
- скласти звіт.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, штангенглибиномір, мікрометр, мікрометричний глибиномір, деталь, лупа, стенд з різнотипними дефектами.

Короткі теоретичні відомості

Методи капілярної дефектоскопії знайшли широке застосування при контролі деталей із латуні, корозійностійких сталей, алюмінієвих, магнієвих та титанових сплавів, пластмас, пористого бетону і т. інш. З цих методів найбільш поширені кольорова, люмінесцентна і люмінесцентно-кольорова дефектоскопії. Усі вони базуються на капілярних явищах.

Дефекти типу тріщин мають малу ширину і велику, в порівнянні з шириною, глибину, що робить їх подібними до капілярних судин, що мають своєрідну властивість «всмоктувати» рідини, які змочують матеріал контролюємої деталі.

При виконанні контролю вказаним методом на деталь наносять спеціальну кольоровоконтрастну рідину (пенітрант), яка під дією капілярних сил заповнює порожнини поверхневих дефектів. Після цього з контролюємої поверхні залишки пенітранту видаляють. Для витягу пенітранту з порожнин дефектів на поверхню деталі наносять проявник. Останній, завдяки високій поглинальній здатності, всмоктує пенітрант внаслідок чого на поверхні, яку контролюють, утворюється індикаторний рисунок. Проявник також створює фон, що поліпшує видимість індикаторного рисунка.

Індикаторний рисунок набагато ширше границь дефекту і має яскравий колірний контраст, що полегшує визначення місця його розташування і форми

Методи капілярної дефектоскопії відрізняються характером індикаторного рисунка й оптичними засобами, що забезпечують його візуальний контроль.

При кольоровій дефектоскопії індикатором служить проникаюча рідина, що утворює червоний індикаторний малюнок на білому фоні проявника. Деталі оглядають при звичайному освітленні.

При люмінесцентній дефектоскопії використовують пенітранти, що здатні люмінісциувати під впливом ультрафіолетових променів. Виявлення дефектів проводиться за допомогою ультрафіолетового випромінювання.

Люмінісцентно-кольорова дефектоскопія включає елементи люмінісцентної і кольорової дефектоскопії. В цьому випадку застосовується пенітрант, що здатний не тільки люмінісциувати в ультрафіолетових променях, але і має видимий при звичайному освітленні колір. Огляд деталей можна робити як при звичайному освітленні, так і в ультрафіолетових променях.

Забруднення і різного роду покриття перешкоджають виявленню дефектів, тому поверхня деталі і порожнини дефектів перед контролем повинні бути ретельно очищені. Відповідна підготовка поверхонь деталей повинна проводитись з урахуванням попередніх технологічних операцій, що можуть викликати забруднення порожнин дефекту. Рідини (бензин, гас, органічні розчинники, вода, і т.д.), що потрапили в порожнини тріщини, перешкоджають проникненню в них індикаторних рідин і тим самим знижують інтенсивність фарбування чи люмінесценцію малюнка дефекту. Треба враховувати і вплив покриттів (гальванічних, лако-фарбових, окисних і т. д.), що знижують ефективність капілярних методів контролю. Тому при виборі способу підготовки деталей до контролю необхідно враховувати характер забруднення, вид покриття, вид обробки поверхні і природу матеріалу.

Існують наступні способи очищення виробів перед контролем: паровий, механічний, хімічний, електрохімічний, сушіння, промивання водою, органічними розчинниками із застосуванням ультразвуку або вакууму чи без них.

Заповнення порожнин дефектів індикаторною рідиною може бути проведене наступними способами: капілярним, капілярним з попереднім підігрівом проникаючої рідини, вакуумним, компресійним, ультразвуковим.

Найбільш простими способами є капілярний і капілярний з попереднім підігрівом рідини. Сутність їх полягає в тому, що заповнення тріщини відбувається під дією капілярних сил. Підігрів індикаторної рідини застосовується для зниження її в'язкості. Вакуумний і компресійний способи забезпечують більш повне заповнення порожнини тріщини і прискорюють процес просочення.

Ультразвуковий спосіб заповнення дефектів пенітрантом одночасно дозволяє робити й очищення їх від забруднення.

Видалення пенітранту з поверхні деталей потрібно проводити так, щоб він зберігся в порожнинах тріщин в якомога більшій кількості. Способи видалення проникаючої рідини можуть бути різні в залежності від властивостей самої рідини, шорсткості поверхонь деталей, умов контролю, необхідної продуктивності і т.д. Це може бути протирання ганчіркою, промивання водою чи розчинниками, обдування і т.п. Найбільш розповсюдженим є комбінований спосіб – промивання з наступним

протиранням ганчіркою або сушінням.

Для вилучення пенітранту, що залишився в порожнині дефекту, і створення фону для виявлення самого дефекту відразу ж після видалення пенітранту наносять проявник. Способи нанесення проявника вибирають в залежності від необхідної чутливості контролю, продуктивності, від умов контролю, складності форми деталей і т. інш. Проявник можна наносити щіткою, розпиленням повітряної суспензії, зануренням, посипанням і т.д.

Після нанесення проявника деталь витримують певний час (до закінчення процесу проявлення) при температурі навколишнього середовища для утворення індикаторного малюнка. Витримка при проявленні може також проводитися при тепловому, вакуумному, вібраційному чи іншому впливі на деталі.

Огляд деталей проводять або при звичайному освітленні, або в ультрафіолетових променях в залежності від застосованого пенітранту. Аналіз виявленого індикаторного малюнка дефекту можна проводити візуально і за допомогою оптичних засобів.

За характерними ознаками вказаного рисунка визначають тип дефекта. Наприклад, тріщини мають вид чітких суцільних або переривчастих ліній різної конфігурації, міжкристалітна корозія виявляється у вигляді плям або розмитих смуг, пори – у вигляді окремих крапок.

Крім дійсних дефектів індикаторний малюнок може з'являтися на уявних дефектах – рисках, забоїнах, забрудненнях поверхні. За особливими ознаками, можна розрізнити уявні і дійсні дефекти.

Із деталей, визнаних придатними, повинні бути вилучені проявник і інші матеріали, застосовані при дефектоскопії. При виборі способу вилучення враховують характер застосованих матеріалів, умови контролю, інтенсивність технологічного процесу і т.ін.

Для видалення проявника використовують протирання, промивання, обдування, хімічну обробку, випалювання і т. ін.

Під чутливістю капілярної дефектоскопії розуміють розмір мінімального по величині (ширині і глибині порожнини в поперечному перерізі) дефекту, що виявляється даним методом. Чутливість залежить від якості проведення кожної технологічної операції контролю, застосованих матеріалів, освітлення, температури навколишнього середовища та інше. Звичайно вважають, що чутливість люмінесцентного методу складає по ширині 10 мкм і по глибині 30-40 мкм, кольорового – по ширині 1-2 мкм і по глибині 10-30 мкм.

Крім вказаної високої чутливості до переваг цих методів варто віднести надійність контролю, можливість точно встановити місце дефекту, його ширину, довжину, можливість контролю деталей різних за формою, велику різноманітність матеріалів, що піддаються контролю, низьку вартість використовуваних матеріалів.

До недоліків методів капілярної дефектоскопії відносяться: великий відсоток ручної праці, необхідність ретельного очищення деталей перед

контролем, складність механізації й автоматизації процесу контролю, громіздкість стаціонарного устаткування, токсичність деяких дефектоскопічних матеріалів і обмежений термін їхнього зберігання, залежність результатів контролю від кваліфікації контролера.

Для проведення контролю за допомогою капілярної дефектоскопії на підприємствах використовують або звичайне устаткування – ванни, сушильні шафи, столи, розпилювачі і т. ін., або спеціальне устаткування, пристосоване до конкретного виробництва.

Спеціальне устаткування розділяють на переносне, пересувне і стаціонарне. Переносне і пересувне устаткування призначене для контролю деталей у польових умовах, на ремонтних підприємствах, при необхідності контролю невеликих ділянок без розбирання контрольованого вузла. Стаціонарне устаткування використовується при масовому контролі деталей на ділянках капілярної дефектоскопії. До комплектів переносних і пересувних дефектоскопів входять металеві флакони з дефектоскопічними матеріалами (рідинами, фарбами, розчинниками), переносні лампи, фарборозпилювачі, щітки, лупи та контрольні зразки.

