

**Міністерство освіти і науки України
Дніпропетровський національний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
ЗА СПЕЦІАЛЬНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ДИСЦИПЛІНАМИ**

2005

**Міністерство освіти і науки України
Дніпропетровський національний університет**

Кафедра технології виробництва

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
ЗА СПЕЦІАЛЬНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ
ДИСЦИПЛІНАМИ**

**Дніпропетровськ
РВВ ДНУ
2005**

Наведені теоретичні та практичні основи неруйнівних методів контролю якості виробів з металевих та неметалевих матеріалів, рекомендації щодо проведення неруйнівного контролю якості виробів на промисловому обладнанні. На прикладі плазово-шаблонного методу забезпечення взаємозамінності деталей виробів розглянуті теоретичні основи і технологічна реалізація принципу пов'язаного виробництва.

Призначені для студентів фізико-технічного факультету ДНУ, які навчаються за спеціальностями «Проектування та виробництво ракетно-космічних літальних апаратів», «Прикладне матеріалознавство».

Темплан 2005, поз. 10

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
ЗА СПЕЦІАЛЬНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ**

Укладачі: доц. Д.І. Шевчук, доц. А.Г.Фесенко,
доц. М.М. Убизький, доц. О.В. Кулик

Редактор Г.І. Давиденко
Коректор Т.А. Андреева

Підписано до друку 27.10.05. Формат 60x84/16. Папір друкарський. Друк плоский.
Ум. друк. арк. 3,02 Ум. фарбо-відб. 3,02 Об.-вид. арк. 3,95 Тираж 100 пр. Зам. №
РВВ ДНУ, вул. Наукова, 13, м. Дніпропетровськ, 49050.
Друкарня ДНУ, вул. Наукова, 5, м. Дніпропетровськ, 49050

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

Контроль товщини неметалевого покриття на матеріалах (магнітних та немагнітних) методом вихрових струмів

Мета роботи: Ознайомитися з основами контролю товщини неметалевого покриття та оволодіти навичками роботи з приладом ЗМТ-2.

Теоретичні відомості

У багатьох випадках контролю методом вихрового струму (або методом електромагнітної індукції) досліджувані вироби поміщають у магнітне поле котушки або ряду котушок, увімкнених у джерело змінного струму.

Цей метод заснований на збудженні вихрових струмів, що виникають у металі виробів при накладанні на них котушки (коливного контуру) датчика, яка живиться від джерела змінного струму.

Суть цього методу полягає в тому, що коли контрольований виріб помістити в магнітне поле вимірювальної котушки датчика, у ньому виникають вихрові струми. Ці вихрові струми у свою чергу утворюють біля контрольованих виробів власне (вторинне) магнітне поле.

Протилежна дія власного (вторинного) магнітного поля, яке перебуває у протифазі до поля вимірювальної котушки (ВК), приводить до зміни електричних параметрів первинного поля ВК і залежно від цього до зміни електричних параметрів коливного контуру, настроєного в резонанс. Зміна напруги на коливному контурі фіксується приладом, який визначає товщину покриття.

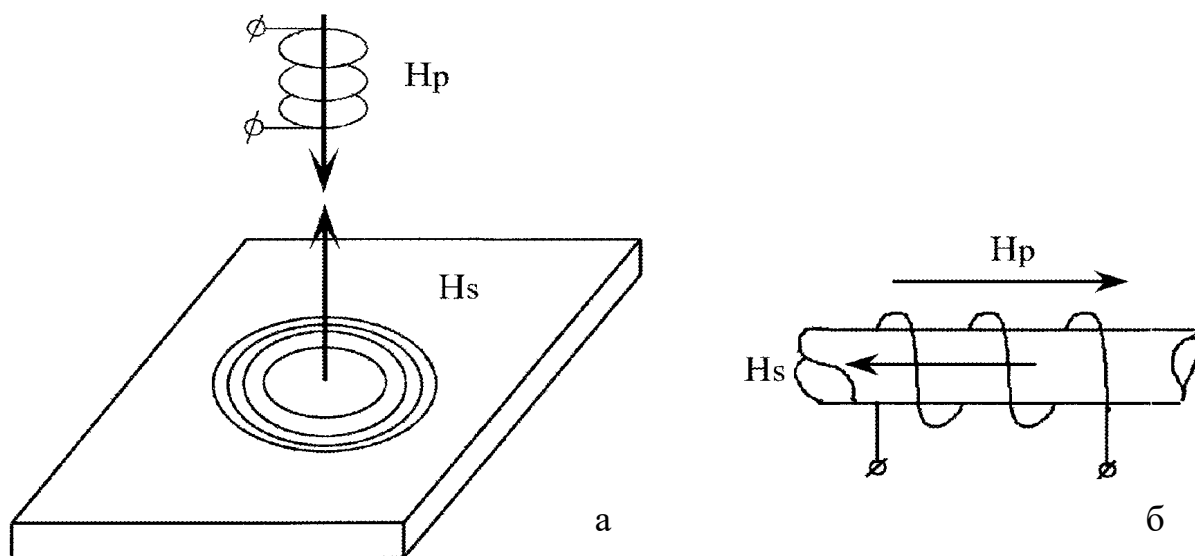


Рис. 1. Схема взаємного розміщення вимірювальної котушки та контрольованого виробу:

а – вимірювальна котушка над поверхнею контрольованого виробу;

б – контрольований виріб у середині циліндричної вимірювальної котушки

На рис. 1 вектор H_p показує напрям первинного магнітного поля (МП) вимірювальної котушки, а H_s – напрям вторинного поля, яке з'явилося внаслідок виникнення вихрових струмів у контрольованому виробі.

Можливі й інші варіанти розміщення ВК відносно контрольованих виробів, але в цій роботі вони не наводяться.

Повний електричний опір ВК визначається за двома величинами:

1) індукційним опором $X_L = 2\pi fL$, де f – частота змінного струму, Гц; L – індуктивність ВК, Гн.

2) омичним опором R , Ом.

При відсутності контрольованого виробу повний опір ВК: $Z_0 = R + j\omega L$, де $\omega = 2\pi f$.

Коли ж контрольований виріб помістити в магнітне поле котушки, то повний опір ВК змінюється під дією електромагнітного поля вихрових струмів. Пояснити це легко, ця зміна поля викликає такий же ефект, який би одержали, коли б змінили характеристики ВК.

Величина внесеного реактивного опору залежить від відстані ВК до контрольованого виробу.

Метод вихрових струмів широко застосовують у промисловості для визначення товщини неметалевого покриття на металі, саме цьому питанню присвячена лабораторна робота 1, дефектів поверхні магнітних та немагнітних металів, хімічного складу сплавів, якості термічної обробки тощо.

Прилади та обладнання

1. Електромагнітний товщиномір ЕМТ-2.
2. Еталонні товщини вимірювальних матеріалів (неметалів).
3. Призначені для дослідження зразки неметалів, які використовуються для покриття поверхні металевих виробів.

Принцип роботи приладу ЕМТ-2

Електромагнітний товщиномір ЕМТ-2 працює за принципом індуктування в металі вихрових струмів, які виникають при накладенні на виріб ВК.

Вимірювальна котушка є елементом коливного контуру (рис. 2), що живиться від джерела змінного струму. Змінна напруга, вироблена генератором частоти 7 на 200 кГц, подається на ВК датчика 2. ВК виконує в даному разі роль індуктивності коливного контуру. Напруга із коливного контуру надходить на один із входів лампового індикатора 3, на який подається опірна напруга від генератора.

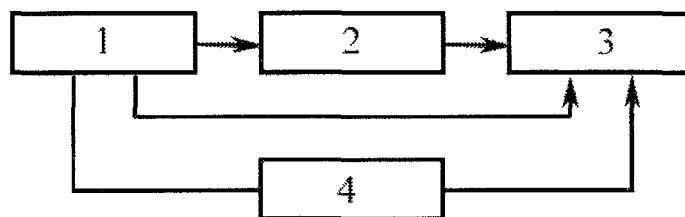


Рис. 2. Блок-схема приладу ЕМТ-2:

- 1 – генератор частоти на 200 кГц; 2 – датчик з вимірювальною котушкою;
 3 – диференціальний ламповий індикатор зі стрілочним приладом М24;
 4 – блок живлення

Така схема майже не залежить від коливань електронапруги генератора.

Ступінь зворотного впливу магнітного поля вихрових струмів на ВК датчика залежить від властивостей матеріалу підкладки та покриття і від товщини останнього.

Зміна напруги на коливному контурі викликає відхилення стрілки приладу М24, яке відповідає товщині вимірюваного покриття.

Датчик приладу ЕМТ-2

У комплект приладу входить датчик, який встановлюють безпосередньо на контрольований виріб і який є елементом, що реагує на зміну контрольованої товщини покриття на металі.

Чутливим елементом датчика є ВК.

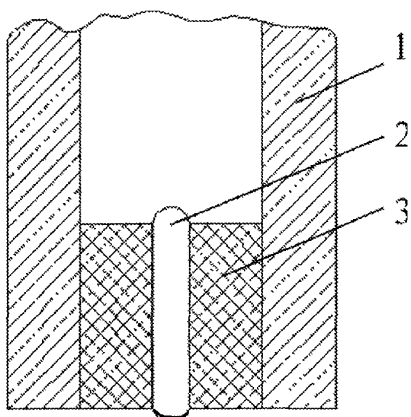


Рис.3. Схема обладнання датчика:

- 1 – корпус;
- 2 – ферит;
- 3 – вимірювальна котушка

Техніка безпеки

1. Для живлення приладу ЕМТ-2 використовувати джерело змінної напруги 220 В.
2. Суворо дотримуватися послідовності включення приладу ЕМТ-2 та правил роботи з ним.
3. Під час роботи оберегати датчик від ударів.

Органи керування приладом

На передню панель приладу виведені такі ручки керування:

- 1) «Датчик» – високочастотне роз'єднання для підключення датчика до приладу;
- 2) «Настройка» – ручка конденсатора для настройки контуру в резонанс;
- 3) стрілковий пристрій – для відліку товщини контрольованого виробу;
- 4) «Чувствительность» (Чутливість) – для встановлення границі шкали «Чутливість приладу»;
- 5) тумблер «Вкл.», «Викл.» – вмикач мережі;
- 6) сигнальна лампочка «Сеть» (Мережа);
- 7) «Измерение» (Вимірювання) – переключення діапазону вимірювання;
- 8) «Установка нуля» – ручка потенціометра для встановлення стрілки приладу на нуль.

На задній стінці приладу розташовані:

- 1) роз'єднання «220 В»;
- 2) клемка для підключення заземлення;
- 3) запобіжник.

Підготовка приладу до роботи

А. Вмикання приладу

Перед вмиканням приладу в мережу змінної напруги необхідно:

1. За допомогою клемки «З» виконати заземлення приладу.
2. Підключити кабель датчика до роз'єму «Датчик».
3. Ручку «Чувствительность» (Чутливість) установити в крайнє ліве положення.
4. За допомогою штепсельної вилки підключити прилад до мережі змінної напруги 220 В. Увімкнути тумблер «Вкл.», «Викл.» в положення «Вкл.», при цьому повинна загорітися сигнальна лампочка «Сеть» (Мережа).
5. Після включення прилад необхідно прогріти протягом 10 хв.

Б. Налаштування приладу та порядок виконання роботи

1. Установити резонанс контуру.

Установити датчик у положення «Воздух» (Повітря), що відповідає необмеженій товщині повітряного зазору, та за допомогою ручки «Налаштування» виконати налаштування контуру. Резонанс контуру відповідає максимальному відхиленню стрілки приладу вправо.

Якщо при повороті ручки «Налаштування» стрілка приладу зашкалює, то її необхідно повернути в межі шкали ручкою «Установка нуля» і провести налаштування контуру в резонанс.

2. Установити нуль приладу.

Установити датчик на поверхню еталонного зразка, який розміщують на металеву пластину відповідного матеріалу контрольованого виробу.

Наприклад, для границі виміру 10÷20 мм зразок має товщину 10 мм. За допомогою ручки «Установка нуля» установити стрілку приладу на нуль.

3. Установити межі вимірювання.

Для цього необхідно установити датчик на зразок, який відповідає максимальній границі вимірювання. Для межі вимірювання 10 – 20 мм таким буде зразок товщиною 20 мм.

Ручкою «Чувствительность» (Чутливість) установити стрілку приладу на максимальне відхилення 20 мм.

Контрольовану товщину відлічують за стрілкою приладу ЕМТ-2.

4. Перевірити нуль приладу і межі вимірювання.

Для цього необхідно послідовно виконати дії відповідно пп. 1–3. Прилад готовий до контролю товщини покриття.

5. Установити датчик на контрольований виріб і провести відлік контрольованої товщини покриття за стрілкою приладу.

Примітки

1. При установці перемикача на новий діапазон вимірювання контроль товщини провести після 2-хвилинної перерви, необхідної для прогрівання елементів, увімкнутих у цьому положенні перемикача.

2. Положення перемикача на діапазон 2 або 5 та показання у нижній частині шкали призначені для контролю відповідно товщини покриття (пп. 2 і 5 – 10 – 20 мм; пп. 3 і 4 – 0 – 10 мм) на немагнітному металі.

3. Положення перемикача на діапазони 2 або 5 і показання у верхній частині шкали призначені для контролю відповідно товщини покриття (пп. 2 і 5 – 10 – 20 мм; пп. 3 і 4 – 0 – 10 мм) на магнітному металі.

4. По закінченні роботи тумблер «Вкл.», «Викл.» установити в положення «Викл.», виключити вилку приладу з мережі змінної напруги 220 В, а також відключити датчик від приладу (датчик у нашому випадку не відключати).

Зміст звіту

1. Коротке пояснення методів контролю товщини покриття вихровими струмами.

2. Коротке пояснення принципу дії приладу ЕМТ-2 та порядку проведення контролю товщини покриття матеріалів.

3. На ескізах контрольованих виробів вказати товщину покриття.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

Контроль якості виробів із немагнітних металів методом вихрових струмів

Мета роботи: Ознайомлення із застосуванням методу вихрових струмів для виявлення дефектів (поверхневих та підповерхневих раковин тощо) у виробах із немагнітних металів та оволодіння навичками роботи з випробувачем електропровідності типу ВЕ-1.

Теоретичні відомості

Електроіндуктивний метод (метод вихрових струмів) заснований на явищі збудження вихрових струмів у контрольованих металевих виробах. Для цього виріб вміщують у магнітне поле вимірювальної котушки (ВК), що живиться від джерела змінного струму. Змінне магнітне поле (МП) котушки індукує в контрольованому виробі вихрові струми, які, у свою чергу, створюють власне (вторинне) магнітне поле поблизу контрольованого виробу. Вторинне магнітне поле чинить зворотну дію на вимірювальну котушку, змінюючи її загальний опір, і це реєструється спеціальними електровимірювальними приладами.

На рис.1 показано варіант установаження вимірювальної котушки на поверхні контрольованого виробу.