Стаціонарні установки включають пристрої для нанесення проникаючої рідини, видалення рідини, промивання, сушіння, нанесення порошку і огляду деталей в ультрафіолетовому світлі. Транспортування деталей від однієї операції до іншої може бути механізоване (люмінесцентний дефектоскоп ЛДП-3). Існують автоматизовані установки для люмінесцентної і кольорової дефектоскопії, в яких автоматизовані усі технологічні операції, за виключенням візуального огляду, який проводить оператор.

Огляд деталей при люмінесцентній і люмінесцентно-кольоровій дефектоскопії проводиться при ультрафіолетовому освітленні. При цьому як джерело ультрафіолетових променів застосовують газорозрядні ртутні лампи високого і надвисокого тиску. Усі ці лампи, крім ультрафіолетових, випромінюють видимі й інфрачервоні промені. Для виділення ультрафіолетових променів застосовують світлофільтри.

Останнім часом розроблені і випускаються промисловістю лампи для люмінесцентної дефектоскопії, що не потребують застосування світлофільтрів.

Лабораторну роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкціями із техніки безпеки. Крім того оскільки при капілярній дефектоскопії використовують деякі токсичні матеріали і необхідно експлуатувати електроустановки, для запобігання професійних захворювань, отруєнь, попередження травматизму необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки і проводити технічні, санітарно-гігієнічні і організаційні заходи щодо охорони праці. Усі роботи із застосуванням розчинників, пенітрантів і проявників повинні виконуватись тільки на робочих місцях, які мають витяжну вентиляцію. Нанесення порошків, суспензій, фарб за допомогою розпилювачів проводити в спеціальній камері. Застосовувати індивідуальні заходи захисту органів дихання, а також спецодяг, окуляри.

Робітник повинен застосовувати ниткові і (зверху) гумові рукавички

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з контрольованою деталлю. На деталях виявити найбільш ймовірні місця утворення тріщин.
2. Розробити технологію дефектоскопії із застосуванням комплекту для кольорової дефектоскопії. У відповідності з розробленою технологією обробити зразки та найбільш ймовірні місця утворення тріщин на деталях.
3. Проаналізувати індикаторний рисунок, що утворився на зразках і деталях. Вказати які із виявлених дефектів дійсні і які уявні.
4. Оформити звіт.

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Заповнити технологічну карту та протокол. Зробити висновки відносно результатів проведеної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Типи дефектів, для виявлення яких доцільно застосовувати капілярні методи.
2. Типи капілярних методів.
3. Вимоги до хімічних реактивів, що застосовуються в капілярних методах.
4. Апаратура, що застосовується для проведення контролю капілярними методами.
5. Технологія виявлення дефектів капілярними методами.
6. Якими способами можна підвищити достеменність результатів контролю деталей капілярним методом?
7. Як відрізнити реальні дефекти від уявних (несправжніх).
8. Переваги та недоліки капілярних методів.

Лабораторна робота № 5

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФЕКТІВ МЕТОДОМ МАГНІТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЮ

Мета роботи:

- придбання практичних навичок в виявленні дефектів методом магнітопорошкового контролю.

Зміст роботи:

- ознайомитись з загальною методологією проведення контролю;
- провести підготовчі операції для проведення контролю;
- провести контроль деталі магнітопорошковим методом;
- скласти звіт.

Матеріальне забезпечення: зразки та деталі, постійний магніт, емульсія магнітного порошку

Короткі теоретичні відомості

Руйнування в деталях в багатьох випадках розпочинаються з поверхні. Тому працездатність деталей машин, їх якість і довговічність в значній мірі визначаються станом поверхні і наявністю дефектів у зовнішніх шарах матеріалу. Особливо небезпечні поверхневі дефекти типу тріщин, що можуть утворюватись при термічній, хіміко-термічній, механічній обробці і в процесі експлуатації виробів. Для виявлення вказаних дефектів широке поширення набув магнітопорошковий метод. Він може використовуватись для виявлення дефектів типу тріщин як тих, що виходять на поверхню, так і розташованих на невеликій глибині під поверхнею (до 2 мм) на деталях з феромагнітних матеріалів.

Переваги цього методу – висока чутливість, наочність, можливість контролю деталей різноманітної форми і на будь-якій стадії обробки, простота контролю і порівняно висока продуктивність.

Магнітопорошковий метод базується на виявленні магнітних полів розсіювання над дефектами за допомогою магнітних частинок (рис. 5.1).



Рисунок 5.1 – Поля розсіювання, обумовлені поверхневим (а) і підповерхневим (б) дефектами

Контроль складається з двох основних етапів: намагнічування матеріалу і нанесення магнітних частинок.

При намагнічуванні, зразків або виробів в місцях із поверхневи ми

дефектами, виникають пари магнітних полюсів, що діють подібно маленьким магнітам, що утримують на поверхні магнітний порошок. В результаті утворюється видиме зображення дефекту, яке показує розташування і довжину дефекту. Ширина смужки з осілого порошку значно більше ширини, тріщини, волосовини, тому магнітопорошковим методом можуть бути виявлені дрібні дефекти, які невидимі при візуальному контролі.

На характер і величину поля розсіювання над дефектом впливають змінні фактори: напруженість магнітного поля; магнітні властивості матеріалу; розмір і форма контролюємої деталі; форма, місце розташування і орієнтація дефекта в деталі. Найбільш чітко дефекти виявляються в тому випадку, коли напрямок магнітних ліній у виробі перпендикулярний напрямку дефектів.

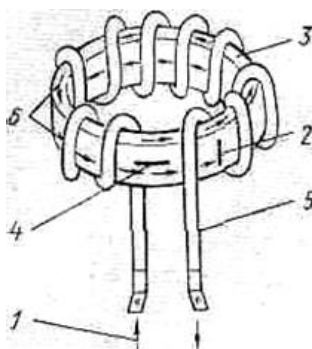
Слід зазначити, що чутливість магнітопорошкового методу залежить від багатьох факторів, зокрема, від значення характеристик поля, що намагнічує, властивостей матеріалу, якості магнітних порошоків і суспензій, від способу намагнічування, якості підготовки поверхні деталі, яку контролюють, освітленості робочого місця і т. ін. Реально магнітопорошковий метод дозволяє виявляти несутцільності із шириною розкриття 0,001 мм, глибиною 0,01 мм і більше.

Для виявлення дефектів, орієнтованих у різних напрямках, застосовують різні способи намагнічування: циркулярне, повздовжнє, комбіноване.

Відомі різні способи одержання циркулярного поля. Наприклад, пропусканням струму через стрижень або гнучкий кабель з високою електропровідністю (мідь, латунь, алюміній), пропущений усередину деталі із порожниною (кільце, циліндр, гільза).

Контроль внутрішніх поверхонь деталей проводять тільки цим способом.

Другий спосіб застосовують для намагнічування порожнистих деталей більшого внутрішнього діаметра. У цьому випадку струм пропускають, через обмотку, навиту на деталь у виді тороїда (рис. 5.2).



1 — напрямок струму; 2 — тріщина уздовж твірної (виявляється); 3 — радіальна тріщина на торці (виявляється); 4 — кільцева тріщина (не виявляється); 5 — тороїд; 6 — магнітні силові лінії

Рисунок 5.2 – Схема намагнічування виробів за допомогою тороїдної обмотки

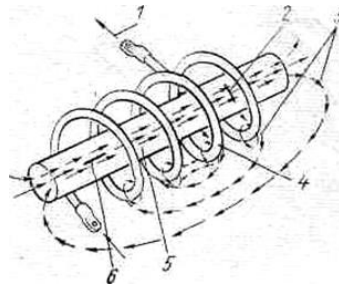
Циркулярне намагнічування деталей забезпечує виявлення дефектів, розташованих паралельно або під кутом до напрямку струму (крім кутів,

близьких до 90°).

Повздожнє намагнічування застосовують для виявлення поперечних дефектів. Воно здійснюється за допомогою електромагніта (стаціонарного або переносного) чи пропусканням струму через обмотку, навиту на деталь у вигляді соленоїда (рис. 5.3).

Повздожнє намагнічування застосовують у випадках, якщо форма деталі ускладнює її циркулярне намагнічування.

Довгі деталі намагнічують одразу по всій довжині при просуванні їх крізь соленоїд постійного струму. У соленоїдах змінного струму довгі деталі намагнічують по одній. Короткі деталі намагнічують одночасно по декілька штук, укладаючи їх ланцюжком.