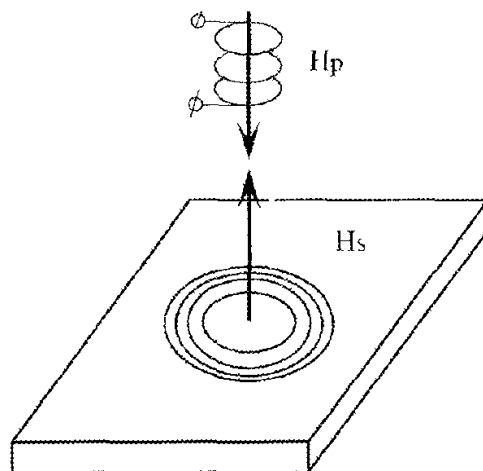


Рис.1. Схема магнітних полів при розміщенні вимірювальної котушки на виробі

На схемі магнітних полів (рис.1) вектор H_p вказує напрям первинного поля ВК, яка живиться від джерела змінного струму, а вектор H_s – вектор змінного вторинного магнітного поля, яке є наслідком появи вихрових струмів у контрольованому виробі.

Повний електричний опір даної ВК характеризується двома величинами:

- 1) індукційним опором $X_L = 2\pi fL$,
- де f – частота змінного струму, Гц; L – індуктивність ВК, Гн;
- 2) омичним опором R .

При відсутності контрольованого виробу повний опір ВК:

$$Z_0 = R + j\omega L. \quad (2.1)$$

Якщо контрольований виріб помістити в електромагнітне поле котушки, то воно зміниться під дією поля вихрового струму і тоді повний опір ВК (на основі теорії електричних коливних кіл):

$$Z = R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_1^2 + x_1^2} + j \left(x_1 - \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + x_2^2} \right), \quad (2.2)$$

де M – коефіцієнт взаємоіндукції первинного і вторинного контурів.

Магнітне поле контрольованого виробу, внесеного у змінне магнітне поле ВК, деякою мірою аналогічне вторинному контуру. Співвідношення (2.2) незручне для кількісної оцінки впливу властивостей виробів на параметри контуру і може свідчити лише про характер цього впливу.

Застосування накладної котушки засноване на обґрунтованому аналізі повного (комплексного) опору котушки залежно від відстані її до контрольованого виробу і його електропровідності.

Для металевих виробів найхарактернішими є такі ознаки:

- електропровідність;
- розміри (товщина, діаметр та ін.);
- магнітна проникність;
- порушення суцільності (тріщини або раковини).

Величина збуджених у виробі вихрових струмів значною мірою визначається електропровідністю металу тієї ділянки виробу, що перебуває в магнітному полі ВК.

Оскільки електропровідність залежить від хімічного складу металу та його структурного стану, то розглянутий метод можна використовувати для сортування сплавів (встановлення їх марок).

Порушення суцільності в поверхневому шарі виробу (наявність тріщин втомленості) є перешкодою для вихрових струмів. Їх вплив схожий зі збільшенням опору поверхневого шару, що відповідно позначається на силі взаємодії ВК з контрольованим виробом. У зв'язку з цим метод вихрових струмів придатний для виявлення поверхневих раковин, пор тощо.

Недоліком приладу з накладними котушками є їх висока чутливість до зміни відстані між ВК та виробом (декілька мкм). Подальше поширення методу пов'язане з частковим зниженням чутливості приладу до коливань цієї відстані.

Шляхом добору додаткової ємності і активного опору можна домогтися повного усунення впливу зазору на певній ділянці виробу.

Прилади та обладнання

1. Вимірювач електропровідності типу ВЕ-1.
2. Еталонні зразки.
3. Дослідні зразки з немагнітних металів.

Принцип дії приладу ВЕ-1

Вимірювач електропровідності ВЕ-1 працює за принципом індукування в контрольованому виробі вихрових струмів із послідовною реєстрацією їх зворотної дії на датчику приладу.

Змінна напруга, вироблена генератором синусоподібної напруги (рис. 2), знімається з вихідного понижувального трансформатора і подається на компенсаційне 3 та вимірювальне 4 кола.

Ємність і активний опір у компенсаційному колі можна регулювати. Обидва кола треба вибирати однаково настроєними на частоту, близьку до робочої частоти генератора 1.

Напруга, яка повинна зніматися з вимірювального та компенсаційного кіл, детектується, згладжується і вимірюється на підсилювачі. При рівності напруг компенсаційного і вимірювального кіл стрілка індикатора встановиться на нулі.

При установці датчика на метали з різною електропровідністю напруга на ньому змінюється за рахунок різного опору металу виробу, внесеного в контур датчика.

Вимірювання електропровідності проводять шляхом зрівнювання напруги на компенсаційній котушці напругою на датчику. Для цього змінюють ємність конденсатора, на осі якого знаходиться шкала, проградуєвана в одиницях електропровідності ($\text{м} / \text{Ом} \times \text{мм}^2$).

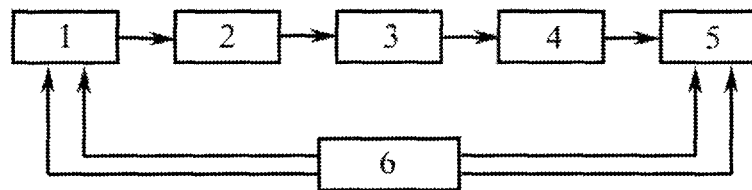


Рис. 2. Блок-схема приладу ВЕ-1:

1 – генератор синусоподібної напруги; 2 – буферний підсилювач (підсилювач потужності); 3 – датчик з компенсаційною котушкою; 4 – випрямляч вимірювального обладнання; 5 – балансний підсилювач постійного струму з індикатором нуля; 6 – блок живлення

Датчик приладу ВЕ-1

У комплект приладу ВЕ-1 входить датчик, призначений для установки безпосередньо на контрольованому виробі.

Чутливим елементом датчика є котушка, електричні параметри якої змінюються залежно від електропровідності піднесеного до неї контрольованого металевго виробу. Для зменшення впливу поля розсіяння та концентрації магнітного поля у визначеному напрямі (до металу) котушка датчика екранована шаром пермалою з феритовим осердям. При роботі з приладом датчик пересувають по поверхні контрольованого виробу.

Щоб захистити котушку датчика від стирання, її необхідно помістити в капронову втулку.

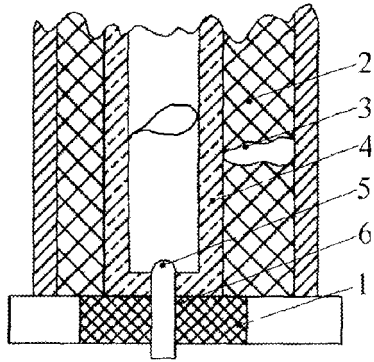


Рис.3. Схема пристрою датчика:

- 1 – котушка;
- 2 – корпус датчика;
- 3 – наконечник;
- 4 – втулка капронова;
- 5 – стержень феритовий;
- 6 – пермалой

Техніка безпеки

1. Для живлення приладу ВЕ-1 використовувати джерело змінної напруги 220 В.
2. Суворо дотримуватися послідовності включення приладу ВЕ-1 та правил роботи з ним.
3. Обережати датчик приладу ВЕ-1 від ударів.

Органи керування приладу

На передню панель приладу виведені такі ручки керування:

- 1) «Электропроводность» (Електропровідність) – для відліку електропровідності при зміні ємності конденсатора;
- 2) «Контроль нуля» – для перевірки балансування підсилювача;
- 3) «Установка нуля» – для балансування підсилювача;
- 4) «Чувствительность» (Чутливість) – для встановлення чутливості схеми до зміни електропровідності;
- 5) «Нижний предел» (Нижня межа) – для точної установки нижньої межі вимірювання електропровідності за допомогою конденсатора;
- 6) «Верхний предел» (Верхня межа) – для точної установки верхньої межі вимірювання електропровідності за допомогою опору;
- 7) «Датчик» – високочастотне роз'єднання для підключення датчика до приладу.

На передній панелі є два отвори із регулюванням «під шліц»:

– «Отстройка от зазора» (Відстроювання від зазору) – для відстроювання приладу на визначену величину зазора між котушкою і контрольованим виробом, за допомогою конденсатора.

– «Расширение диапазона» – для розширення межі регулювання ("верхня межа") при відстроюванні від зазору.

На задній стінці розміщені:

- 1) роз'єднання «Сеть» (Мережа);
- 2) колодка перемикання напруги мережі;
- 3) запобіжник.

Підготовка приладу до роботи

А. Включення приладу

Перед включенням приладу в мережу необхідно:

1. Установити перемикач напруги мережі в положення, що відповідає напрузі мережі живлення (220 В).
2. Підключити шнур живлення до мережі змінної напруги.
3. Приєднати кабель датчика до роз'єднання «Датчик».
4. Ручку «Чувствительность» установити в крайнє ліве положення, що відповідає мінімальній чутливості приладу.
5. Перевести тумблер приладу в положення «Вкл.», при цьому повинна загорітись сигнальна лампочка на передній панелі приладу.
6. Після вмикання прилад слід прогріти протягом 25 – 30 хв.

Б. Балансування приладу

1. Перед вимірюванням необхідно перевірити балансування нуля підсилювача. Для цього необхідно натиснути кнопку «Контроль нуля» і ручкою «Установка нуля» стрілку індикатора приладу встановити на нуль.

При цьому ручку «Чувствительность» треба перевести в крайнє праве положення, що відповідає максимальній чутливості приладу.

2. Провести перевірку настройки приладу за контрольними зразками. Починати треба з перевірки верхньої межі вимірювання. Для цього необхідно:

- установити на шкалі приладу значення електропровідності, яке відповідає значенню електропровідності зразка верхньої межі;
- установити датчик приладу на центральну ділянку зразка і ручкою «Верхняя граница» добитися нульового показу індикатора.

Примітка. Якщо ручкою «Верхняя граница» установити індикатор приладу на нуль неможливо, допустима установка індикатора на нуль конденсатором «Расширение диапазона». При цьому ручку «Верхняя граница» слід установити в середньому положенні.

3. Перевірити нижню межу вимірювання. Для цього необхідно:

- установити на шкалі приладу значення електропровідності, що відповідає нижній межі;
- установити датчик на середній ділянці зразка і ручкою «Нижняя граница» добитися нульового показу індикатора.

4. Знову перевірити верхню межу.

Процес наладки повторюють у тому ж порядку до показу, який не перевищує 5% від вимірюваної величини.

Відстроювання від зазору

При роботі з металами, які мають неелектропровідні покриття товщиною до 200 мкм, прилад дозволяє відстроюватися від зазору між датчиком і контрольованим металом.

Для відстроювання від зазору необхідно мати один зразок контрольованого металу без покриття, а другий з покриттям, на якому й буде здійснено контроль.

Порядок відстроювання від зазору такий:

1. Провести коректування за зразками із максимальною і мінімальною електропровідністю.
2. Установити датчик на контрольований метал без покриття і виміряти його електропровідність.
3. Установити датчик на контрольований метал з покриттям і конденсатором «Отстройка от зазора», виведеним «під шліц», провести балансування підсилювача.
4. Установити датчик на контрольований метал без покриття і конденсатором «Расширение диапазона», виведеним «під шліц», провести балансування підсилювача.
5. Знову установити датчик на контрольований метал з покриттям і конденсатором «Отстройка от зазора» провести балансування підсилювача.

Ці операції повторюються при установці на метал як без покриття, так і з ним, щоб домогтися розбалансування, що не перевищує 5 мкм по всій шкалі індикатора.

Проведення вимірювання

1. Провести підготовку прибору за методикою, викладеною вище.
2. Установити датчик, провести вимірювання еталонного зразка.
3. Установити датчик на контрольований виріб і провести вимірювання контрольного зразка з покриттям.

Зміст звіту

1. Коротке пояснення методів контролю товщини покриття вихровими струмами.
2. Коротке пояснення принципу дії приладу ВЕ-1 та порядку проведення контролю якості неметалевого покриття на металі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

Контроль якості виробів із пластмас, армованих склотканинами, ехо-імпульсним методом

Мета роботи: Ознайомитися із застосуванням методами ультразвукової дефектоскопії для виявлення дефектів (повітряних пустот, непроклею, розшарування) у виробах із склопластику та оволодіти навичками роботи з ультразвуковим імпульсним дефектоскопом ДУК-12.

Теоретичні відомості

Контроль за допомогою ультразвуку ґрунтується на використанні ультразвукових коливань, які являють собою механічні коливання пружного середовища з надвисокими частотами (0,5 – 25 МГц).

Поширення пружної хвилі супроводжується утворенням зон, в яких частинки перебувають у коливному стані. Мінімальна відстань між двома такими зонами називається довжиною хвилі. Залежність довжини хвилі λ від швидкості поширення c і частоти коливань f виражається співвідношенням

$$\lambda = c/f.$$

У дефектоскопії використовується здатність ультразвукових хвиль:

а) проникати в метал (пластик) на велику глибину; б) відбиватися від різного роду дефектів.

Швидкість поширення хвилі залежить від фізичних властивостей середовища. Змінити довжину ультразвукової хвилі (УЗХ) у будь-якому середовищі можна шляхом зміни частоти збуджених коливань.

Для аналізу процесу поширення ультразвукових коливань у контрольованих виробах застосовують три основних методи: тіньовий, дзеркально-тіньовий та ехо-метод (ехо-відгук), які розрізняють за ознаками виявлення дефекту.

Ознакою дефекту при застосуванні тіньового методу служить зменшення інтенсивності (амплітуди) УЗХ (ультразвукової хвилі), яка пройшла через виріб від випромінюючого пристрою до приймача. Приймачі розміщують на протилежних поверхнях виробу.

При дзеркально-тіньовому методі дефект виявляють за зменшенням інтенсивності (амплітуди) УЗХ, відбитої від поверхні виробу. Протилежну поверхню, яка дзеркально відбиває ультразвук, називають донною, а відбитий від неї імпульс – донним імпульсом.

Ознакою дефекту при ехо-методі є сприйняття шукачем ехо-імпульса, відбитого безпосередньо від самого дефекту.

При будь-якому методі можливе використання пошукових пристроїв двох типів: для випромінювання і для приймання. Така схема вмикання шукачів називається роздільною. Для одержання імпульсного випромінювання, яке використовується в дзеркально-тіньовому і ехо-методі, можливе застосування єдиного шукача, який може виконувати одночасно функції і випромінювання зондуючих імпульсів і приймання ехо-сигналів.

При поширенні УЗХ інтенсивність її падає внаслідок поглинання і

розсіювання енергії. При поглинанні звукова енергія переходить в теплову, а при розсіянні вона частково змінює свій початковий напрям у результаті відбивання від різного роду дефектів.

Для одержання УЗХ використовуються властивості деяких кристалів (кварцу, титанату барію, сегнетової солі) миттєво перетворювати електричні коливання в механічні і навпаки.

У цій роботі для виявлення дефектів (повітряних пустот, непроклею, розшарування) у виробках із склопластику застосовується ехо-імпульсний метод.

Прилади та обладнання

1. Ультразвуковий імпульсний дефектоскоп ДУК-12.
2. Еталонні і калібровані зразки.
3. Дослідні зразки.
4. Обтиральні матеріали.
5. Вода.