1 — напрямок струму; 2 – поперечна тріщина (виявляється); 3 – магнітні силові лінії; 4 — соленоїд; 5 — тріщина під кутом 45° (виявляється); 6 — поздовжня тріщина (не виявляється)

Рисунок 5.3 – Схема поздовжнього намагнічування для виявлення поперечних дефектів

Комбіноване намагнічування здійснюють одночасним впливом на контрольовану ділянку деталі двох взаємно перпендикулярних змінних магнітних полів, зсунутих по фазі на 90° (обертове поле), або впливом одного змінного та одного постійного поля (гвинтове поле). При цьому одне з магнітних полів може бути циркулярним, а друге – повздожнім. При вказаному способі намагнічування контроль деталей необхідно здійснювати в прикладеному полі.

Перевагою комбінованого намагнічування є можливість одночасного виявлення дефектів як поздовжнього, так і поперечного напрямку, тобто практично всіх дефектів. При цьому зростають продуктивність і надійність даного методу контролю.

Магнітопорошковий контроль проводиться або способом прикладеного магнітного поля, або по залишковій намагніченості. При перевірці деталей по залишковій намагніченості технологія контролю складається з наступних операцій: підготовка деталей до контролю, намагнічування, нанесення суспензії, огляд, розшифровка результатів контролю і визначення відповідності ТУ, розмагнічування і контроль розмагніченості.

Контроль по залишковій намагніченості може проводитися тільки для деталей, виготовлених із магнітотвердих матеріалів з високою залишковою намагніченістю. Переваги цього способу перед способом прикладеного поля:

– зручність при огляді деталі, так як її можна помістити в будь-яке

- положення й оглядати неозброєним оком, або із застосуванням оптичних пристроїв;
- простота розшифрування результатів контролю, тому що на залишкову намагніченість мало впливають такі фактори, як наклеп, структурна неоднорідність і т. ін;
 - можливість нанесення суспензії (поливом чи зануренням) одночасно на велику кількість деталей;
 - зменшення перегріву в місцях контактів деталі з струмопровідником, оскільки для намагнічування витрачається мало часу.

При перевірці способом прикладеного магнітного поля намагнічування, нанесення суспензії й основну частину огляду роблять одночасно.

Контроль способом прикладеного поля проводять у таких випадках: деталь виконана з магнітом'якого матеріалу або має складну форму; необхідно контролювати дефекти, розташовані під поверхнею на глибині більш 0,01 мм, або дефекти знаходяться під шаром немагнітного покриття товщиною більше 30–500 мкм; коли потужність дефектоскопа не дозволяє одержувати необхідну напруженість магнітного поля; при необхідності контролювати великогабаритні деталі за допомогою приставних електромагнітів або переносних електроконтактів.

Способи виявлення дефектів. Для виявлення дефектів намагнічену деталь необхідно обробити магнітним порошком. Існує декілька способів нанесення сухого порошку або суспензій на контролюємий виріб: посипання, поливання, занурення у ванну.

Поливання застосовують як при контролі по залишковій намагніченості, так і в прикладеному полі.

Сухий порошок наносять на поверхню деталі у вигляді повітряної суспензії розпиленням порошку в спеціальних установках, або вручну за допомогою груші чи сита.

Для виявлення дефектів на деталях зі світлою поверхнею за допомогою магнітної дефектоскопії застосовується спеціальний чорний магнітний порошок. Для деталей з темною поверхнею застосовують порошки, що люмінісцирують під дією ультрафіолетового випромінювання. Крім порошоків можна користуватися пастами. Пасту випускаються для водяної, масляної і газової суспензій.

Магнітно-люмінесцентна суспензія готується на водяній основі або на будь-якій олії, що не світиться в ультрафіолетовому світлі.

Газово-масляну суспензію готують із суміші трансформаторної олії (МК чи МС) з гасом у пропорції 50:50 і чорного магнітного порошку. При контролі в прикладеному полі кількість чорного магнітного порошку в суспензії може бути знижена до 5–10 г/л, огляд роблять під час і після нанесення суспензії.

Огляд деталей проводять відразу після витягування їх з ванни, якщо застосовувалася водяна чи газова суспензія, або через 1 хв у випадку застосування масляної суспензії.

При застосуванні чорних порошоків і паст деталі оглядають під лампами денного світла з розсіяним випромінюванням. При магнітно-люмінесцентному контролі застосовують ультрафіолетові лампи. Освітленість деталі при огляді

під лампами денного світла повинна бути не менше 500 люкс, при огляді під ультрафіолетовими лампами – не менше 1000 люкс.

Осадження магнітного порошку може відбуватися як у місцях порушення суцільності, так і на уявних дефектах. Характер відкладення порошку дозволяє якісно, а іноді і напівкількісно оцінити глибину дефекту.

Гартівні тріщини виявляються дуже чітко, мають характерний щільний валик магнітного порошку. Малюнок тріщин це ламані лінії різного напрямку, частіше в напрямку рисок механічного оброблення і в місцях різких переходів перетинів.

Втомні тріщини виявляються у вигляді чітких ліній. Розташовані вони в основному в місцях концентрації напружень. Концентраторами напружень можуть бути подряпини, надрізи, гартівні тріщини, риси від різця чи напилка, місця різкої зміни перетину деталі. Розвивається тріщина втоми від поверхні і поширюється у глиб виробу.

Шліфувальні тріщини мають вигляд тонких чітких ліній у вигляді сітки або окремих рисок, розташованих поперек напрямку шліфування.

Волосовини виявляються у вигляді рисок, ліній, витягнутих у напрямку прокатки. Для виявлення волосовин на більш ранній стадії обробки необхідно проводити контроль у прикладеному полі. Це пов'язано з тим, що інтенсивність відкладення магнітного порошку на волосовинах залежить від глибини волосовини, розташування її щодо поверхні виробу і наявності знеуглецьованого шару на гранях волосовини. Якщо грані волосовини мають вид складок або кромки їх знеуглецьовані, то залишкова намагніченість у поверхневому шарі відносно мала і відповідно відкладення магнітного порошку слабке. Тому контроль у прикладеному полі доцільніше, ніж при його відсутності навіть при контролі загартованих магнітотвердих матеріалів.

Закати виявляються у вигляді хвилястих ліній (іноді розташованих паралельно одна одній). Закати, так само як і волосовини, в основному виявляються у прикладеному полі.

Неметалеві включення виявляються завдяки ланцюжків або точковим скупченням магнітного порошку.

Магнітний малюнок з'являється при наявності поля розсіювання, що може утворюватися не тільки в місцях порушення суцільності, але й у місцях, де немає дефектів. Відкладення магнітного порошку в деяких випадках має характерні риси, за якими можна відрізнити уявні дефекти від дійсних.

Найбільш часто відкладення, що призводять до помилок, зустрічаються в місцях структурної неоднорідності, механічного і магнітного наклепу, різких звужень перетину деталі, по рискам і слідам грубого механічного оброблення.

Уявні дефекти в основному дають розмити, слабку картину відкладення магнітного порошку і характерного валика порошку не спостерігається. Відкладення порошку в місцях ліквідації дуже важко відрізнити від відкладення порошку на тріщинах. У таких випадках разом з магнітопорошковим методом використовують капілярний, електромагнітний та. ін.

Магнітний контроль напівфабрикатів і виробів може проводитися із

застосуванням стаціонарних і переносних дефектоскопів.

За допомогою магнітних дефектоскопів можна перевіряти окремі деталі в зібраних установках без їх демонтажу, деталі серійного виробництва в автоматичному і ручному режимах, деталі різного діаметра і довжини. Існують універсальні дефектоскопи і спеціалізовані.

У більшості випадків при контролі однотипних деталей проводять часткову автоматизацію, тобто автоматизують затиснення деталі в контактному пристрої, пропускання струму через виріб, звільнення деталі з контактної пристрою. Обробку суспензією, огляд і дефектоскопію деталей контролер виконує окремо.

При контролі в прикладеному полі автоматизований цикл магнітопорошкового контролю включає затиснення деталі в контактному пристрої, пропускання струму, нанесення суспензії чи сухого порошку, звільнення деталі з контактної пристрою.

Залишкова намагніченість деталей може шкідливо впливати на роботу вузла, складовою частиною якого вони є. Тому після повздовжнього намагнічування, при якому на деталях утворюються полюси, необхідно розмагнічувати деталі, що йдуть на складання. Необхідно розмагнічувати деталі: що мають поверхні тертя; прецизійних приладів; що застосовуються в літакобудуванні.

У деяких випадках розмагнічування є обов'язковою операцією. Наприклад, якщо після зняття поля, що намагнічує, залишкова намагніченість незначна (деталі з магнітно-м'яких матеріалів у нетермообробленому стані), якщо після намагнічування в одному напрямку деталь буде намагнічуватися полем іншого напрямку не меншої величини, якщо деталь після намагнічування буде піддаватися термічній обробці з нагріванням вище точки Кюрі.