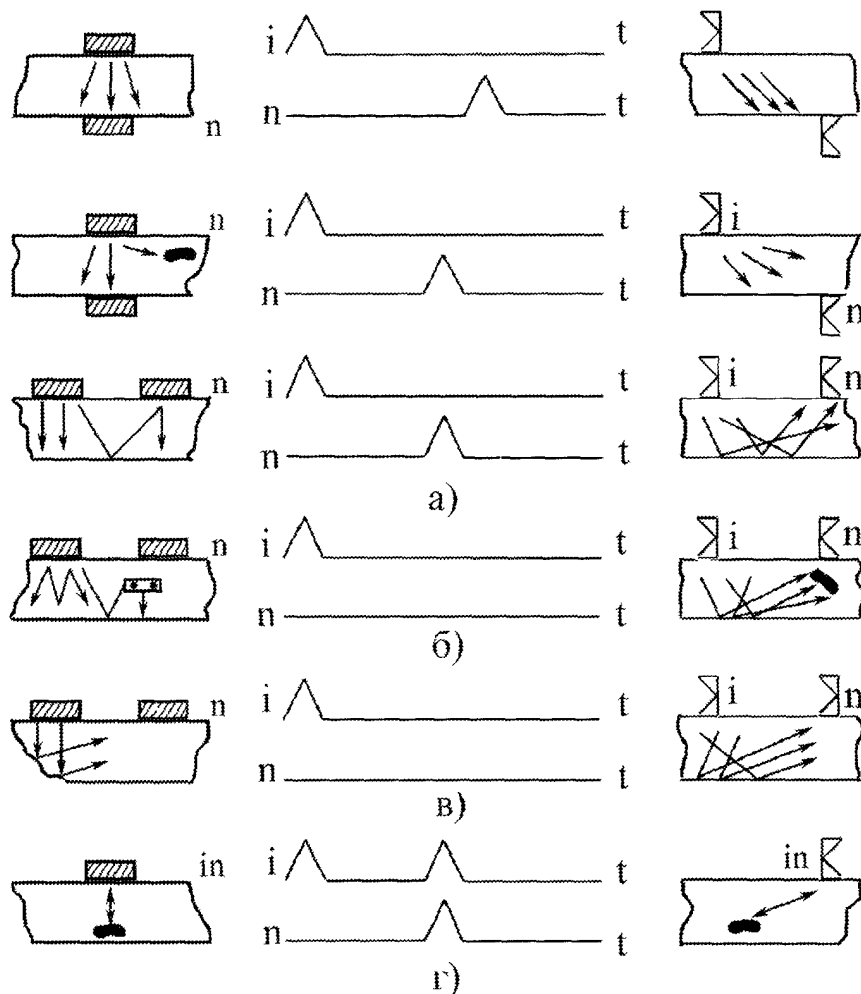


Рис. 1. Методи ультразвукового контролю:
 а – тіньовий; б – дзеркально-тіньовий; в – ехо-метод з роздільним шукачем;
 г – ехо-метод з суспільним шукачем

Принцип роботи дефектоскопа ДУК-12

Прилад ДУК-12 працює за принципом посилення ультразвукових коливань у контрольований виріб і прийняття відбитих коливань від дефекту або протилежної грані виробу.

Синхронізатор 7 (рис. 2) приладу є джерелом прямокутних імпульсів, які використовуються для запуску генератора розгортання 3 і генератора радіоімпульсів 2. Генератор радіоімпульсів збуджує п'єзоелектричний вібратор передавальної частини пошукової головки 4. Пошукова головка (ПГ) перетворює електричні коливання у пружні механічні коливання ультразвукової частоти, які через контактний шар води передаються у контрольований виріб.

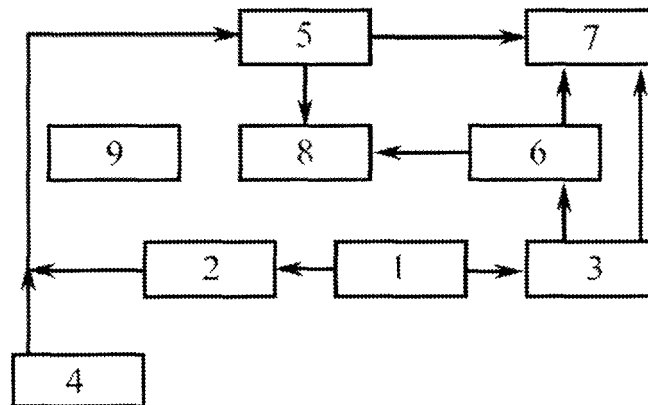


Рис. 2. Блок-схема дефектоскопа ДУК-12:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 – синхронізатор; | 6 – автоматичний сигналізатор дефектів; |
| 2 – генератор радіоімпульсів; | 7 – осцилографічний індикатор; |
| 3 – генератор розгортки; | 8 – автоматичний сигналізатор акустичного контакту; |
| 4 – пошукова головка; | 9 – блок живлення |

УЗХ при поширенні у виробі, зустрічаючи на своєму шляху зони неоднорідності (в основному повітряні пустоти), відбиваються від них. Відбиті УЗХ перетворюються приймальною частиною ПГ в електричні сигнали, які поступають на вхід підсилювача 5.

Підсилені сигнали подаються на осцилографічний індикатор 7 для візуального спостереження.

Прилад дозволяє контролювати вироби пошарово із використанням світлового автоматичного синхронізатора дефектів (АСД) 6.

Підсилені сигнали позитивної полярності подаються на спускову схему АСК (автоматичного сигналізатора акустичного контакту) 8, який сигналізує про наявність донного імпульсу у контрольованому виробі.

На селектор схеми АСД та на спускову схему АСК поступає також строб-імпульс, формований генератором строга АСД.

При збіжності строб-імпульсу із сигналом, що надійшов від підсилювача, спрацьовує реле, і світлова сигналізація АСД фіксує наявність дефекту у виробі.

Блок живлення 9 призначений для живлення анодних, екранних, розжарюваних та інших допоміжних кіл ламп і електронно-променевої трубки.

Пошукова головка, роздільно-сумісна з локальною ванною

Пошукова головка (ПГ) налаштована на частоту 0,8 МГц, роздільно-сумісна із локальною ванною, призначена для роботи з ДУК-12. Вона служить:

- для виявлення внутрішніх дефектів (повітряних раковин, непроклеїв, розшарування тощо) у склопластику;
- визначення товщини готових виробів;
- контролю якості стійких і сформованих з'єднань. Пошукова головка розрахована на робочу напругу не більше 600 В. Товщина шару води між ПГ та контрольованою поверхнею від (0 до 3 мм) регулюється за допомогою локальної ванни.

Від генератора радіоімпульсів приладу ДУК-12 на передавальну частину ПГ надходять електричні імпульси з частотою 1000 Гц. Ці імпульси п'єзоелемент ПГ перетворює в енергію пружних механічних коливань із частотою 0,8 кГц, які через шар води, необхідний для акустичного контакту, передаються контрольованому виробу. Утворені ультразвукові хвилі (УЗХ), відбившись від протилежного боку виробу або від границі розділення двох різних акустичних середовищ, поступають на приймальну частину пошукової головки.

Приймальний п'єзоелемент виконує зворотну функцію: перетворює енергію механічних пружних коливань в енергію електричних коливань, які після підсилення в приймачеві фіксуються індикатором пристрою.

Техніка безпеки

1. Для живлення приладу ДУК-12 використовувати змінну напругу 220 В.
2. Корпус приладу ДУК-12 необхідно заземлити.
3. Суворо дотримуватися послідовності вмикання приладу в мережу та правил роботи з ним.
4. Під час роботи обережати ПГ від ударів.
5. Виявляти особливу обережність, працюючи з локальною ванною. Слід уважно стежити за тим, щоб краплі або бризки води не потрапили на скло електронно-вакуумних ламп приладу, щоб запобігти можливому вибуху ламп і псуванню приладу.

Органи керування приладу

На передню панель приладу виведені такі ручки керування:

- «Сеть» (Мережа), «Вкл.», «Викл.» – для вмикання приладу в електромережу;
- «Яркость» (Яскравість) – для регулювання яскравості зображення на екрані індикатора;
- «Фокус» – для фокусування зображення на екрані;
- «Перемещение строба» (Переміщення строба) – для переміщення стробуючого імпульсу на екрані;
- «Зона автоматичного контролю» – для зміни тривалості строб-імпульсу на екрані індикатора, за допомогою якого вибирається ділянка контролю АСД;
- «Масштаб» – для калібрування донних імпульсів;

- «Отсечка» (Відсічка) – для усунення лампових акустичних шумів, видимих на екрані;
- «Смещение – X» (Зміщення – X) – для зміщення лінії розгортання по горизонталі;
- «Мощность» (Потужність) – для встановлення необхідної потужності зондуючого імпульсу.

Крім цього, на передній панелі розміщені:

- сигнальна лампочка;
- сигнальна лампочка «Дефект»;
- високочастотне роз'єднання входу приймача «Приймач»;
- високочастотне роз'єднання виходу генератора радіоімпульсів «Генератор»;
- індикаторне гніздо «Вихід АСК».

На лінійці зліва розміщені:

- «Зміщення У» – для зміщення лінії розгортки по вертикалі;
- «Астигматизм» – для усунення астигматизму;
- «ВРЧ» – для тимчасового регулювання амплітуди і тривалості імпульсу чутливості.

Справа розміщені:

- «Лінійність»;
- «Чутливість АСД» – для регулювання порога світлової сигналізації;
- «Коефіцієнт стабілізації».

На задній стінці нижнього шасі розміщені:

- «Сеть» (Мережа);
- запобіжник;
- колодка перемикача напруги мережі;
- клема для підключення заземлення.

Підготовка приладу ДУК-12 до роботи

1. Зняти кришку з передньої панелі приладу.
2. Заземлити корпус приладу.
3. Переконайтеся у відповідності положення колодки перемикача напруги в мережі.
4. Підключити з'єднувальні кабелі до рознімання ПГ і до рознімань та гнізд приладу.
5. Приєднати один кінець гумового шланга до штуцера ПГ, а другий – до спеціально облаштованого бачка з водою.
6. Уважно оглянути ззовні прилад ДУК-12, ПГ, кабелі. Про всі помічені несправності повідомити викладачеві.
7. Підключити один кінець силового кабелю до рознімання «Сеть», а інший у мережну розетку.
8. Увімкнути тумблер «Сеть» в положення «Вкл.».

9. Після 3-хвилинного прогріву дефектоскопа з допомогою ручки «Яркость» домогтися яскравого зображення лінії розгортки на екрані електронно-променевої трубки (ЕПТ). Ручкою «Фокус» установити різкість зображення, а ручкою «Смещение» зафіксувати початкове положення розгортки.

10. Решту ручок керування установити в середнє положення.

Настройка приладу ДУК-12

1. Притискуючи ПГ до поверхні каліброваного зразка, відкалібрувати донні імпульси відповідно до масштабної сітки за допомогою ручки «Масштаб».

2. Ручкою «Перемещение строба» установити передній фронт стробуючого імпульсу праворуч від зондового імпульсу.

3. Установити необхідну зону автоматичного контролю імпульсу шляхом переміщення заднього фронту стробуючого імпульсу ліворуч від донного імпульсу, яка відповідає товщині виробу, призначеного для контролю.

4. Перевірити роботу АСД шляхом одержання донного імпульсу від каліброваного зразка в зоні автоматичного контролю. При цьому на передній панелі повинна загорітися сигнальна лампочка «Дефект» у патроні червоного кольору, закріпленому на кабелі ПГ. Регулювання чутливості АСД здійснюється за допомогою ручки «Чувствительность АСД» на планці з правого боку приладу.

5. За допомогою ручок «Мощность», «Усилитель» і «Отсечка» установити амплітуду донних імпульсів на екрані ЕПТ не менше 40 – 50 мм. При досягненні цієї величини схема автоматичного сигналізатора наявності донного імпульсу (АСК) повинна спрацювати і включити лампочку блакитного кольору, яка знаходиться у корпусі сигнального патрона, закріпленому на кабелі ПГ.

6. Провести перевірку роботи приладу шляхом контролю штучних дефектів за ехо-сигналами. При необхідності ручкою «Отсечка» позбавитися від помилкових ехо-сигналів.

Проведення вимірювання

1. Провести підготовку приладу за методикою, викладеною вище.
2. Виконати контроль еталонних зразків.
3. Виконати контроль дослідних зразків.

Зміст звіту

1. Коротке пояснення ехо-імпульсного методу контролю якості виробів з пластмас, армованих склотканинами.

2. Коротке пояснення принципу дії приладу ДУК-12 та порядку проведення контролю якості дослідних виробів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

Вимірювання товщини неструмопровідних та немагнітних покриттів з вуглепластиків на металах

Мета роботи: Ознайомлення з методом неруйнівного контролю товщини діелектричного покриття з вуглепластиків при однобічному доступі до контрольних ділянок та оволодіння навичками роботи з вимірником товщини ИТП-УМ.

Теоретичні відомості

У багатьох випадках контролю методом вихрового струму (або методом електромагнітної індукції) досліджувані вироби вміщують у магнітне поле котушки або ряду котушок, увімкнених у джерело змінного струму.

Цей метод заснований на збудженні вихрових струмів, які виникають у металі виробів при накладанні на них котушки (коливного контуру) датчика, яка живиться від джерела змінного струму.

Суть цього методу полягає в тому: якщо контрольований виріб помістити в магнітне поле вимірювальної котушки датчика (ВК), у ньому виникають вихрові струми. Вони у свою чергу утворюють біля контрольованих виробів власне (додаткове) магнітне поле.

Протилежна дія магнітного поля (другого), яке перебуває у протифазі до першого, що на вимірювальній котушці, приводить до зміни електричних параметрів першого поля і залежно від цього до зміни електричних параметрів коливного контуру, настроєного в резонанс. Зміна напруги на коливному контурі фіксується приладом, який визначає товщину покриття.

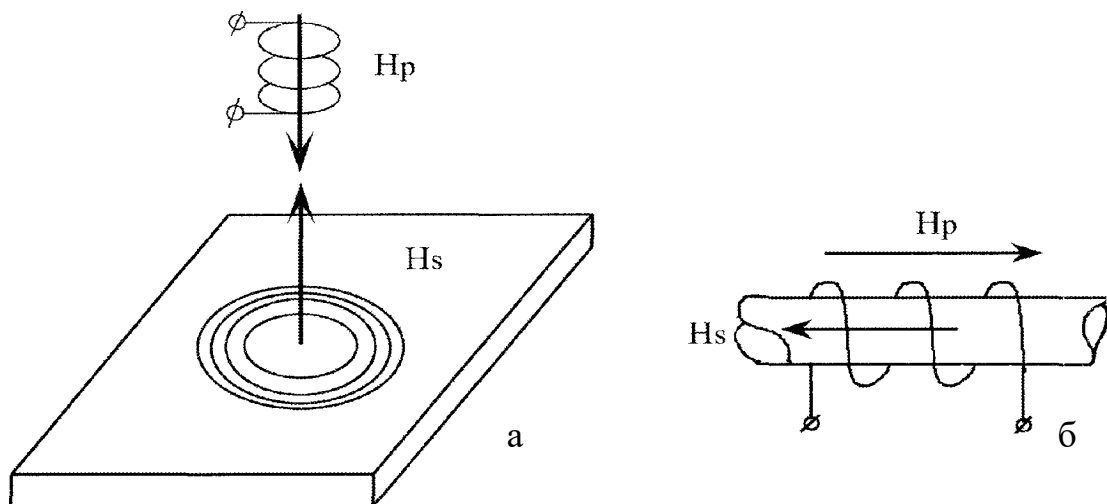


Рис. 1. Можливості розміщення ВК і контрольованого виробу:
 а – вимірювальна КД над поверхнею контрольованого виробу;
 б – контрольований виріб у середині циліндричної вимірювальної ВК.