Розрізняють декілька способів розмагнічування, сутність яких зводиться до наступного: деталь поміщають у змінне магнітне поле, напруженість якого змінюється від заданого максимального значення до нуля.

Деталі, намагнічені при контролі в постійному магнітному полі краще розмагнічувати в змінному полі низької частоти (близько 5 Гц.) або комутуванням їх напрямку з одночасним зменшенням сили постійного струму.

Розмагнічування змінним магнітним полем можна здійснити двома способами: плавним зниженням сили струму в соленоїді або плавним виносом деталі із соленоїда. У першому випадку деталь поміщають у соленоїд до включення струму і видаляють після вимикання струму; у другому — відключення струму можна робити тільки після видалення деталі із соленоїда на відстань не менш 1 м.

Для кращого розмагнічування необхідно, щоб кожна ділянка деталі, що розмагнічується, побувала в зоні максимального поля. Це досягається або обертанням деталі в нерухомому магнітному полі, або обертанням поля при нерухомій деталі. Розмагнічувати деталі можна і пропусканням змінного струму безпосередньо через деталь чи стрижень, що проходить через отвір деталі, з поступовим зменшенням його сили до нуля. Цей спосіб застосовують в

основному при розмагнічуванні великих і важких деталей. Допускається також розмагнічування великих деталей окремими ділянками за допомогою переносних електромагнітів і соленоїдів змінного струму.

Для контролю ступеня розмагнічування можуть бути використані ферозондові прилади. Попередньо на кожну групу деталей повинні бути встановлені допустимі норми максимальної залишкової намагніченості. Вони встановлюються по мінімальній намагніченості, що набувається деталями після гарту. У цьому випадку на деталь діє лише поле Землі. Максимально припустима норма залишкової намагніченості звичайно береться в 3 рази більшою, ніж величина мінімальної намагніченості.

Порядок проведення роботи

1. Ознайомитися з контрольованою деталлю. На деталях виявити найбільш ймовірні місця утворення тріщин.
2. Розробити технологію дефектоскопії з застосуванням магнітного методу.
3. Зразки та деталі обробити за технологією магнітного контролю по залишковій намагніченості.
4. Проаналізувати рисунок, що утворився на зразках і деталях. Деталі і зразки розмагнітити і перевірити якість цієї операції.
5. Оформити звіт.

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Заповнити технологічну карту та протокол. Зробити висновки.

Контрольні питання

1. Для яких дефектів застосовують магнітні методи?
2. Вимоги до деталей, що контролюють магнітними методами.
3. Типи магнітних дефектоскопів та їх характеристики і призначення.
4. Підготовка деталей до проведення контролю.
5. Сутність способів намагнічування деталей для контролю.
6. Способи нанесення магнітного порошку.
7. Способи розмагнічування деталей.
8. У яких випадках розмагнічувати деталі необов'язково?
9. Способи підвищення чутливості магнітних методів.
10. Переваги та недоліки магнітних методів.

Лабораторна робота № 6

ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Мета роботи

- дослідити можливості вимірювання товщини виробів з різних матеріалів ультразвуковими товщиновимірниками.

Зміст роботи:

- ознайомитись з загальною методологією проведення контролю;
- провести підготовчі операції для проведення контролю;
- провести вимірювання товщини ультразвуковим методом ;
- скласти звіт.

Матеріальне забезпечення: ультразвуковий товщиномір, зразки та деталі для налагодження товщиноміра і контролю товщини.

Короткі теоретичні відомості

Для вимірювання товщини широко застосовують ультразвукові коливання. Частіше за все використовують резонансний та ехометод.

Резонансні методи дозволяють виконувати вимірювання товщин від мінімального значення:

$$h_{min} = c/(2f_{max}), \quad (6.1)$$

де c - швидкість звуку в матеріалі виробу,

f_{max} – максимальна частота приладу.

Підвищення цієї частоти до 30 МГц дозволяє вимірювати товщину сталевих виробів, починаючи від 0,06 мм. Вимірювання таких товщин іншими методами виконати не вдається. Похибка при використанні безконтактного методу становить 1...2%. У контактному варіанті похибка збільшується до 2...5 % унаслідок зсуву резонансів під впливом нестабільного акустичного контакту. Резонансний метод придатний для контролю виробів з відносно гладкими поверхнями. Зміна товщини в зоні виміру не повинна перевищувати 8 %, причому вимірюється середня товщина, а не найбільше її зменшення.

Ехоімпульсним методом товщину виробів можна визначити за часом проходження ультразвукового імпульсу і частоті повторень багатократних відбиттів ультразвукових коливань (УЗК).

Імпульс пружних коливань, поширюючись в металі з певною швидкістю, багатократно відбивається від протилежних поверхонь виробу і, чинить дію на п'єзоелемент (при зворотному ході), відаючи йому частину енергії. Ця енергія перетворюється в послідовний ряд видимих на екрані імпульсів.

Інтервал часу t між любими сусідніми імпульсами прямопропорційний товщині h виробу.

Якщо швидкість поширення ультразвуку c в об'єкті відома, то, вимірюючи час t проходження ультразвуку в об'єкті в прямому і зворотному

напрямах, можна визначити товщину за формулою

$$h = 0,5 ct. \quad (6.2)$$

Мінімальна контрольована товщина при заданій частоті залежить від тривалості ультразвукового імпульсу τ і інтервалу між ними t . При малих товщинах інтервал t може стати рівним тривалості ультразвукового імпульсу, при цьому багатократні відбиття на екрані приладу зіллються і контроль стане неможливим.

Для того, щоб була можливість контролювати вироби малої товщини, необхідно зменшувати тривалість випромінюємих імпульсів (наприклад, підвищенням частоти прозвучування) або застосуванням пошукових роздільно-сумісних головок.

Максимальна контрольована товщина залежить від потужності імпульсного генератора, його чутливості і частоти УЗК. Реально діапазон вимірюємих товщин становить від одного до декількох десятків мм.

Похибка ехоімпульсних приладів при вимірюванні виробів з добре обробленими паралельними поверхнями не перевищує 0,01 мм, мінімальна вимірюєма товщина плоских зразків становить 0,25 мм. При вимірюванні розмірів деталей з грубо обробленою поверхнею, з наявністю корозії і непаралельними поверхнями похибка вимірювань підвищується до 0,1-0,2 мм, а мінімальна вимірюєма товщина до 1,2-1,5 мм.

Відносну похибку ($\Delta h/h$) у вказаних випадках можна визначити за формулою:

$$\Delta h/h = \Delta c/c + \Delta t/t$$

де $\Delta c/c$ – відносна похибка у визначенні швидкості поширення ультразвукових хвиль;

$\Delta t/t$ – відносна похибка у визначенні часу проходження ультразвуковими хвилями вимірюємої товщини.

Настроювання на швидкість звуку виконують за зразком чи по ділянці об'єкту контролю (ОК) відомої товщини таким же способом, як і при вимірюванні товщини, тому похибка визначення швидкості і часу приблизно збігаються, з врахуванням цього

$$\Delta h/h = 2\Delta t/t. \quad (6.2)$$

Для зменшення похибки, що пов'язана зі зміною часу проходження імпульсу через шар контактної рідини, підвищують вимоги до чистоти поверхні ОК, стабілізують притиснення перетворювача, виконують настроювання приладу і вимір на зразках з однаковою шорсткістю поверхні. Радикальний засіб усунення цієї похибки – виключення часу пробігу імпульсу в контактній рідині з вимірюваного інтервалу часу. Для цього потрібно розділити імпульси,

відбиті від обох поверхонь шару контактної рідини, і виміряти інтервал часу, між імпульсом, що відповідає відбиттю від поверхні введення і донним сигналом. Таку задачу досить просто вирішити для імерсійного ультразвукового товщиноміру, де шар рідини товстий і сигнал, що вводиться в імерсійну рідину, чітко відрізняється від сигналу, відбитого від поверхні введення.

У контактних товщиномірах, котрі застосовуються при ручному контролі, виділити сигнал, що відповідає відображенню від контактної поверхні ОК, можна тільки при дуже малій тривалості імпульсу, для одержання якого потрібно застосувати ширококутовий перетворювач. Можливе також використання багаторазового відбиття імпульсів в ОК. Імпульси, починаючи з $n = 2$, відповідають відбиттям між поверхнями ОК. На відстань між ними не впливає шар контактної рідини.