На рис.1 вектор H_p показує напрям первинного магнітного поля ВК. H_s – напрям вторинного поля, яке з'явилося внаслідок виникнення вихрових струмів у контрольованому виробі.

Можливі й інші варіанти розміщення ВК відносно контрольованих виробів.

Повний електричний опір у ВК характеризується двома величинами:

1) індуктивним опором $X_L = 2\pi fL$, де f – частота змінного струму, Гц;
 L – індуктивність вимірювальної котушки (ВК), Гн.

2) омичним опором R , Ом.

Ємнісний опір дорівнює нулю.

При відсутності контрольованого виробу повний опір ВК:

$$Z_0 = R + j\omega L, \quad (4.1)$$

де $\omega = 2\pi f$.

Якщо контрольований виріб помістити в магнітне поле ВК, то повний опір ВК змінюється під дією електромагнітного поля вихрових струмів і може бути записаний так:

$$Z = R_1 + \frac{\omega^2 M^2}{R_1^2 + x_1^2} + j \left(x_1 - \frac{\omega^2 M^2}{R_2^2 + x_2^2} \right), \quad (4.2)$$

де M – коефіцієнт взаємоіндукції первинного і вторинного контурів.

Внесений в змінне магнітне поле ВК контрольований виріб в якомусь ступені аналогічний вторинному контуру. Співвідношення (4.2) незручне для кількісної оцінки впливу властивості виробів на параметри контуру ВК і свідчить тільки про характер цього впливу.

Розробка методу із застосуванням накладної котушки заснована на реальному аналізі повного (комплексного) опору залежно від відстані її до контрольованого виробу і його електропровідності.

Відомо, що найважливішими властивостями металевих виробів є:

- електропровідність;
- розміри (товщина, діаметр та ін.);
- магнітна проникність;
- порушення суцільності, такі як тріщини або раковини.

Порушення суцільності в поверхневому шарі струмопровідної основи виробу (тріщини, раковини) є перешкодою для вихрових струмів. Вони виявляють дію, схожу з дією збільшення опору поверхневого шару, що відповідно відбивається на ступені взаємодії ВК з контрольованим виробом. Метод вихрових струмів має широке застосування в промисловості для визначення товщини неметалевого покриття на струмопровідних матеріалах, а також виявлення дефектів поверхні магнітних та немагнітних матеріалів, хімічних властивостей, якості термічної обробки та ін.

Прилади та обладнання

1. Вимірювач товщини покриття ИТП-УМ.
2. Еталонні зразки товщини досліджуваних матеріалів.
3. Зразки для дослідження.

Принцип роботи приладу ИТП-УМ

Вимірювач товщини покриття ИТП-УМ діє за принципом індукування в металі виробу вихрових струмів при накладенні на нього ВК. Електричне поле, створене вихровим струмом, наводить електрорушійну силу у вимірювальній обмотці котушки.

За певних умов амплітуда привнесеної напруги однозначно пов'язана із величиною зазору між датчиком і електропровідною основою і не залежить від інших факторів, таких як електропровідність матеріалу підкладки в обумовлених межах – нерівномірності її як за товщиною матеріалу, так і на його поверхні. Товщина матеріалу підкладки не повинна бути меншою 3 – 4 мм, а її площа повинна становити не менше 150 мм².

У зв'язку з необхідністю вибору досить високої робочої частоти – 5 МГц – через низьку питому електропровідність матеріалу основи в приладах ИТП-УМ застосовується гетеродинне перетворення частоти.

Опис структурної схеми приладу ИТП-УМ

Генератор Г частоти $f = (0,5 \pm 0,05)$ МГц живить збуджуючу котушку І датчика (рис.2). Компенсаційна П та вимірювальна ІІІ котушки датчика підключені до перетворювача частоти ПЧ, на який від гетеродина надходить сигнал з частотою $\Gamma = (0,5 \pm 0,05)$ МГц.

Після перетворювача частоти фільтри нижніх частот ФНЧ-1 та ФНЧ-2 виділяють різницеві сигнали у 100 КГц, які поступають на узгоджуючий перетворювач П і на диференційний підсилювач ДП, на виході якого буде виділятися висока напруга.

Ця висока напруга далі надходить на попередній підсилювач ПУ фільтра нижніх частот 5-го порядку ФНЧ-4, підсилювач П, підсилювач-обмежувач ПО-2, узгоджуючий пристрій УП-2 і на один із виходів вимірювача різниці фаз ВРФ. Опорна напруга із виходу перетворювача П поступає, крім диференціального підсилювача ДП, на аналогічний ланцюжок – фільтр нижніх частот 2-го порядку ФНЧ-3, підсилювач-обмежувач ПО-1 і узгоджуючий пристрій УП-1 та на другий вхід вимірювача різниці фаз ВРФ.

Різниця фаз внесеного й опорного сигналів надходить на блок компенсації БК, крім цього, у блок компенсації БК поступає внесений сигнал зі входу підсилювача П.

Амплітуда сигналу, внесеного в блок компенсації БК, зміна електропровідності БК автоматично корегуються при зміні питомої електропровідності так, щоб на виході блоку компенсації БК сигнал був пропорційний тільки величині зазору між електропровідною основою і датчиком.

На виході блоку компенсації БК реалізується статична експоненціальна характеристика з необхідною точністю, при дотриманні вимог, викладених у підрозділах «Вимоги до об'єкта контролю», «Технічні характеристики» паспорта до ИТП-УМ.

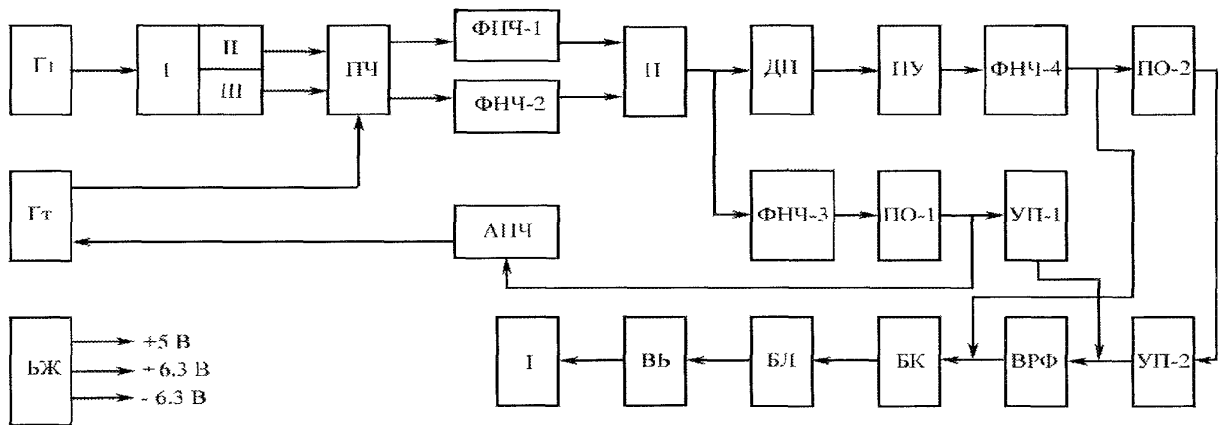


Рис.2. Електроструктурна блок-схема приладу ИТП-УМ:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| І – збуджуюча котушка датчика (КД); | Гі – генератор; |
| ІІ – компенсаційна КД; | Гт – гетеродин; |
| ІІІ – вимірювальна КД; | І – індикатор; |
| АПЧ – автоматична підстройка частоти; | П – повторювач; |
| БЖ – блок живлення; | ПО-1,2 – підсилювач-обмежувач; |
| БК – блок компенсації; | ПП – попередній підсилювач; |
| БЛ – блок лінеаризації; | ПЧ – перетворювач частоти; |
| ВБ – вихідний блок; | У – підсилювач; |
| ВРФ – вимірювач різниці фаз; | УП-1,2 – узгоджуючий пристрій; |
| ДП – диференціальний підсилювач; | ФНЧ-1,2,3,4 – фільтри нижніх частот |

Вимоги до об'єкта контролю

Розміри площі контрольованої поверхні повинні бути не менше 100×150 мм.

Товщина основи контрольованого виробу із вуглепластику повинна бути не менше 3 мм, зі сталі – не менше 0,2 мм.

Кривизна поверхні основи повинна бути не менше $R \gg 100$ мм.

Електропровідність матеріалу основи не менше 10^3 м / Ом×мм².

Технічні характеристики ИТП-УМ

Із виходу блоку компенсації БК сигнал поступає на блок лінеаризації БЛ, у якому відбувається лінеаризація одержаної від блоку компенсації БК експоненціальної характеристики. Далі сигнал надходить на вихідний блок ВБ, який служить для остаточної обробки сигналу, що потрапляє в індикатор І. Для забезпечення постійної різниці частот генератора і гетеродина і для зменшення похибки виміру застосовується автоматичне настроювання.

Опорний сигнал з виходу підсилювача-обмежувача ПО-1 потрапляє на схему автоматичної підстройки частоти АПЧ, сигнал з якої буде служити керуючим для гетеродина.

Блок живлення БЖ забезпечує подачу стабілізованої напруги +5 В; +6,3 В; - 6,3 В відносно до корпусу та елементів вимірювальної схеми.

Техніка безпеки

1. Робота з приладом вимагає дотримання правил техніки безпеки, встановлених для умов експлуатації електроустановок з напругою до 1000 В.
2. Перед включенням приладу в мережу необхідно переконатися в справності кабелю живлення та в приєднанні клеми заземлення до контуру заземлення.
3. Забороняється робити заміну запобіжника при ввімкнутій в мережу вищій кабелю живлення.
4. Регулювальні роботи, пов'язані з розкриванням приладу, заміною кожного вузла або елемента, дозволяється проводити тільки в спеціально обладнаній для цього лабораторії.
5. Робота з приладом дозволяється студентам, які вивчили інструкцію з експлуатації та технічний опис приладу і пройшли інструктаж з техніки безпеки установок до 1000 В.

Конструкція приладу і ручки керування

1. Прилад ИТП-УМ призначений для неруйнівного контролю товщини непровідного (немагнітного) покриття з матеріалів типу вуглепластик, електропровідність яких нерівномірна як з глибиною, так і на поверхні.
2. Прилад може бути використаний для вимірювання товщини покриття на різних металевих основах – алюміній, титан, сталь.
3. Відлік показів аналоговий стрілочному приладу, шкала лінійна. Конструктивно прилад виконано переносним, придатним для роботи в лабораторії та цехових умовах. Несучими елементами конструкції приладу ИТП-УМ є передня та задня панелі, скріплені боковими стінками.

На передній панелі розміщені:

Ліворуч:

- кнопка «Живлення»;
- кнопка «Піддіпазони I та II»;
- кнопка «Контроль»;
- гніздо для підключення датчика.

У центрі:

- прилад «Індикатор», шкала якого проградуєвана в мм;

Праворуч:

- ручки потенціометрів: верхній, нижній, «зміщення».

На задній панелі:

- вилка роз'єднання «Мережа» 220 В, 50 Гц;
- гніздо запобіжника на 0,5 А;
- клема заземлення для підключення до контуру заземлення;
- осі потенціометрів «Амплітуда» та змінного конденсатора «Фаза».

Датчик має форму пістолета, у рукоятці якого розміщена плата з елементом схеми датчика, дуло – власне датчик.

Датчик складається із феритового магнітного осердя з трьома обмотками. Корпус датчика виконаний із оргскла. Плата закрита екраном і декоративними накладками з пластмаси.

Підготовка приладу ИТП-УМ до роботи

1. Установити прилад на робочому місці і перевірити роботу органів його керування, наявність запобіжника і справність кабелю живлення.
2. З'єднати датчик за допомогою з'єднуючого кабелю із розніманням приладу «Датчик».
3. Включити кабель живлення в мережу і натиснути кнопку «Живлення», при цьому повинна загорітися лампочка індикатора включення приладу.

Підготовка до вимірювання

1. Перевірити балансування датчика. Датчик повинен бути розміщений не ближче 100 мм від електропровідної поверхні.
2. Натиснути кнопку «Контроль» (При цьому на індикаторі повинні з'явитися мінімальні покази. Якщо покази відрізняються від прийнятних, необхідно провести балансування датчика за методикою «Регулювання і настройка»).
3. Провести калібровку приладу в потрібному піддіапазоні вимірювання:
 - натиснути кнопку I перемикача піддіапазонів (2–10) мм;
 - або II – (10–40) мм;
 - установити ручку потенціометра «Межа верхня» в середнє положення;
 - установити в центрі зразка з вуглепластику (металу), який служить основою для неструмопровідного немагнітного покриття, контрольну міру зазору – величиною 1 мм – при вимірюванні в діапазоні (2–10) мм, або 10 мм – при вимірюванні в піддіапазоні (10–40) мм.

Примітка. Зразок основи повинен бути розміром не менше 150x150 мм;

- датчик необхідно тримати по можливості перпендикулярно до площини контрольованого виробу. Мати на увазі, що «Установити датчик» означає «установити датчик в робоче положення»;
- установити покази індикатора 10 мм залежно від діапазону за допомогою ручки потенціометра «Межа нижня»;
- установити в центрі зразка матеріалу основи контрольований зразок міри, що відповідає кінцю діапазону (10 або 40 мм);
- установити датчик на контрольний зразок;
- установити за допомогою ручки потенціометра «Межа верхня» покази індикатора на кінець піддіапазону;
- повторити дії, описані вище, декілька раз, щоб добитись відповідності показів приладу значенням товщини зразків на початку й в кінці кожного з піддіапазонів.

Прилад готовий до проведення випробувань у вибраному діапазоні.

Примітка. У даній модифікації приладу ручка потенціометра «Зміщення» не використовується.

Проведення вимірювання

1. Провести розгін шкали за методикою, викладеною вище.
2. Установити датчик на контрольований виріб і відлічити покази індикатора в мм залежно від товщини.
3. Під час роботи калібрування приладу необхідно проводити через кожні 30 хвилин.

ДОДАТОК 1

1. Регулювання та настройку приладу здійснюють після заміни датчика або ремонту приладу. Регулювальні роботи необхідно проводити в такій послідовності:

- розмагнічення датчика;
 - балансування датчика.
2. Для розмагнічування датчика:
- включити розмагнічуючу котушку в мережу промислової частоти (50 Гц);
 - надіти котушку на датчик до упору і повільно відвести її від датчика, зберігаючи співосність, на відстань 1 м;
 - відключити розмагнічуючу котушку від мережі змінного струму.