Похибка від впливу акустичного контакту виключається при використанні безконтактних способів випромінювання і прийому акустичних хвиль. Для цієї мети застосовують електромагнітно-акустичні (ЕМА) перетворювачі. Ширококутовість таких перетворювачів дозволяє формувати короткі імпульси, що важливо для досягнення високої точності. ЕМА перетворювачі легко збуджують поперечні, ніж поздовжні хвилі. Це також зручно, оскільки швидкість поширення поперечних хвиль менше, ніж поздовжніх. Тому вимірюваний інтервал часу збільшується і відповідно зменшується похибка $\Delta t/t$. Невелика чутливість ЕМА перетворювачів не є перешкодою при використанні цього способу в приладах, де донний сигнал має велику амплітуду.

Із інших чиників, що викликають похибку виміру, слід зазначити зміну температури. Вона призводить до зміни швидкості звуку в ОК, що компенсують підстроюванням на швидкість звуку. Змінюється також швидкість звуку в матеріалі перетворювача. Для виключення цієї похибки прилад повинний забезпечувати вимір часу пробігу імпульсу між поверхнями ОК і не включати в зазначений інтервал час пробігу в призмах і інших акустичних затримок.

При контролі РС-перетворювачами час пробігу імпульсу збільшується не пропорційно товщині, а за більш складним законом. Це пов'язано зі зміною кута нахилу променя, що проходить найкоротшим шляхом від випромінювача до дна ОК і потім до приймача. Щоб уникнути розглянутої похибки, прилад градуують по зразкам, причому в області малих товщин кількість градуювальних точок збільшують.

Похибка збільшується зі зменшенням товщини ОК. Це характерна риса виміру відстаней ехометодом.

Необхідно звернути увага на специфічну помилку виміру виробів малої товщини. Коли товщина ОК менше мінімального значення, вимірюваного приладом, то прилад може зафіксувати не перший донний сигнал (який злився з зондувальним імпульсом), а другий. У результаті буде допущена помилка: значення товщини буде вдвічі більше реального.

Максимальна товщина ОК фізичними причинами звичайно не обмежена, крім великого загасання ультразвуку в деяких матеріалах. У конкретних приладах її визначає мінімальна швидкість розгортки. Звичайно максимальну товщину (для матеріалів з невеликим загасанням ультразвуку) обмежують розміром 200... 1000 мм. Великі товщини вимірюють імпульсними дефектоскопами і механічними засобами.

Зовнішня поверхня ОК повинна забезпечити можливість надійного акустичного контакту з перетворювачем, так само як при дефектоскопії. Стан внутрішньої поверхні ОК визначає вибір типу ультразвукового товщиноміра. Для контролю виробів з нерівною внутрішньою поверхнею застосовують тільки прилади, що мають високу чутливість і використовують для виміру перший донний сигнал.

Припустимий радіус кривизни ОК – важлива експлуатаційна характеристика товщиноміра, при застосуванні його для контролю товщини стінок труб. Зменшення радіуса кривизни приводить до зменшення площі контакту перетворювача з поверхнею ОК і, отже, до зменшення амплітуди вимірюваного ехосигнала. Реально дефектоскопи дозволяють контролювати трубу діаметром 5...10 мм. Значно кращі показники при мінімальному радіусі кривизни поверхні мають імерсійні резонансні товщиноміри. Ними можна контролювати товщини стінок труб діаметром 3 мм і більше.

Імпульсний товщиномір включає ряд вузлів, призначення і принцип дії яких аналогічні використуванним в дефектоскопії а саме: генератор зондувальних імпульсів, перетворювач, приймач-підсилювач. Зазначимо їх деякі особливості. Генератор формує електричний зондувальний імпульс з крутим фронтом, а смуги пропускання підсилювача і перетворювача розширені в області високих частот, щоб забезпечити проходження імпульсів з таким фронтом.

Для перевірки і настроювання товщиномірів використовують *стандартні зразки*. Звичайні плоскопаралельні кінцеві міри довжини типу щупів, плиток Йогансона мало придатні для калібрування товщиномірів у зв'язку з ненормованою зміною в них швидкості ультразвуку. Держстандартом розроблені і введені спеціально для перевірки ультразвукових товщиномірів комплекти мір товщини. Вони атестовані із похибкою 0,7 % при товщинах 0,2 – 10 мм; 0,4 % – при товщинах 10 – 12 мм і 0,3% – при товщинах 12 – 300 мм.

Інший комплект стандартних зразків дозволяє визначити вплив різних факторів: шорсткості поверхні, радіуса кривизни, непаралельності поверхонь. Товщиноміри перевіряють також на здатність визначати ділянки з локальним зменшенням товщини стінки. Перевірку виконують на зразках із плоскодонними отворами.

Для повсякденної перевірки працездатності універсальних товщиномірів виготовляють зразки із гладкими паралельними поверхнями з матеріалів з малим коефіцієнтом загасання УЗК (наприклад, із вуглецевої сталі). Для масової перевірки однотипних виробів виготовляють зразки, що максимально відповідають контрольованим виробам по матеріалу, радіусу кривизни,

технології обробки поверхонь. Це дозволяє підвищити точність виміру товщини.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити органи керування товщиновимірювача.
2. Налагодити товщиновимірювач за допомогою стандартних зразків.
3. Виміряти товщину зразків за допомогою ультразвукового товщиновимірювача і мікрометра порівняти результати, розрахувати похибку.
4. Оформити звіт.

Зміст звіту

Описати основні теоретичні положення відповідно до завдання. Пояснити характер процесів, що відбуваються при вимірюванні товщини зразків. Зробити висновки відносно результатів проведеної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Показати актуальність застосування ультразвукових методів для контролю деталей.
2. На яких фізичних явищах базується контроль за допомогою ультразвукових методів?
3. Вказати типи методів та датчиків, що використовуються при вимірюванні товщини. Охарактеризувати їх переваги і недоліки.
4. Порівняти можливості резонансного методу та ехометоду при вимірюванні товщини.
5. Якими способами можна зменшити похибки при контролі товщини?
6. Описати підготовку об'єкту контролю до проведення контролю.
7. Навести приклади доцільності використання ультразвукових методів контролю товщини при виробництві і експлуатації деталей.
8. Сутність та можливості ультразвукових методів при вимірюванні товщини.
9. Визначення часу проходження ультразвукового імпульсу.
10. Особливості будови ультразвукових товщиновимірювачів.
11. Технічні характеристики ультразвукових товщиновимірювачів.
12. Визначення похибок вимірювань.

Лабораторна робота № 7

ПРОВЕДЕННЯ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЮ

Мета роботи

- навчитись проводити тепловий контроль за допомогою приладів безконтактної дії.

Зміст роботи:

- ознайомитись з загальними відомостями про методологію проведення контролю;
- вивчити будову та принцип дії безконтактного термометру;
- провести вимірювання температури об'єкту контролю;
- скласти звіт.

Матеріальне забезпечення: безконтактний термометр моделі AR 360A+, зразки та деталі для контролю.

Короткі теоретичні відомості

Тепловий контроль заснований на реєстрації температури, теплового поля, світлового випромінювання або теплового контрасту контрольованого об'єкта.

Теплові методи контролю дозволяють визначати температуру об'єктів і виявляти дефекти матеріалів і виробів по зміні розподілу й інтенсивності теплового випромінювання.

Теплової контроль (скорочене позначення – ТК) ґрунтується на аналізі теплових полів, спровокованих дефектами в досліджуваних об'єктах. Фізично цей вид НК побудований на тому, щоб зареєструвати інфрачервоне випромінювання і перетворити його в видимий спектр і(або) електричний сигнал за допомогою спеціальних пристроїв. Найчастіше це тепловізор, пірометр, вимірювач теплопровідності, термометр і т.д. Основні керівні документи для ТК – ГОСТ Р 56511-2015, РД 13-04-2006, ГОСТ Р 54852-2011 і інші нормативи.

Тепловий метод контролю застосовується для енергоаудиту, технічної діагностики, будівельної та інших видів експертизи будівель і споруд, трубопроводів, інженерних мереж, обладнання, теплозахисних конструкцій. ТК дозволяє визначити стан всіляких машин і механізмів, електричних, холодильних установок, турбін, генераторів, котлів, конденсаторів, судин і т.д. Термографія – ефективний спосіб перевірки трансформаторів, ізоляторів, роторів, обмоток, зварних і паяних з'єднань та ін.

На відміну від більшості інших видів дефектоскопії, область поширення ТК не замикається лише на небезпечні виробничі об'єкти. Його повсюдно використовують у цивільному або, якщо завгодно, побутовій сфері. Наприклад, для оцінки тепловтрат віконних і дверних прорізів, покрівель, стін приватних будинків.

Своєю популярністю теплової метод контролю зобов'язаний своїм перевагам, таким як:

- безпека для персоналу;
- відсутність потреби в демонтажі і зупинки експлуатації;
- висока точність результатів і швидкість їх отримання. Похибка при замірах температури у багатьох сучасних тепловізорів не перевищує 0,1°;
- висока інформативність;
- можливість застосування до конструкцій і споруд з самих різних матеріалів.

При цьому термографія – досить специфічний метод НК. Він доступний тільки для тих випадків, коли є чітко виражена конвекція теплових потоків. Пов'язані з цим недоліки теплового контролю обумовлені тим, що результати можуть бути перекручені через опади - дощу та снігу, а також через вітер (понад 7 м / с), пилу, сажі, занадто яскравого штучного освітлення. Додаткову похибку вносить сонце, через якого поверхнева температура стає вище норми; висока відносна вологість і густий туман.

Критично важлива умова для проведення ТК полягає в тому, щоб температура поверхні значно відрізнялася від температури навколишнього середовища. Різниця повинна бути достатньою, щоб термочутливий елемент тепловізора (або іншого приладу) зміг безпомилково її розпізнати.

Тепловий контроль дозволяє:

- виявляти дефектні ділянки конструкцій з тріщинами, порами, пустотами, раковинами, непроварами, непроклея, структурною неоднорідністю, термічним і втомним перенапруженням;
- виявляти місця освіти і скупчення конденсату – наприклад, через неправильно покладеного утеплювача;
- виявляти витоки рідин і пара;
- визначати місця скупчення відкладень в радіаторах і теплообмінниках;
- виробляти трасування теплотрас та інших трубопроводів, розпізнавати місця прокладки прихованих комунікацій;
- оцінювати якість теплоізоляційних матеріалів і їх монтажу;
- відслідковувати фактичні обсяги енергоспоживання на об'єкті.

Етапи проведення теплового контролю можна розділити на кілька послідовних кроків, таких як:

1) вивчення ТУ, документації на об'єкт, умов виконання робіт, метеорологічних зведень, прилеглих будівель, можливих перешкод для тепловізійної зйомки;

2) розробка і узгодження програми робіт (технологічної карти);

3) підбір, перевірка справності, настройка апаратури;

4) визначення реперних зон з геометричною прив'язкою до розмірів об'єкта;

5) безпосередньо теплової контроль згідно з раніше затвердженою технологічною картою, вимірювання температури досліджуваної поверхні і параметрів навколишнього середовища;

6) аналіз і розшифровка термограмм, виконання теплотехнічних розрахунків, аналіз теплових аномалій;

7) заповнення протоколу / укладення / звіту (форма узгоджується з замовником заздалегідь) із зазначенням дати і часу проведення ТК, відомостей про персонал, списку виявлених дефектів. Додатково додаються ескізи,

термограми, розрахунки з результатами кількісного і якісного аналізу.

Тепловий контроль підрозділяється на:

- активний і пасивний. Перший використовується для об'єктів, що не виділяють власного тепла. В цьому випадку його піддають нагріванню за допомогою зовнішніх джерел. Така стимуляція допомагає виявляти тріщини, пористості, розшарування, неоднорідності структури, а також вивчати теплопровідність, коефіцієнт випромінювання, теплоємність матеріалів і т.д. Набагато більш популярним, ніж активний, представляється пасивний метод теплового контролю. Він зводиться до простого виміру температури поверхні. Застосовується для об'єктів, які на стадії виготовлення, монтажу, ремонту, експлуатації самі по собі виділяють тепло. Іншого зовнішнього впливу не передбачається. Пасивний спосіб дозволяє перевіряти тепловий режим об'єкта, його геометрію і визначати відхилення від норми;
- контактний і безконтактний. Різниця між ними ясна з назв. Контактний метод надійніше, але завжди реалізуємо технічно. Гранично допустима температура нагріву термопар, термометрів, термоолівців та інших інструментів строго обмежена. У одних пристроїв вона більше, в інших – менше, але все ж не нескінченна. Крім того, нормальному виконанню контактного теплового контролю може перешкодити складний форма об'єкта, через яку не можна домогтися щільного контакту датчика з поверхнею. Безконтактний метод «багатший» за своїми можливостями. Крім температури в окремій точці, він підходить для вивчення градієнта температур, променистих потоків, розмірів дефектів, самого об'єкта і т.д. Виміри проводяться на безпечному віддаленні від гарячих поверхонь. Правда, як ми вже відзначали вище, обстеження стає неможливим, наприклад, при нестабільному коефіцієнті випромінювання, сильному тумані, наявності потужної сторонньої підсвічування і інших факторів;
- термометричний та теплотетричний. Перший вимірює температуру, другий – теплові потоки.

Прилади, застосовувані для теплового контролю, можна розділити на дві групи: контактної дії; неконтактної дії.

Найчастіше використовують:

- наглядові та вимірювальні тепловізори. Прилади першої категорії візуалізують теплове поле, вибудовуючи кольорове зображення, але без точних значень. Вимірювальні ж пристрої здатні формувати деталізовану теплову карту, де додатково до наочного кольорового зображення можна відстежити температуру будь-якої окремо взятої точки;
- пірометри (вони ж ІК-термометри). Створені для теплового контролю розпечених і важкодоступних об'єктів, для яких контактні виміри не подаються можливими. Завдяки пірометрами можна дізнаватися точні значення на комфортному і безпечній відстані від поверхні;
- вимірювачі щільності теплових потоків і температури. Призначені для аудиту відповідно до ГОСТ 25380-2014. Зокрема, використовуються для контролю температури всередині і зовні будинків, термічного опору огорожувальних конструкцій і т.д. Такі вимірювачі розраховані на діапазон температур від -30 до +50 °С. За допомогою таких пристроїв проводять тепловий контроль і енергоаудит споруджуваних і експлуатованих будівель, перевіряють якість робіт по теплоізоляції, обробці, поточного утримання об'єктів;
- інформаційні логгери – це переносні комплекси в міцному пилезахищеному корпусі, призначені для контролю температури і вологості. Реєстратори оснащуються дисплеєм для відображення даних, які паралельно зберігаються в незалежній пам'яті або відразу

- передаються на ПК;
- термоолівці. Дуже простий, надійний, недорогий і достатній інструмент для теплового методу контролю. Термоолівці представляють собою стрижні з лакополімерних композитів, вмонтовані в металевий корпус. Кожен стрижень плавиться строго при певній температурі. Для вимірювання температури поверхні потрібно лише докласти до неї термоолівець. На вибір передбачено 113 варіантів термоолівців, кожен з яких розрахований на своє температурне значення в діапазоні від +38 до +1024 ° С. Такі пристосування не містять складної і вразливою електроніки. Для використання таких інструментів потрібно мати доступ до об'єкта.

Інфрачервоний термометр – це термометр, який визначає температуру за допомогою реєстрації променів теплового випромінювання, яке іноді називається випромінюванням чорного тіла, що поширюється від вимірюваного об'єкта. Такі термометри іноді називаються лазерними термометрами, якщо в них використовується допоміжний лазер, або безконтактними термометрами, оскільки термометр дозволяє вимірювати температуру на відстані. Знаючи кількість інфрачервоної енергії, яку випромінює об'єкт і його випромінювальну здатність, можна визначити його температуру. Інфрачервоні термометри являють собою підмножину пристроїв, відомих як «термометри теплового випромінювання».

При значеннях температури, які близькі до температури навколишнього середовища, можливе отримання неправдивих і неточних свідчень при вимірюванні таким термометром. Це відбувається тому, що часто вимірюється відбите випромінювання від об'єкта, якогось іншого джерела тепла, наприклад, розігрітої стіни або іншого теплішого об'єкта поруч – навіть людина, яка тримає термометр, іноді може бути джерелом похибки. Також помилки можуть бути внаслідок неправильної оцінки випромінювальної здатності.

Найпростіший прилад складається з лінзи, яка фокусує інфрачервоне теплове випромінювання на датчик, який перетворює інтенсивність випромінювання на електричний сигнал, що може бути представлений в одиницях температури після того, як буде врахована температура навколишнього середовища. Така конструкція дозволяє здійснювати вимірювання температури на відстані без контакту з об'єктом вимірювання. Таким чином, інфрачервоний термометр використовується для вимірювання температури в умовах, коли термопара або інші подібні датчики не можуть бути використані або не дозволяють отримати точні дані з різних причин.