ДОДАТОК 2

Параметри розмагнічуючої котушки:

4 000 витків проволочи ПЗВ-2 Ø 0,14 мм.

Намотка – виток до витка, рядова, через 3 ряди – ізоляційна.

Папір КОН-П 0,022 ГОСТ 1903-528.

Зовнішня ізоляція – лакотканина ДШМ 1050-15 ГОСТ 2214.86 у три шари.

Зміст звіту

1. Коротке пояснення методу неруйнівного контролю товщини діелектричного покриття з вуглепластиків вихровими струмами при однобічному доступі до контрольних ділянок.
2. Коротке пояснення принципу дії приладу ИТП-УМ та порядку проведення контролю товщини покриття матеріалів.
3. На ескізах контрольованих виробів вказати товщину покриття.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

Контроль якості клеєвих і паяних з'єднань із металевих та неметалевих матеріалів

Мета роботи: Ознайомлення із застосуванням методу неруйнівного контролю з'єднань (клеєвих, паяних, розшарувань у пластиках та ін.) з металевих та неметалевих матеріалів та оволодіння навичками роботи з дефектоскопом ГСП АД-40И.

Теоретичні відомості

Для перевірки якості з'єднань металевих і неметалевих матеріалів служать методи ультразвукового контролю (УЗК), засновані на дослідженні процесу поширення пружних коливань з частотою 0,5 – 10 МГц в контрольованих виробках.

Здатність ультразвукових хвиль (УЗХ) проникати на значну глибину як металевих, так і неметалевих матеріалів обумовлює їх широке застосування в різних галузях промисловості.

Ультразвуковою дефектоскопією (УЗД) називають виявлення внутрішніх дефектів (тріщин, раковин, розшарувань тощо) у твердих тілах за допомогою ультразвуку (УЗ). УЗД заснована на явищі розсіювання УЗ коливань від поверхні дефектних ділянок тіла. Через малість довжини ультразвукової хвилі УЗ, подібно до світла, випромінюється дуже вузькими направленими пучками.

Для генерування УЗ застосовуються механічні й електромеханічні випромінювачі. Прикладом механічного випромінювача УЗХ низької частоти ($f = 20\text{--}200$ КГц) і дуже високої інтенсивності є сирена.

Електромеханічні випромінювачі УЗ поділяються на два основних типи:

- магнітострикційні – для генерування низькочастотних УЗ коливань до 20 КГц;

- п'єзоелектричні – для генерування УЗ коливань із частотою до 50 МГц.

Їх дія ґрунтується на явищі магнітострикції у змінному магнітному полі (МП).

Явищем магнітострикції називається зміна форми та об'єму феромагнетика при його намагнічуванні. До магнітострикційних коливань належать механічні коливання, які виникають у феромагнетиках при їх намагніченні в МП, що періодично змінюється. Ці коливання використовуються в ультразвукових магнітострикційних вібраторах.

Феромагнетиками називаються магнітні матеріали, в яких власне (внутрішнє) МП може в сотні і тисячі раз перевищувати їх зовнішнє МП. У феромагнетиків спостерігається явище, зворотне магнітострикції – зміна намагніченості при деформаціях.

Найпростіший випромінювач УЗ являє собою феромагнітний стержень,

яким є осердя соленоїда, по якому пропускається високочастотний змінний струм.

Для реєстрації та аналізу УЗ використовуються п'єзоелектричні та магнітострикційні датчики. П'єзоелектричний ефект (п'єзоэффект) полягає в тому, що при механічних деформаціях деяких кристалів у певних напрямках на їх гранях з'являються електричні заряди протилежних знаків.

Для збудження та реєстрації ультразвукових коливань при дефектоскопії використовують електроакустичні перетворювачі у вигляді пластин із п'єзоелектричних матеріалів (кварцу, титанату барію, сегнетової солі).

Товщину d п'єзоелектричної пластини треба вибрати такою, щоб власна частота f_0 пластини відповідала частоті збуджених або прийнятих УЗ- коливань:

$$f_0 = \frac{k_0}{d} \quad (5.1)$$

Для титанату барію $k_0 = 2,5$ МГц.

В основу дії дефектоскопа ГСП АД-40И покладено акустичний імпедансний метод, в якому використовується різниця механічних імпедансів доброякісних і дефектних ділянок контрольованого виробу. При контролі цим методом у виробі збуджують пружні змінні коливання звукового діапазону частот.

Механічним імпедансом або повним механічним опором Z називається відношення збуджуючої сили F до викликаної нею швидкості коливань v частинок середовища в зоні прикладення сили:

$$Z = \frac{F}{v} \quad (5.2)$$

Сила повинна бути гармонічною, тобто вона повинна змінюватися за синусоїдальним законом. Величини Z , F , v є комплексними.

Механічний імпеданс можна записати так:

$$Z = R + jx, \quad (5.3)$$

де R – активна, а x – реактивна складова відповідно.

Інерційному характеру реактивної складової відповідають додатні значення « x », пружному – від'ємні.

Модулем механічного імпедансу називається дійсна величина

$$|Z| = \sqrt{R^2 + x^2}, \quad (5.4)$$

Механічний імпеданс досить складно залежить від розмірів, густини, пружних властивостей матеріалу і ступеня поглинання пружних коливань у виробі. Підвищення жорсткості і густини матеріалу, як правило, викликає зростання модуля механічного імпедансу.

Механічний імпеданс багаточислової конструкції в зоні прикладення збуджуючої сили визначається усіма елементами цієї конструкції, поєднаними в одну механічну систему.

Коли всі шари конструкції зв'язані (наприклад, спаяні) між собою, вона коливається як одне ціле і модуль $|Z|$ механічного імпедансу має максимальне значення. Якщо ж у виробі є дефект у вигляді порушення з'єднань між шарами, то жорсткість ділянки з дефектом виявляється меншою, ніж жорсткість на ділянках доброякісного з'єднання. Тому модуль $|Z_1|$ механічного імпедансу виробу в дефектному шарі буде менший, ніж $|Z_2|$.

У загальному випадку в зоні дефекту змінюється також відношення $|x|/R$ (звичайно воно зростає), а інколи й характер (знак) реактивної складової. Таким чином, дефект з'єднання можна виявити за зміною механічного імпедансу виробу.

У загальному випадку амплітуда U_2 і фаза φ_2 електричної напруги на вимірювальному п'єзоелементі перетворюються (на виході пошукової головки) і залежать не тільки від механічного імпедансу Z контрольованого виробу, але й від інших факторів: частоти f , напруги U_1 на випромінювальному елементі та ін.

Однак у кожному конкретному режимі контролю всі ці фактори, крім Z , можна вважати незмінними.

Таким чином, зміна механічного імпедансу Z контрольованого виробу перетворюється в зміну амплітуди U_2 і фази φ_2 вихідного сигналу пошукової головки (ПГ).

Дію перетворювача ПГ зручно характеризувати безрозмірним коефіцієнтом передачі:

$$P = \frac{U_2}{U_1} = P \cdot e^{j\varphi}, \quad (5.5)$$

де U_1, U_2 – комплексні амплітуди електричних напруг на вході випромінюючого п'єзоелемента і на виході випромінюючого вимірювального п'єзоелемента відповідно; $P = \left| \frac{U_2}{U_1} \right|$, а кут φ – кут фазового зсуву між U_1 і U_2 .

При сталості U_1 і f модуль P коефіцієнта передачі пропорційний U_2 .

Найвища чутливість досягається при виявленні дефектів за одночасною зміною P і φ .

Обладнання і матеріали

1. Дефектоскоп ГСП АД-40И.
2. Контрольні зразки зі штучним дефектом.
3. Контрольовані вироби.
4. Змінні ПГ: ГСП ПАДИ-5,6,7.

Принцип роботи дефектоскопа ГСП АД-40И

Дефектоскоп ГСП АД-40И діє за принципом посилення звукових хвиль (ЗХ) у контрольований виріб і збудження в ньому пружних коливань звукового діапазону частот. Дефект у з'єднанні можна виявити за зміною механічного імпедансу виробу.

Пристроєм, чутливим до зміни механічного імпедансу контрольованого виробу, є перетворювач ПГ дефектоскопа. Перетворювач являє собою стрижневу коливну систему, в якій за допомогою п'єзоелектричного випромінювача збуджуються поздовжні пружні коливання.

Вихідний сигнал ПГ, який надходить на вхід електронного блоку дефектоскопа, знімається з вимірювального п'єзоелемента перетворювача. У перетворювачах ПАДИ-5 і ПАДИ-6 є додатковий компенсаційний елемент, призначення якого описано в паспорті «Головки уніфіковані пошукові ПАДИ».

Як уже зазначалося, найвищу чутливість отримуємо при виявленні дефектів за одночасною зміною коефіцієнта передачі P та кута фазового зсуву φ . У зв'язку з цим в електронному блоці ГСП АД-40И передбачено амплітудно-фазовий режим роботи, при якому прилад реєструє зміну величини $p \cdot \cos \varphi$. Крім цього, передбачена можливість використання звичайного амплітудного варіанта імпедансного методу, коли прилад реєструє тільки комплексні величини P і не реагує на фазу сигналу.

Розглянемо принцип дії приладу ГСП АД-40И, структурна електрична схема якого наведена на рис. 1.

Від гетеродина 2 і через схему автоматичного регулювання вихідної напруги (АРУ) 9 від гетеродина 8 на балансний змішувач 5 подаються синусоїдальні коливання двох частот f_1 і f_2 . На вихід балансного змішувача потрапляють коливання з частотами $f_1 - f_2$; $f_1 + f_2$; f_1 і f_2 та ін.

Активний фільтр 6 пропускає тільки коливання робочого діапазону частот $f_3 = f_1 - f_2$, які лежать у межах від 1,5 до 10 КГц. Робоча частота установлюється регулятором частоти діапазонного гетеродина 2.

Із виходу активного фільтра 6 сигнал надходить на вхід підсилювача потужності 3, вихід якого навантажений на випромінюючий елемент ПГ 1.

Крім цього, вихід підсилювача 3 з'єднаний зі входом атенюатора 4 і схемою АРУ 9.

Призначення автоматичного регулювання вихідної напруги (АРУ) 9 – підтримка сталості амплітуди напруги на виході підсилювача потужності 3.

До виходу ПНЧ-7 через тумблер «Контроль - Антен.» підключається або вимірювальний п'єзоелемент ПГ-1, або вихід атенюатора 4.

Підсилювач низької частоти 7 має також додатковий вхід для подачі сигналу від зовнішнього, програмно регульованого, підсилення.

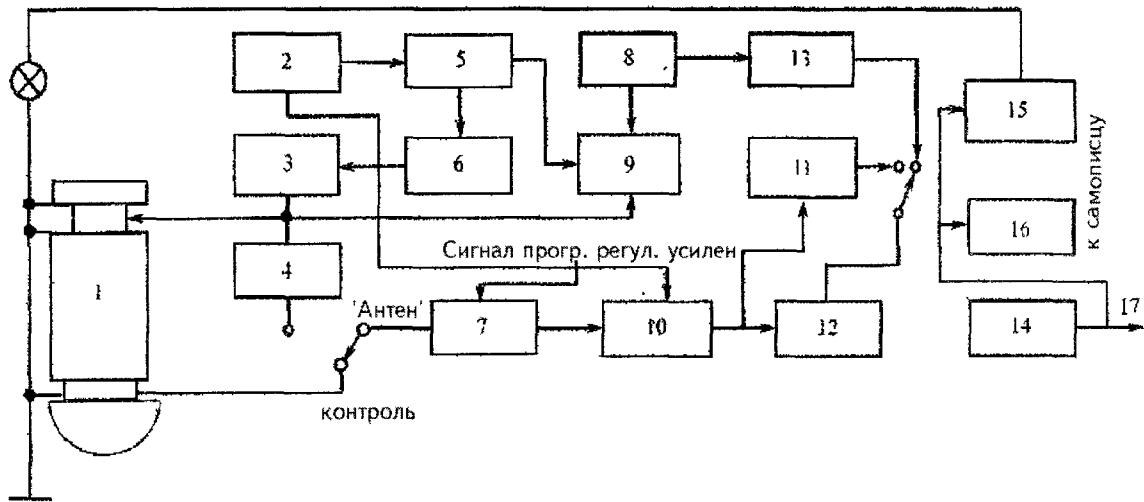


Рис. 1. Електрична структурна схема дефектоскопа ГСП АД-40И
(без джерела живлення):

1 – пошукова головка (ПГ); 2 – діапазонний гетеродин із частотою коливань f_1 від 31,5 до 40 КГц; 3 – підсилювач потужності; 4 – атенюатор; 5 – балансний змішувач; 6 – активний фільтр; 7 – підсилювач низької частоти (ПНЧ); 8 – гетеродин із частотою $f_2 = 30$ КГц; 9 – схема автоматичного регулювання вихідної напруги (АРУ); 10 – балансний змішувач; 11 – обмежувач; 12 – підсилювач проміжної частоти (ППЧ); 13 – фазообертач; 14 – синхронний детектор; 15 – пороговий пристрій, який керує лампочкою сигналізатора дефектів і струмом пера самописця; 16 – пороговий пристрій, який оберігає стрілочний індикатор від перевантажень; 17 – стрілковий індикатор

На балансний змішувач 10 потрапляє сигнал двох видів – робочої частоти $f_3 = f_1 - f_2$ з виходу ПНЧ та частоти f_1 з виходу гетеродина 2.

Вихід змішувача 10 з'єднаний з виходом ППЧ-12, настроєного на проміжну частоту $f_n = 30$ КГц.

З виходу ППЧ сигнал проміжної частоти надходить на вхід обмежувача 11 і перший вхід синхронного детектора 14.

Обмежувач 12 перетворює синусоїдальну напругу в меандр (меандр – прямокутний імпульс, у якого пауза та імпульс однакової довжини) (див. Додаток).

Фазообертач 13, з'єднаний з гетеродином, дозволяє регулювати фазу сигналу на другому вході детектора 14.

Тумблер «А + φ - А» переключає режим роботи приладу.

У положенні тумблера «А» на другий вхід синхронного детектора 14 із виходу обмежувача 11 подається меандр, який знаходиться у протифазі із сигналом на першому вході детектора.

У цьому випадку постійна складова сигналу на виході детектора 14 пропорційна напрузі «U» на виході ППЧ 12 і не залежить від фази сигналу на вході дефектоскопа.

Такий режим роботи називається амплітудним (АД – амплітудний дефектоскоп).

У положенні тумблера «А + ф» на другий вхід синхронного детектора 14 надходить меандр з виходу фазообертальника 13. Основна частота цього меандра дорівнює частоті сигналу на першому вході синхронного детектора.

Фаза меандра регулюється відносно фази гетеродина 8, а отже й відносно фази сигналу на першому вході синхронного детектора. У цьому випадку постійна складова на вході детектора 14 пропорційна величині $u \cdot \cos\varphi$, де (φ – кут зсуву фази між напругою на першому та другому вході детектора 14).

Такий режим роботи дефектоскопа називається амплітудно фазовим.

Постійна складова синхронного детектора вимірюється стрілочним індикатором 17 (мікроамперметром 0 – 100 мкА). До виходу синхронного детектора підключений пороговий пристрій 15, який керує струмом сигнальної лампочки (розміщеної в ПГ) та струмом пера самописця.

Перехід порогового пристрою 15 з одного стану в інший відбувається, коли струм індикатора становить 60 ± 5 мкА.

При значеннях струму нижче вказаного порога сигнальна лампочка в ПГ включається і струм через перо самописця відсутній. При струмах індикатора, які перевищують поріг спрацьовування, сигнальна лампочка виключається, а через перо самописця проходить струм. Пороговий пристрій 16 усуває перевантаження стрілочного індикатора 17.

Живлення дефектоскопа здійснюється:

- а) від мережі змінного струму з частотою 50 Гц, напругою 220_{-33}^{+22} В;
- б) мережі постійного струму напругою $27_{-3.0}^{+2.4}$ В;
- в) батареї акумуляторів напругою $9,4 \pm 0,9$ В.

Техніка безпеки

1. При роботі з дефектоскопом ГСП АД-40И з блоком живлення від мережі необхідно дотримуватися загальних правил роботи з електроприладами напругою 220 В.
2. До роботи з обслуговування та експлуатації дефектоскопа повинні допускатися студенти, які пройшли навчання з правил техніки безпеки.
3. Суворо дотримуватися послідовності включення дефектоскопа та роботи з ним.
4. Під час експлуатації забороняється залишати прилад включеним без нагляду.

Конструкція дефектоскопа ГСП АД-40И

Органи керування

Конструкція дефектоскопа ГСП АД-40И розміщена в металевому кожусі. У передній частині корпусу дефектоскопа знаходиться електронний блок, а в середині комутаційний пристрій, жорстко зв'язаний з корпусом. На задній стінці корпусу є ніша для встановлення одного з блоків живлення. Корпус закрито знімними кришками.

На передній панелі електронного блоку розташовані такі органи керування:

- ручка «Частота КГц» із верньєрною шкалою для встановлення частоти генератора;
- перемикач «Потужність» для вимірювання потужності генератора;
- роз'єднання «Вихід» для підключення мережі;
- тумблер «Мережа» для вмикання живлення;
- стрілочний індикатор «мкА» для вимірювання постійної складової на виході синхронного детектора;
- перемикач ослаблення атенюатора «Грубо»;
- перемикач ослаблення атенюатора «Точно»;
- тумблер перемикач режиму роботи « $A + \varphi - A$ » ;
- ручка «Фаза φ » для регулювання фазообертача;
- ручка регулювання підсилювача «Амплітуда - A »;
- тумблер перемикач виду робіт «Контроль - Антен.»;
- роз'єднання «Вхід» для підключення ПГ;
- кнопка для контролю напруги акумуляторної батареї.

На задній стінці дефектоскопа розміщені:

- роз'єднання «Мережа» для підключення кабелю живлення залежно від живленої напруги (змінного 220 В або постійного 27 В);
- клема для заземлення приладу ;
- тримач для запобіжника «1А»;
- розетка роз'єднання для підключення до приладу пристроїв, призначених для запису результатів контролю на самописці "Автоматика";
- лампочка індикації зарядки акумуляторної батареї "Індикатор зарядки акумулятора";
- тумблер для перемикач режиму роботи блоку живлення від мережі «Работа – Зарядка акумулятора.».

Підготовка дефектоскопа ГСП АД-40И до роботи

1. Контрольні зразки

Для вибору оптимального режиму роботи, визначення рівня чутливості до дефектів і настройки дефектоскопа використовують спеціально виготовлені контрольні зразки (еталони) зі штучним або природним дефектом різних розмірів.

Ці зразки повинні мати ті ж основні параметри (товщину) і матеріал обшивки і з'єднаних з нею елементів, розмір стільникової комірки та ін., що й контрольований виріб.

Розмір дефектів у контрольованому виробі вибирають згідно з допустимими нормами.

Контрольний виріб «КВ», який входить до комплекту дефектоскопа, призначений тільки для перевірки працездатності дефектоскопа і не може бути використаний для вибору режиму і настроювання при контролі конкретних виробів.

2. Вибір типу ПГ

Тип головки шукача вибирається відповідно до параметрів, які підлягають контролю:

– ПГ ПАДИ-7 служить в основному для контролю виробів з жорсткими (наприклад, металевими) внутрішніми елементами і відносно товстими (більш 0,5 – 0,7 для алюмінієвих сплавів) обшивками. Ця ПГ може бути використана переважно при резонансних режимах роботи на частотах від 5 до 7,5 КГц. Вона може бути придатна також і в нерезонансних режимах на частоті 4,5 КГц;

– ПГ ГСП ПАДИ-5 застосовується: для контролю широкої номенклатури виробів з внутрішніми елементами середньої і малої жорсткості (стільникове заповнення – пінопласт та ін.). Використовується переважно в нерезонансних режимах;

– ПГ ГСП ПАДИ-6 відрізняється від ГСП ПАДИ-5 меншою довжиною перетворювача. Вона призначена для використання в тих випадках, коли доступ до виробу утруднений (наприклад, при контролі внутрішньої поверхні труб малих діаметрів, де контроль іншими ПГ обмежений довжиною їх корпусу).

ПГ ГСП ПАДИ-5 і 6 відрізняються від ГСП-ПАДИ-7 приблизно лінійною залежністю амплітуди вихідної напруги від модуля $|Z|$ механічного імпедансу контрольованого виробу в зоні малих і середніх значень $|Z|$ (для ГСП ПАДИ-7 ця залежність істотно нелінійна). Тому ГСП ПАДИ-6 і ГСП ПАДИ-5 рекомендується використовувати у випадках, коли потрібно досліджувати і використати зв'язок показів дефектоскопа з яким-небудь впливом на них факторів, наприклад, при вивченні кореляції між показаннями дефектоскопа і міцністю клейового з'єднання (у стільникових панелях).

Правильність вибору ПГ необхідно уточнити експериментально на виробі

зі штучним або природним дефектами, що підлягають контролю.

Критерієм правильності вибору ПГ звичайно буде служити найвища чутливість до дефектів. Якщо це не вимагається, вибір ПГ можна провести з міркувань зручності настройки, нечутливості до відхилень, які не є ознакою браку.

3. Вибір режиму контролю

Дефектоскоп ГСП АД-40И дозволяє два режими контролю: амплітудний і амплітудно-фазовий.

В амплітудному режимі (тумблер «А + φ - А» в положенні «А») покази вихідного індикатора пропорційні амплітуді U_2 сигналу на виході ПГ.

В амплітудно-фазовому режимі (тумблер «А + φ », «А» в положенні «А + φ ») покази індикатора пропорційні величині $U_2 \cdot \cos \varphi$, де φ – кут зсуву фази відносно опорної напруги, зв'язаного (через регульовальний фазообертач) з вихідною напругою генератора дефектоскопа.

Через те, що в амплітудно-фазовому режимі прилад реєструє зміну одразу двох параметрів (U_2 , φ), то цей режим звичайно (за винятком випадків, коли дефект практично не змінює фази сигналу) забезпечує високу чутливість.

Як в амплітудно-фазовому, так і в амплітудному режимах можливе використання нерезонансних і резонансних частот.

При резонансному режимі настроювання перетворювач ПГ, вміщений на контрольний виріб у доброякісній зоні, працює на одній з власних частот f_p , яка визначається експериментально.

У нерезонансних режимах робоча частота не збігається з власною частотою системи «перетворювач – виріб».

1. Амплітудний режим на резонансній частоті використовується в основному для контролю виробів з жорсткими внутрішніми елементами із використанням ПГ ГСП ПАДИ-7. Резонансні частоти залежать від механічного імпедансу « Z » виробу (зразку) у зоні без дефектів. Якщо $|Z|$ має пружний характер (що звичайно має місце), то зі збільшенням модуля $|Z|/f_p$ підвищується. Для ПГ ГСП ПАДИ-7 значення f_p лежить у межах від 5 до 7,5 КГц.

2. Амплітудно-фазовий режим на резонансній частоті можна використовувати для розв'язання тієї ж задачі, але при цьому чутливість може виявитися надто високою, так що дефектоскоп буде реагувати не лише на дефект з'єднань, але й на зони відхилень, які не належать до ознак браку (наприклад, ділянки з підвищеною товщиною клейового шва). Амплітудно-фазовий режим на резонансній частоті з використанням ПГ ГСП ПАДИ-5 може бути рекомендованим для контролю виробів з внутрішніми елементами із матеріалів з малим модулем пружності (наприклад, пінопласту). У цьому випадку $f_p = 9 - 10$ КГц.

3. Амплітудно-фазовий режим на нерезонансній частоті застосовується при контролі за допомогою ПГ усіх типів. Робочу частоту в цьому випадку рекомендовано вибирати експериментально, так щоб при переведенні ПГ з доброякісної зони в зону дефекта зміна показів дефектоскопа в положенні тумблера «А + φ» було більше, ніж у положенні «А».

4. Включення дефектоскопа

Залежно від вибраного виду живлення вставити відповідний змінний блок живлення в дефектоскоп.

При живленні дефектоскопа від мережі змінного струму використовуються блок живлення «Мережа» і кабель живлення з двохолюсною вилкою.

Підключити ПГ до рознімання дефектоскопа з написом «Вхід» і «Вихід».

- заземлити через клему «±»;
- увімкнути мережну вилку у відповідну мережу;
- поставити тумблер вмикання живлення на передній панелі в положення «Мережа». При цьому повинна загорітися лампа індикації вмикання мережі. Прилад повинен прогрітися упродовж 5 – 10 хв.

5. Налаштування дефектоскопа

5.1. Налаштування дефектоскопа для роботи в амплітудному режимі на нерезонансній частоті вимагає такої послідовності дій:

- установити ручкою «Частота КГц» робочу частоту 5 КГц;
- тумблер «А + φ – А» перевести в положення «А»;
- тумблер «Контроль - Антен.» в положення «Контроль»;
- ручку «Потужність» поставити в положення 3 або 4.

Притиснути ПГ до контрольного виробу в доброякісній зоні як вказано в п.1 і ручкою «Амплітуда А» відрегулювати підсилення показів приладу так, щоб при переміщенні ПГ на ділянці без дефектів покази стрілочного індикатора становили не менше 80 поділок шкали.

При переміщенні ПГ в зону дефекту покази стрілочного індикатора повинні зменшуватися і повинна увімкнутися розміщена в ПГ сигнальна лампочка (поріг вмикання лампочки 60 ± 5 мкА).

При деяких режимах роботи, наприклад при контролі виробів з відносно товстими металевими обшивками і жорстким внутрішнім елементом на низьких частотах, дефект може викликати не зменшення, а збільшення показів індикатора дефектоскопа. У цьому випадку необхідно вибирати для контролю більш високу частоту.

5.2. Налаштування для роботи в амплітудному режимі при резонансній частоті вимагає встановлення органів управління в такі положення:

- «Потужність» – 1 або 2;

- «Контроль - Антен.» – в положення «Контроль»;
- тумблер «А + ф - А» – в положення «А»;
- «Частота КГц» – 7 (для ПГ ГСП ПАДИ-7). Притиснути ПГ до контрольного зразка (виробу) в доброякісній зоні. Ручкою «Амплітуда» встановити стрілку індикатора в межах 25-30 поділок. Потім, змінюючи значення частоти, добитися максимального відхилення стрілки. Якщо стрілка буде виходити за межі шкали, необхідно зменшити підсилювання, або, якщо цього недостатньо, треба зменшити вихідну напругу генератора за допомогою ручки «Потужність».

Частота, що відповідає максимальному відхиленню стрілки індикатора, буде шуканою резонансною частотою, яка при подальшому настроюванні не змінюється.

Після знаходження резонансної частоти ручкою «Амплітуда А» установити підсилення таке, щоб максимальне відхилення стрілки на доброякісній ділянці зразка (виробу) дорівнювало 80 поділкам.

Перевірити виявлення дефектів у контрольованому зразку, як це указано в попередньому пункті.

5.3. Налаштування дефектоскопа для роботи в амплітудно-фазовому режимі на нерезонансній частоті вимагає такої послідовності дій:

- підключити до дефектоскопа ПГ і ручкою «Частота КГц» установити потрібну робочу частоту;
- ручки дефектоскопа поставити в таке положення:
«Потужність» – в 3 або 4;
«Контроль - Антен.» – в положення "Контроль";
«А + ф - А» – в положення «А».
- установити ПГ на контрольний зразок (виріб) у доброякісній зоні;
- ручкою «Амплітуда - А» відрегулювати підсилення так, щоб при переміщенні ПГ у зоні без дефектів мінімальні відхилення стрілки індикатора становили 80 мкА.

Потім переключити тумблер «А + ф - А» в положення «А + ф» і ручкою «Фаза ф» домогтися максимального відхилення стрілки індикатора, яке повинно дорівнювати відхиленню в положенні тумблера «А».

Якщо при повороті потенціометра «Фаза ф» в одне із крайніх положень максимум відхилення стрілки індикатора не досягається, необхідно повернути ручку в зворотний бік і знайти необхідне положення потенціометра.

При переміщенні ПГ дефектоскопа в зону дефекту покази стрілочного індикатора повинні зменшуватися, а також повинна увімкнутися розміщена в ПГ сигнальна лампочка.

5.4. Налаштування дефектоскопа для роботи в амплітудно-фазовому режимі на резонансній частоті.

Налаштування виконується аналогічно до п. 5.3, за винятком того, що резонансна частота визначається експериментально, як вказано в п. 5.2.

Визначення резонансної частоти проводиться при переведенні тумблера «А + φ - А» в положення «А».

5.5. Перемикач «Потужність» регулює амплітуду напруги на випромінюючому п'єзоелементі ПГ. Звичайно бажано, щоб ця напруга була більшою (положення 4 і 3 перемикача «Потужність»).

Однак при роботі на нерезонансних частотах, коли амплітуда сигналу, що надходить із ПГ, різко зростає, глибина регулювання підсилювача ручкою «Амплітуда А» може виявитися недостатньою для одержання відхилення стрілки індикатора в межах шкали. У цьому разі необхідно зменшити вихідну напругу генератора встановленням перемикача «Потужність» в положення 2 або 1.

5.6. При використанні амплітудно-фазового режиму стрілка вихідного індикатора на дефектах і при перестройці фази (ручкою «Фаза φ») може відхилятися вліво від початку шкали.

В амплітудному режимі стрілка індикатора відхиляється тільки вправо від нуля.

6. Робота з атенюатором

6.1. Призначення атенюатора.

Атенюатор є допоміжним вузлом, що розширює можливості дефектоскопа ГСП АД-40И і полегшує роботу з ним.

Атенюатор виконаний у вигляді каліброваного частотнонезалежного подільника напруги, увімкненого замість ПГ між виходом генератора і входом підсилювача.

Параметром ПГ, що вимірюється за допомогою атенюатора, є модуль коефіцієнта передачі

$$P = \frac{U_2}{U_1}, \quad (5.5)$$

де U_1, U_2 – електрична напруга на випромінюючому і вимірювальному п'єзоелементах перетворювача ПГ відповідно (паспорт до ПГ).