Для лабораторної роботи застосовується інфрачервоний термометр AR360A+. Принцип дії заснований на вимірюванні потужності теплового випромінювання об'єкта вимірювання переважно в діапазонах інфрачервоного випромінювання і видимого світла (рис. 7.1).

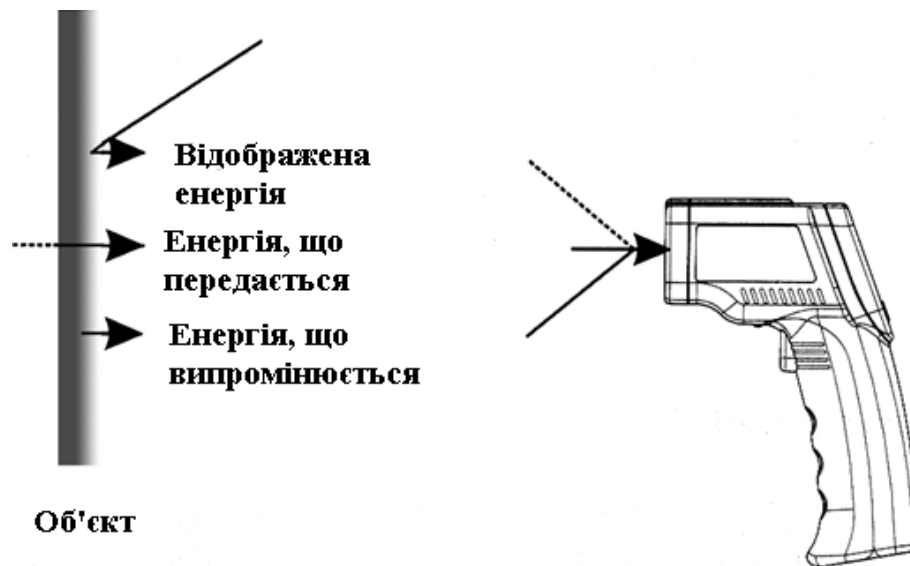


Рисунок 7.1 – Принцип дії безконтактного термометру

Характеристики приладу:

- вимірювання температури на відстані;
- рідкокристалічний дисплей з підсвічуванням;
- автовимкнення підсвічування після 7 секунд, і повне виключення після 20 секунд бездіяльності, для економії батареї;
- миттєве включення, постійна готовність до роботи, миттєве вимір;
- лазерний показчик – червона точка (відключається);
- тип індикатора: рідкокристалічний дисплей 23x23 мм;
- кнопка перемикання °C / °F (Цельсія / Фаренгейта);
- час вимірювання – близько 0,5 с;
- температура експлуатації: від 0 °C до 40 °C;
- діапазон виміру температур: від -50 °C до 420 °C, від -58 °F до 788 °F;
- роздільна здатність 0,1 °C;
- спектральний канал: 8-14 мкм;
- випромінювальна здатність: 0,95;
- точність: ± 2%;
- дистанція до розміру плями: 12: 1.

Об'єкт вимірювання має бути більшим за область вимірювання, розрахована по відношенню 12:1. Чим далі знаходиться об'єкт вимірювання, тим більшою буде область вимірювання (рис. 7.2).

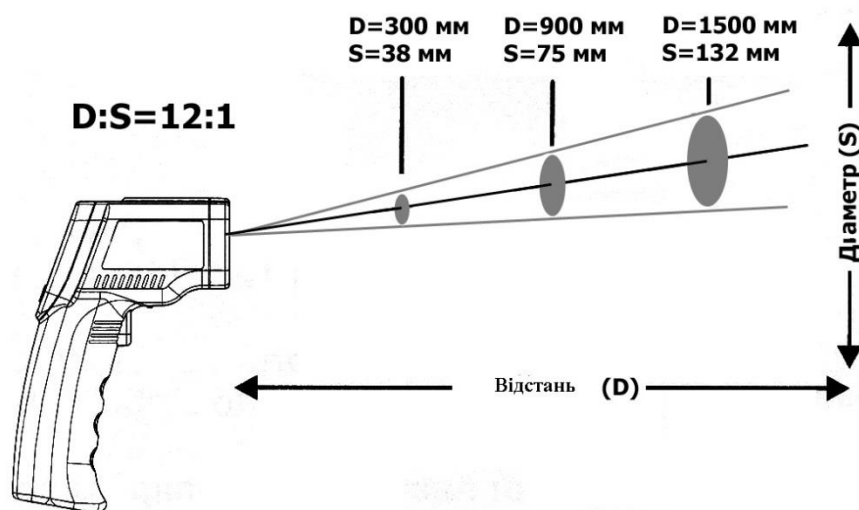


Рисунок 7.2 – Вибір зони вимірювання

Прилад налаштований на фіксоване значення теплового випромінювання – 0,95. Більшість (90% типових застосувань) органічних матеріалів, пофарбовані або окисдовані поверхні мають коефіцієнт теплового випромінювання 0,95 (фіксоване значення в даному приладі). Неточний результат вимірювання буде мати місце при спробі вимірювання на блисківій або полірованій металевій поверхні. Щоб уникнути неточності вимірювання необхідно наклеїти на таку поверхню липку плівку або нанести смугу чорною фарбою, зачекати час для вирівнювання температури плівки і поверхні основного матеріалу, на який вона нанесена та виміряти температуру плівки або забарвленої поверхні.

Таблиця 7.1 – Коефіцієнти теплового випромінювання

Речовина	Значення	Речовина	Значення
Асфальт	0,90 ~ 0,98	Гума (Чорна)	0,94
Тканина (чорна)	0,98	Сніг	0,83
Бетон	0,94	Пластмаса	0,85 ~ 0,95
Людська шкіра	0,98	Скло	0,90 ~ 0,95
Цемент	0,96	Деревина	0,90
Піна	0,75 ~ 0,80	Кераміка	0,90 ~ 0,94
Пісок	0,90	Папір	0,70 ~ 0,94
Деревне вугілля	0,96	Мармур	0,94
Земля	0,92 ~ 0,96	Окиси хрому	0,81
Лак	0,80 ~ 0,95	Гіпс	0,80 ~ 0,90
Вода	0,92 ~ 0,96	Окиси мідні	0,78
Лак (Матовий)	0,97	Вапно	0,89 ~ 0,91
Лід	0,96 ~ 0,98	Окиси заліза	0,78 ~ 0,82
Текстиль	0,90	Цегла	0,93 ~ 0,96

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкції й принцип дії приладів контактного й

неконтактного визначення температури.

2. Взяти прилад в руку за рукоятку і направити на поверхню об'єкта вимірювання. Натиснути і утримувати кнопку ВИМІР. При вимірюванні у верхньому лівому куті дисплея буде присутній символ "SCAN".

3. Обрати шкалу вимірювання шкали вимірювання ($^{\circ}\text{C}$ або $^{\circ}\text{F}$).

4. Відпустити кнопку ВИМІР, і на дисплеї з'явиться символ "HOLD", який вказує що виміряне значення зафіксовано на екрані.

5. Зафіксувати температуру об'єкту контролю.

6. Оформити звіт.

Зміст звіту

Короткий опис і схеми приладів для контролю температури. Результати вимірів температури. Виводи й рекомендації, зроблені на підставі отриманих результатів. вимірів температури.

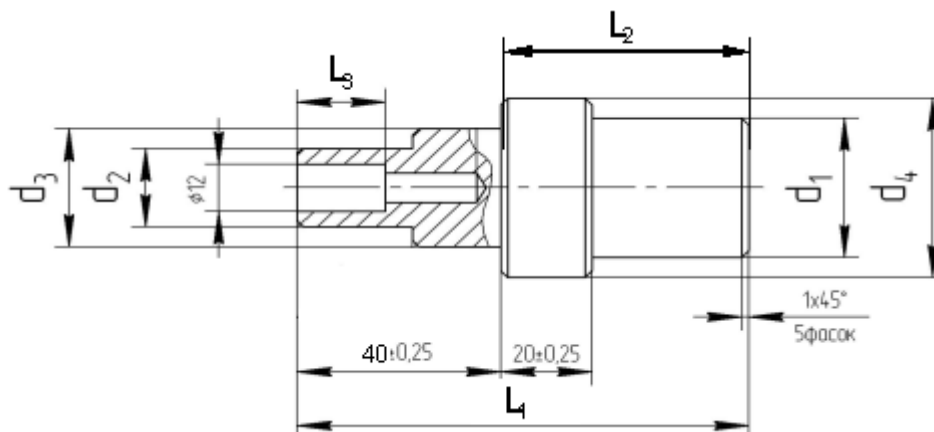
Контрольні питання

1. Сфера застосування теплового контролю.
2. Переваги методу.
3. Які обмеження щодо використання методу теплового контролю?
4. Класифікація методів теплового контролю.
5. Основні етапи проведення контролю.
6. Прилади, які використовуються для контролю.
7. Принцип дії інфрачервоного пірометра.
8. Способи підвищення точності вимірювань.