Величина P залежить від типу ПГ, робочої частоти і механічного імпедансу « Z » акустичного навантаження перетворювача ПГ.

Використання атенюатора дозволяє:

– спрощувати повтор налаштування приладу при контролі виробів;

- оцінити параметри ПГ;
- проводити кількісне їх порівняння та вибрати ПГ з близькими характеристиками;
- перевіряти працездатність підсилювача дефектоскопа у виробничих умовах без використання вимірювальної апаратури.

6.2. Використання атенюатора для спрощення настройки дефектоскопа.

При контролі виробів, особливо таких, механічні імпеданси яких у зонах доброякісного з'єднання змінюються в широких межах (наприклад, стільникових панелей з тонкою обшивкою і крупною сотою заповнювача), практично важко відтворити попередню настройку дефектоскопа, навіть при використанні того ж контрольного зразка.

Застосування атенюатора істотно полегшує це завдання. Відтворення режиму роботи приладу відповідно до режиму при заданому налагодженні за контрольним зразком виконується таким чином.

Після того, як настройку приладу за даним контрольним зразком закінчено, перемикач «А + φ - А» потрібно перевести в положення «А» (амплітудний режим).

Перемикач «Контроль - Антен.» необхідно поставити в положення «Антен.» і, змінюючи положення органів керування: «Потужність», «Амплітуда», перемикачами «Грубо» («Точно») установити стрілку вихідного індикатора в деяке (довільне) положення в другій половині шкали.

Потім записати значення показів органів керування атенюатора, відхилення стрілки індикатора, положення перемикача «Потужність» і екземпляра ПГ.

Для відтворення тієї ж настройки при повторному використанні дефектоскопа для контролю виробів того ж типу необхідно установити колишнє (попереднє) положення органів керування «Частота КГц» і «Потужність», тумблер «А + φ - А» – в положення «А», тумблер «Контроль - Антен.» – в положення «Антен.».

Ручкою «Амплітуда А» необхідно відрегулювати підсилення так, щоб відхилення стрілки індикатора дорівнювало записаному при первинній настройці.

Тепер, переключивши тумблер «А + φ - А» в положення «А + φ», на контрольному зразку ручкою «Фаза φ » провести настройку фази за вказівками п. 5.3.

6.3. Оцінка параметрів ПГ.

Оцінку параметрів ПГ необхідно проводити з метою перевірки їх працездатності, порівнюючи ПГ між собою та вибираючи ПГ з близькими характеристиками. Останнє важливо для повторної настройки дефектоскопа без застосування контрольних зразків (п. 5.3.).

Оцінка коефіцієнта передачі ПГ може бути виконана при будь-якому

значенні механічного імпедансу « Z » акустичного навантаження.

Зручно як акустичне навантаження використати масивні (не менше 2 кг) металеві вироби (переважно зі сталі) плоскі, з чисто (не гірше Ra1,25) обробленою поверхнею. Допустимо застосовувати циліндричні зразки з плоскими торцями.

Для визначення модуля коефіцієнта передачі ПГ, налаштованої на задане акустичне навантаження, необхідно установити ручки перемикачів дефектоскопа в такі положення:

- частота «КГц» – на значення частоти, що вимагається;
- «Потужність»: 3 для нерезонансних частот, 1 або 2 – для резонансних;
- «А + φ - А» – в положення «А» (амплітудний режим);
- «Контроль-Антен.» – в положення «Контроль».

Притиснути ПГ до зразка (акустичне навантаження) і ручкою «Амплітуда А» встановити стрілку індикатора на будь-якій оцифрованій поділці шкали в межах від 40 до 90 поділок.

Потім переключити «Контроль - Антен.» в положення «Антен.» і, регулюючи послаблення ручками «Грубо» і «Плавно», установити стрілку індикатора ближче до одержаних раніше відхилень.

Модуль коефіцієнта передачі ПГ визначити за формулою

$$P_{\alpha} = P_a \frac{A_{\Gamma}}{A_{\alpha}}, \quad (5.6)$$

де P_{α} – коефіцієнт послаблення атенюатора, що відповідає відхиленню A_{α} стрілки індикатора дефектоскопа; A_{Γ} – відхилення стрілки індикатора при положенні тумблера «Контроль».

Величину P_{α} можна знайти як добуток показів перемикачів грубого і плавного атенюаторів.

Наприклад, якщо ці перемикачі знаходяться в положенні 10^{-4} і 8 відповідно, то $P_{\alpha} = 8 \cdot 10^{-4}$.

Коефіцієнт передачі ПГ залежить від частоти, тому порівнювати ПГ за цим параметром необхідно при одній і тій же частоті.

ДОДАТОК

Формування меандру з регульованим фазовим зсувом відносно сигналу гетеродина 2 ($f = 30$ КГц). Цей меандр використовується для роботи синхронного детектора в амплітудно-фазовому режимі.

Сигнал від гетеродина (рис. 1) подається на вхід, що перетворює його в меандр U_1 , який потім надходить на вхід одновібратора, останній запускається позитивним фронтом меандру. На рис. 2 наведені епюри напруг одновібраторного фазообертача.

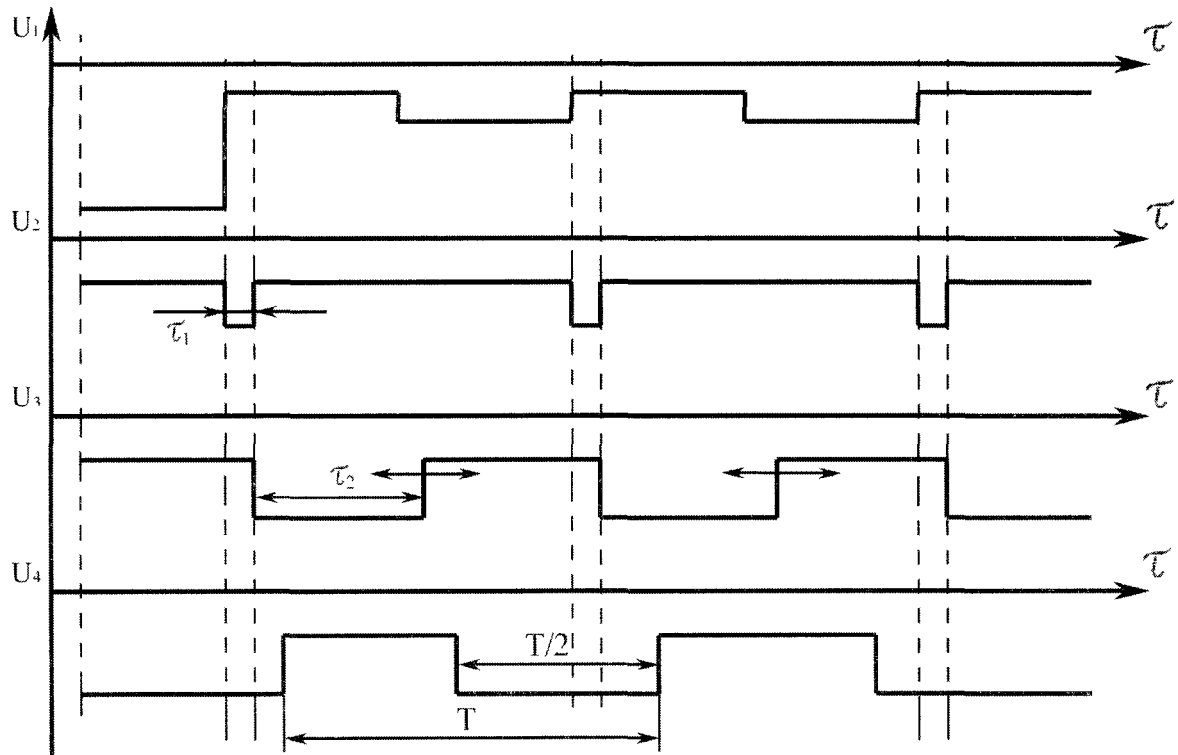


Рис. 2. Епюри напруг одновібраторного фазообертача

Зміст звіту

1. Короткі відомості про методи УЗК.
2. Принцип роботи дефектоскопа ГСП АД-40И.
3. Конструкція дефектоскопа, органи керування та їх призначення.
4. Підготовка дефектоскопа ГСП АД-40И до роботи:
 - наявність контрольних зразків;
 - вибір типу ПГ;
 - вибір режиму контролю.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

Плазово-шаблонний метод забезпечення взаємозамінності у виробництві

Мета роботи: Вивчення методу забезпечення взаємозамінності у виробництві і ознайомлення з технологією виготовлення плазів та шаблонів.

Теоретичні відомості

1. Види плазів і технологія їх виготовлення

У виробництві для забезпечення взаємозамінності порівняно жорстких виробів, які стійко зберігають надані форми та розміри і не входять у зовнішні обводи виробів (деталі клапанів, ТНА, фітінги та ін.), застосовуються методи і засоби вимірювання загального машинобудування (система допусків і посадок та звичайна технологічна спорідненість вимірів).

При виготовленні деталей малої просторової жорсткості, великих габаритних розмірів та складної форми, а також при складанні корпусів відсіків недостатньо жорстких деталей, відокремлюваних вузлів та панелей, застосування системи допусків і посадок при звичайній технічній спорідненості вимірів для забезпечення взаємозамінності складальних одиниць виробів неможливе.

У таких випадках для забезпечення точності взаємної ув'язки деталей, вузлів, панелей, відсіків виробів та їх взаємозамінності застосовується плазово-шаблонний метод побудови технологічних процесів основного та допоміжного виробництва. При цьому проектування та ув'язка зовнішніх контурів відсіків виконується не тільки на папері (теоретичний рисунок у масштабі), але й на теоретичному плазі.

Плаз є основним теоретичним, конструктивним та технологічним документом. Він являє собою рисунок виробу, відокремлюваної його частини, виконаної в натуральну величину без проставлення розмірів на якій-небудь жорсткій плоскій поверхні.

Залежно від призначення плази поділяють на теоретичні та конструктивні.

Теоретичним називається плаз, на якому нанесені координатні та конструктивні осі, а також виконано теоретичний рисунок виробу, відсіку або будь-якої іншої частини виробу. Теоретичний плаз служить для геометричної ув'язки зовнішнього контуру виробу або його частини.

Конструктивним називається плаз, на якому нанесені координатні та конструктивні осі, теоретичний контур відсіку або вузла і проведена його конструктивна ув'язка. Конструктивний плаз служить для геометричної та конструктивної ув'язки всіх деталей, що входять до складу відсіку або вузла, а також для виготовлення та контролю шаблонів.

Конструктивний плаз може бути виконаний і в технологічному оформленні (технологічний плаз). Такий плаз містить доповнення і перерізи, розгортки, позначки технологічних отворів, вказівки про необхідні шаблони та іншу технологічну інформацію.

Теоретичні плази звичайно виготовляють металевими.

Основними елементами металевого плаза є: плазовий стіл та панель плаза.

Плазовий стіл складається із рами і ніжок. Рама виготовляється із дерев'яних брусків. Ніжки регулюються по висоті домкратами. Панель плаза являє собою лист дюралюмінію Д16Т (ГОСТ 12592-67) товщиною 1,5 – 3 мм. Робочу поверхню панелі спочатку анодують, а потім покривають нітроцелюлозною емаллю марки Агт (ТУУ ХХП-202-60) або хлорвініловою емаллю марки ХЗ-16 (ТУ35-ХПЗ 16-61).

Панель покривають емаллю для того, щоб мати можливість виконувати на ній плазові побудови незмивною тушшю.

Для взаємної ув'язки агрегатів, відсіків, вузлів, деталей при побудові плазів застосовують просторову систему координат.

Основними документами для виконання теоретичного плаза є теоретичний рисунок виробу або його частини з таблицею координат і конструктивним перерізом. Плазова ув'язка теоретичних контурів, викреслення конструкції виробу та взаємна ув'язка його відсіків, агрегатів здійснюється в натуральну величину шляхом геометричних побудов.

Технологічний процес виготовлення теоретичного плаза складається з таких операцій:

- 1) підготовка робочої поверхні;
- 2) виконання теоретичних розбивок;
- 3) нанесення інформації;
- 4) контроль плаза.

Підготовка робочої поверхні панелі плаза полягає у вирівнюванні, анодуванні та нанесенні емалі. На підготовленій поверхні викреслюються рамка та базові лінії. Для цього використовуються сталеві лінійки (лінеали) довжиною до 5 м.

Виконання теоретичних розбивок починається з побудови координатних та конструктивних осей. Потім за теоретичним рисунком і таблицею координат на плазову поверхню наносять координати точок, які визначають аеродинамічний обвід виробу. За нанесеними точками проводять лінії обводу виробу. Якщо контур обводу являє собою криву, то по намічених крапках обводу викладають гнучку рейку і закріплюють її крицями. По вигнутій рейці проводять контур обводу. Рейки виготовляються з органічного скла з поперечним перерізом 5×5, 5×10, 10×10 мм та ін., довжиною 0,3–3 мм. Криці – це тягарці вагою до 5 кг для притискування рейок до плаза.

Для точності виміру та контролю відстані між шпангоутами та координатами перерізів на плазах використовується контрольна лінійка (КЛ). Одна грань цієї лінійки має ціну поділки 1 мм, а друга – 0,2 мм на довжині 102 см. КЛ має дві лупи семикратного збільшення для точної фіксації початку і кінця відліку.

Крім указанного вище, при розробці плаза використовуються такі інструменти: кутоміри прості й оптичні для вимірювання величини малок (кутів відбортовки деталей), звичайний креслярський інструмент: готвальні, лекала, сталеві гнучкі лінійки, олівці для креслення, трикутники, штангенциркулі, рулетки металеві з міліметровими поділками довжиною 1, 2, 5, 10 і 20 м для проведення допоміжних робіт; скальпелі для підчистки плазових ліній, рисувалки.

Для виготовлення конструктивних та технологічних плазів застосовується

вініпроз – листовий прозорий пластик. Розміри його листів промислового виготовлення 1700x1700x0,3 м. Питома вага вініпрозу 1,35 – 1,40 г/см³, границя міцності при розтягуванні $\sigma = 50$ кг/см².

Технологічний процес виготовлення конструктивного плаза складається із таких операцій:

- 1) підготовка робочої поверхні плаза;
- 2) виконання теоретичних розбивок: копіювання або побудова координатних та конструктивних осей і теоретичних контурів, визначення малок, контроль осей та контуру;
- 3) конструктивна розбивка та ув'язування вузла або деталі;
- 4) нанесення інформації та оформлення плаза;
- 5) контроль плаза.

Підготовка робочої поверхні полягає у виборі розмірів листового вініпрозу.

Розміри конструктивного або технологічного плаза визначаються габаритами розкресленого вузла і необхідним припуском для виконання розгорток деталей, що утворюють зовнішній контур вузла, а також для додаткової побудови. Якщо розміри вузла, на який необхідно виготовити конструктивний плаз, перевищує габарити листа вініпрозу, то окремі листи склеюються встик клеєм КА-В1.

На склеєній поверхні допускається не більше трьох клейових швів. Викреслювання плаза на склеєних листах вініпрозу дозволяється не раніше, ніж через 18–20 год. після склеювання.