Бібліографічний опис

1. Лазарєв М.І., Шматков Д.І. Неруйнуючий контроль технічних об'єктів у схемах: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Харків: ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД», 2012. 160 с.
2. Білокур І.П. Основи дефектоскопії: Підручник. Київ: Азімут-Україна, 2004. 496 с.
3. Неразрушающий контроль материалов и элементов конструкций/ под ред. А. Н. Гузь. Киев : Наук. думка, 1981, 276 с.
4. Неразрушающий контроль: справочник в 7-ми томах/под общей редакцией В.В. Клюева. Москва: Машиностроение, 2003.
5. Ермолов И.Н., Останин Ю.А. Методы и средства неразрушающего контроля качества. Москва: Высшая школа, 1986, 368 с.
6. Вавилов В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: справочник. Москва: Машиностроение, 1991, 240 с.
7. Зацепин Н.Н., Коржова Л.В. Магнитная дефектоскопия. Минск : Наука и техника, 1981, 208 с.
8. Крауткремер Й., Крауткремер Г. Ультразвуковой контроль материалов: справочник. Москва: Металлургия, 1991, 673 с.
- 9.. ДСТУ EN 1330-1:2016. Неруйнівний контроль. Термінологія. Частина 1. Перелік загальних термінів. [Чинний від 2016.01.08]. Київ, 2016, 26с. (Інформація та документація).
10. ДСТУ EN ISO 16810:2016. Неруйнівний контроль. Ультразвуковий контроль. Загальні вимоги. [Чинний від 2016.01.08]. Київ, 2016, 32с. (Інформація та документація).
11. ДСТУ ISO 3058:2016. Контроль неруйнівний. Допоміжні засоби для візуального контролю. Вибір луп з малою кратністю збільшення. [Чинний від 2016.01.08]. Київ, 2016, 34с. (Інформація та документація).
12. ДСТУ ISO 10878:2016. Неруйнівний контроль. Інфрачервона термографія. Словник термінів.[Чинний від 2016.01.08]. Київ, 2016, 32с. (Інформація та документація).
13. ДСТУ EN ISO 12706:2016. Неруйнівний контроль. Капілярний контроль. [Чинний від 2016.01.08]. Київ, 2016, 24с. (Інформація та документація).

ДОДАТОК А
БЛАНК ЗВІТУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 2



Ескіз деталі

Таблиця

Вимірювання деталі штангенциркулем						
Тип штангенінструмента	Відлік по ноніусу, мм	Діапазон вимірювання, мм	Розміри деталі з відхиленнями, мм		Дійсні розміри деталі, мм	Висновок про придатність
			d_1			
			d_2			
			d_3			
			d_4			
Вимірювання деталі штангенрейсмусом						
			L_1			
			L_2			
Вимірювання деталі штангенглибиноміром						
			L_3			
Вимірювання деталі мікрометром						
Тип мікрометричного інструмента	Величина по ноніусу, мм	Діапазон вимірювання, мм	Розміри деталі з відхиленнями, мм		Дійсні розміри деталі, мм	Висновок про придатність
			d_3			
			d_4			
Вимірювання деталі мікрометричним глибиноміром						
			L_3			

Висновок про придатність деталі:

Дата:

Роботу виконав:
Роботу прийняв:

ДОДАТОК Б
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Запорізький Національний Університет Інженерний Інститут Кафедра МО		
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА <hr/> (вид контролю) ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА		
ПАРАМЕТРИ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА		
Номер		
Найменування		
Матеріал		
Розміри		
(довжина L, ширина H, діаметр D), мм		
Тип зварного з'єднання		
Вид зварювання		
Товщина зварних елементів, мм		
Довжина зварного шва, мм		
ПАРАМЕТРИ КОНТРОЛЮ		
Система освітлення		
Мінімальна освітленість, лк		
Зона контролю		
Шорсткість поверхні		
НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ НА КОНТРОЛЬ		
Кваліфікація персоналу по НК		
Нормативні документи:		
загальні вимоги		
технологія контролю		
оцінка якості		
ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРЮВАНЬ		
Найменування	Тип	НД
сторінка 1 з 2		

ЕСКІЗ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА

КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ
ЗВАРНОГО ШВА

ТЕХНОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ

Студент: _____ П.І.Б. _____ Підпис _____ Дата _____

ДОДАТОК В
ПРОТОКОЛ КОНТРОЛЮ

Запорізький Національний Університет
Інженерний інститут
Кафедра МО

ПРОТОКОЛ

(назва контролю)
ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА

ПАРАМЕТРИ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА

Номер	
Найменування	
Вид зварювання	
Тип зварного з'єднання	
Матеріал	

ПАРАМЕТРИ КОНТРОЛЮ

Система освітлення	
Освітленість, лк	
Зона контролю	

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ НА КОНТРОЛЬ

Технологія контролю	
Оцінка якості	

ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРЮВАНЬ

Найменування	Тип	НД	Зав.№

ЕСКІЗ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ ЗВАРНОГО ШВА

Конструктивні елементи ¹⁾	Розміри, мм		Фактичне значення, мм		Оцінка	
	номін.	гранич. відх.	максимальне	мінімальне	відповідає	не відповідає
g						
e						
K						
K ₁						

1) g - висота шва; e - ширина шва; K, K₁ - катети кутового шва

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ ЗРАЗОК (ГАБАРИТНІ РОЗМІРИ), мм:			
Діаметр	Ширина	Довжина (висота)	Товщина

РЕЗУЛЬТАТИ КОНТРОЛЮ

№ з/п	Вид дефекта	Розмір дефекта ²⁾	Місцезнаходження дефекта ³⁾	Оцінка	
				допустим	не доп.

2) *l* - протяжність дефекта, *h* - глибина/висота дефекта, *Δ* - граничне відхилення параметра, *d* - діаметр, *S* - площа дефекта.
 3) - відстань від точки початку відліку (від маркування)

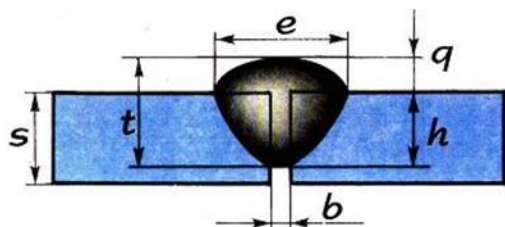
ДЕФЕКТОГРАМА ЕКЗАМЕНАЦІЙНОГО ЗРАЗКА



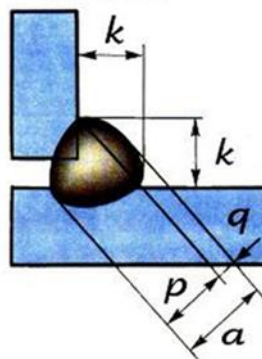
Висновок про якість екзаменаційного зразка
 : _____

Студент: _____ П.І.Б. _____ Підпис _____ Дата _____

ДОДАТОК Г
ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЗВАРНОГО ШВА



Стиківий шов



Кутовий шов

Позначення:

s – товщина металу, що зварюється;

e – ширина шва;

q – опуклість шва;

h – глибина провару;

t – товщина шва ($t=q+h$);

b – зазор;

k – катет кутового шва;

p – розрахункова висота кутового шва;

a – товщина кутового шва.

Коефіцієнт форми шва (буває в межах 0,5..4; оптимальне значення 1,2..2):

$$K_n = \frac{e}{t}$$

Коефіцієнт опуклості шва (не має перевищувати 7..10):

$$K_y = \frac{e}{q}$$

Навчальне видання
(українською мовою)

Васильченко Тетяна Олександрівна
Шевченко Ірина Артурівна
Чепурна Оксана Віталіївна
Гречаний Олексій Миколайович

НЕРУЙНІНИЙ КОНТРОЛЬ

Методичні вказівки до лабораторних робіт
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 136 «Металургія»,
151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Рецензент *Ю.О.Белоконь*

Відповідальний за випуск *Й.К.Огінський*

Коректор *Ю.Г. Кобрін*