Копіювання плазових розбивок на панелях із вініпрозу виконується в такій послідовності:

- на теоретичний плаз накладають лист вініпрозу матовою стороною вгору так, щоб контури, призначені для копіювання, були посередині листа;
- лист вініпрозу закріплюють крицями;
- спочатку копіюють координатні осі і горизонталь побудови, вісь симетрії, установочні лінії тощо, а потім теоретичний контур;
- після цього будують перерізи поздовжніх елементів конструкції, що перетинають площину розкресленого вузла;
- розмічають контури деталей, розміщених у площині розкресленого вузла, а також конструктивні елементи кожної деталі (вирізи, підсічки та ін.);
- будують необхідні перерізи для виявлення конструкції деталей, розгортки деталей.

Конструктивні плази креслять тушшю, що не змивається, контури симетричних деталей викреслюються не повністю, а до осі кантовки (до осі симетрії).

У виробництві конструктивні плази служать як технологічні. На технологічних плазах викреслюють технологічні бази та отвори. За технологічними плазами виготовляють шаблони для технологічної оснастки.

Призначення шаблонів

Шаблони є свого роду вимірювальним інструментом та пристроями, які використовуються при розкрій заготовок, при виготовленні та контролі деталей

оснастки, плоских та об'ємних деталей, при монтажі складальних пристроїв.

Частина шаблонів замінює трудомісткі роботи при виготовленні кондукторів, забезпечує складання вузла за контурами та отворами.

У дослідному виробництві шаблони часто виготовляють для торцевих шпангоутів відсіків, чим забезпечується необхідне стикування відсіків після рознімання.

Шаблони виготовляють зі всіма розмірами, але останні наносяться у вигляді умовних позначок.

Тільки теоретичний або конструктивний контур шаблону є дійсним, оскільки його виготовляють безпосередньо за плазом або рисунком, на якому вказані розміри.

Застосування шаблонів виключає багаторазове перенесення і контроль великого числа координат контуру універсальними приладами і вимірювальними інструментами. Вільні розміри без допусків деталей штампування, виготовлених за шаблонами, виконуються по 8-му класу точності, розміри, пов'язані з теоретичною лінією, і спряження з іншими деталями вузла – по 5–7-му класу точності.

Застосування шаблонів дає можливість одержати складальну і контрольну оснастку для деталей, що стикуються між собою, та забезпечити виготовлення взаємозамінних деталей і складальних одиниць.

Оптимальна кількість шаблонів на деталь або складальну одиницю встановлюється залежно від технологічного процесу виготовлення деталей, від складання та характеру виробництва. Наприклад, при виготовленні окремої деталі можна обійтися одним або двома-трьома шаблонами контуру перерізу (при замовленні вони заносяться в технологічну відомість), а при виготовленні серії деталей розробляється схема застосування шаблонів і замовляються шаблони, штамп і контрольний пристрій, зв'язок їх із шаблонами на елементи складеного пристрою.

Номенклатура шаблонів

Розрізняють такі технологічні шаблони (табл. 1):

- шаблон контрольно-контурний (ШКК);
- детальний шаблон контуру (детШК);
- шаблон-виробка (ШВ);

Для заготівельних, інструментальних і зварювальних цехів виготовляють такі робочі шаблони:

- шаблон внутрішнього контуру (ШВК);
- шаблон розвертки деталі (ШР);
- шаблон контуру перерізу (ШКС);
- шаблон контуру (ШК);
- шаблон заготовки (ШЗ);
- шаблон обрізки і кондуктор (ШОК);
- шаблон хімічного фрезерування (ШХФ);
- шаблон плаз-макета (ПМ);
- каркасний шаблон (КШ);
- шаблон обрізання і кондуктор-каркасний шаблон (ШОК - КШ).

При виготовленні шаблонів у першу чергу виконується комплект контрольно-контурних шаблонів на кожний вузол агрегату, а потім комплект робочих шаблонів на детальну оснастку та для робіт по складанню агрегату.

У комплект шаблонів на плоску деталь входять детальний ШК, ШВК, ШР, ПМ; на об'ємну деталь – ШВ, ШКС, КШ, ШОК, ШОК-КШ. На складальні пристрої – ШКС, ШК і спеціальні шаблони. При виготовленні свинцево-цинкових штампів застосовують КШ.

Всі ці шаблони в комплексі є жорсткими носіями розмірів деталей, вузла і агрегатів: зовнішнього або внутрішнього контуру, плоских контурів у розгортці, контурів пристроїв за номінальними розмірами з припусками, технологічних розмірів з урахуванням усадки і пружної віддачі матеріалу, креслених плазових розмірів у вигляді дійсного контуру та умовних позначень.

Основні елементи шаблону: теоретичний або конструктивний контур, бази, установочні лінії, осі симетрії, шпилькові отвори, отвори полегшення і жорсткості та умовні позначення.

Матеріалом для виготовлення шаблонів служить листовая м'яка сталь різних марок товщиною 1,5 – 5 мм.

Для виготовлення шаблонів застосовуються такі матеріали та деталі кріплення:

– сталь тонколистова якісна конструкції анодної (товщиною 1,5 – 5 мм) ГОСТ 914-56;

– сталь прокатна кутового рівнобічного сортаменту (кутники 20×20×4; 25×25×4; 32×32×4; 40×40×5; 63×63×8) ГОСТ 8509-57;

– сплав алюмінієвий Д16-А-Т (ОСТ 12592-67);

– емалеві фарби (№670 і №680) ТУ МХП 17 64-51;

– білила цинкові сухі ГОСТ 202-62;

– оліфа натуральна ГОСТ 7931-56;

– розчинник РС-1 ТУ МХП 1846-52;

– тканина бавовняна (фланель) ГОСТ 7259-54.

Для допоміжних робіт використовуються картон, жерсть, фанера, папір, калька.

Загальна технологія виготовлення шаблонів є такою: підготовка листів (заготовок шаблонів) – розкрій і попереднє виправлення; зварювання листів (для шаблонів великих габаритів); виправлення після зварювання та зачищення; помітка зовнішнього контуру деталі (вузла) за координатами, знятими з плаза і за розмірами, вказаними на рисунку; маркірування умовних позначень; вирізка; обпилювання шаблону по контуру і заключна доводка за розмірами, вказаними на рисунку, за плазом або за копією з плаза-вініпрозу; повна розмітка умовних позначень на шаблоні; фарбування шаблонів; виділення умовних позначок на шаблоні білилами; контроль шаблонів.

Технологічні процеси при виготовленні шаблонів виконуються у такій послідовності:

а) розкрій заготовки;

б) розмітка контурів і вирізок;

в) обрізання по контуру і вирізка;

- г) обпилювання;
- д) розмітка отворів;
- е) свердлення отворів;
- є) нанесення інформації;
- ж) контроль;
- з) фарбування.

Розкрій заготовки

Заготовки шаблонів повинні мати гладеньку поверхню, що забезпечує їх щільне прилягання до поверхні плити; при наявності нерівностей плиту необхідно правити.

Правильність виконання заготовки необхідно перевірити на плиті накладною лінійкою. Допустимий просвіт між заготовкою і лінійкою до 1 мм на 1 м довжини заготовки. Вм'ятини від ударів молотка не допускаються.

Розкрій заготовок для шаблонів проводиться на гільйотинних ножицях за прямолінійними контурами і на швидкохідному бородку за криволінійними контурами.

Розмітка контурів і вирізів

Розмітка контуру і осей на заготовці шаблонів може бути виконана одним із таких способів:

- за розмірами рисунка;
- за табличними даними;
- за теоретичним плазом;
- з допомогою спеціальних інструментів;
- за шаблоном ШКК або ШК;
- фотоконтактним методом.

Обрізання по контуру і обпилювання

Вирізання криволінійних контурів і обпилювання шаблонів виконуються на зустрічно-обпилювальному верстаті, швидкохідному бородку, а внутрішньо замкнуті контури вирубують на пробивному пресі, висвердлюють на свердлильному верстаті або швидкохідному бородку.

Завершують обробку шаблонів до контуру, заданого теоретичним рисунком, на обпилювальному або вертикально-фрезерному верстатах.

Вибір устаткування залежить від габаритів шаблонів і заданої точності контуру. Кінцеву доводку контуру шаблону виконують уручну драчовими або личкуватими напилками.

Розмітка і свердлення отворів

У шаблонах свердлять отвори, необхідні для виготовлення оснастки, деталей та збирання вузлів і агрегатів.

- Для розмічення технологічних отворів використовують:
- теоретичні плази;

- конструктивні плази;
- шаблони ШКК;
- рисунки вузлів і деталей виробу;
- рисунки і ескізи технологічних відсіків.

У шаблонах усі отвори повинні виготовлятися за кресленнями вузлів і деталей виробу, а також за спеціальними рисунками і ескізами, виконаними у технологічних відділах. Для розмітки отворів необхідно застосовувати металеві штрихові лінійки, кутоміри, штангенциркулі, кронциркулі, контрольні лінійки, мікроскопи 7-кратного збільшення та ін.

Отвори свердляться за розмітками на свердлильному верстаті або пневмодреллю діаметрами, указаними в техдокументації.

При ручній оправці шаблона по контурах (внутрішніх і зовнішніх) і при контролі використовується такий інструмент:

- драчові та личкуваті напилки плоскі, трикутні, квадратні, круглі і напівкруглі довжиною 100 – 400 мм ГОСТ 1465-69;
- міри довжини кінцеві плоскопаралельні ГОСТ 9038-59;
- щуп ГОСТ 882-64;
- лінійки металеві вимірювальні і усадочні ГОСТ 166-63;
- штангенциркуль ГОСТ 427-56;
- штангенрейсмус ГОСТ 164-64;
- мікрометричний інструмент ГОСТ 6507-60;
- лінійки лекальні сталеві ГОСТ 20126-39;
- плити перевірочні і розміточні шліфувальні;
- кутомір 90° ГОСТ 3749-65;
- радіусоміри ГОСТ 4126-40;
- гаєчні ключі ГОСТ 2839-62;
- спецключі;
- шкурка шліфувальна на тканинній основі ГОСТ 1009-68;
- шкурка шліфувальна на паперовій основі ГОСТ 6456-68;
- переносники;
- ножовочні полотна ГОСТ 6645-68;
- круги шліфувальні ГОСТ 2424-67.

Для попередньої вирізки по рисці, розміченій на заготовці з припуском 0,5 – 0,7 мм, застосовуються віброножиці, важільні ножиці, бородковий процес і стрічкові пилки. Для грубої обпиловки і точної доводки контурів уручну використовуються драчові (крупна насічка) та личкуваті (дрібна насічка) напилки.

Нанесення інформації

Інформацією називається комплекс умовних позначень, які наносяться на шаблони і доповнюють геометричну і технологічну характеристики як самого шаблона, так і відповідного йому вузла або деталі.

Загальна інформація (або маркування) про загальні характеристики шаблона:

- умовне позначення шаблона;
- кількість шаблонів;

- шифр виробу;
- номер креслення агрегату, вузла, деталі;
- номер цеху;
- табельний номер робітника, який виготовив шаблон;
- дата виготовлення шаблону;
- строк придатності (повторного контролю);
- клеймо БТК;
- номери відомостей на заміну рисунка деталі, вузла, агрегату, дата заміни шаблону і табельний номер робітника, який провів заміну.

Якщо шаблон зроблено за кресленням, то на ньому набивається слово «креслення», а якщо за плазом-вініпрозом №3, на шаблоні набивається напис «пл.Зв», де «пл.» означає плаз, «З» – №3, «в» - вініпроз.

Інформацію наносять тільки на лицьовому боці шаблону, за винятком особливих випадків, про що вказано на кресленнях і в технічних умовах на виготовлення шаблонів (наприклад, на шаблони пристроїв, штампів, оправок, пресформ).

Лицьовий бік шаблону помічається з тих міркувань, щоб при накладенні на виготовлену деталь або пристрій інформація знаходилася зверху.

Текст інформації, набитий на шаблоні, виділяється білилами.

Фарбування шаблонів

Шаблони залежно від призначення фарбують у такі кольори:

- а) шаблони ШКК, ШК-КР, виробітка – у червоний;
- б) еталонні шаблони – у жовтий;
- в) робочі шаблони – у чорний.

Фарбування шаблонів проводять у спеціально обладнаній фарбувальній камері. Перед фарбуванням поверхню шаблону ретельно очищають від масляних плям, бруду, залишків стружки; протирають ганчірками, змоченими бензином Б-70. На шаблони за допомогою пульверизатора наносять тонкий шар нітроемалі. Сушку нанесеного покриття проводять на повітрі при температурі 12 – 17 °С протягом 2,5 – 3 год.

Усі заглиблення набитої на шаблоні інформації заповнюють цинковими білилами.

На пофарбованих шаблонах робочий контур зачищають наждачною шкуркою №00.

Контроль шаблонів

У шаблоні необхідно контролювати:

- точність нанесення координатних і конструктивних осей;
- точність обпилювання по контуру;
- точність розміток та свердлення отворів;
- відповідність шаблонів рисункам виробів і рисункам технологічного відділу підприємства, а також технологічним умовам на їх виготовлення;
- правильність взаємної ув'язки;
- правильність нанесеної інформації.

Шаблони, що знаходяться в експлуатації, теж слід періодично перевіряти. Перевірка повинна проводитися за графіком перевірки шаблонів, затвердженим головним технологом підприємства.

Залежно від призначення перевірка шаблону полягає в перевірці контурів, осей, виконаних за рисунками, теоретичному або конструктивному плазу, шаблону ШКК або еталонній деталі. Придатність шаблонів після перевірки оформляється як інформація, в якій вказується дата перевірки і ставиться клеймо контролера плазово-шаблонного цеху.

При заміні шаблону на нього наносять інформацію, яка включає номер повідомлення, дату проведення доробки, табельний номер робітника, який здійснив доробку шаблону, і клеймо контролера плазово-шаблонного цеху.

Шаблон, виготовлений замість зношеного або зіпсованого, здають у кладову і оформляють як заново виготовлений, але, крім звичайної інформації, на ньому додатково набивається слово "Дублер".

Класифікація та застосування шаблонів

Група	Найменування	Умовне позначення	Застосування
Основні шаблони	Шаблон	ШКК	Виготовлення, технологічна ув'язка і контроль вузлового комплексу шаблонів, а також шаблонів пристроїв
	Відбиток контрольний	ВК	Виготовлення, технологічна ув'язка і контроль вузлового і детального комплексу шаблонів
	Шаблон контуру	ШК	Виготовлення, ув'язка і контроль детального комплексу шаблонів (ШОК, ПМ)
	Виробничий	Виробітка	Виготовлення, ув'язка і контроль виробничих шаблонів (КШ, ШОК, ШОК-КШ, ПМ)
Виробничі шаблони	Шаблон контуру (робочий)	ШКР	Виготовлення, ув'язка і контроль детального комплексу шаблонів, а також заготівельно-штампувальної оснастки
	Шаблон внутрішнього контуру	ШВК	Виготовлення і контроль формоблоків, оправок та деталей
	Шаблон розгортки	ШР	Розмітка і контроль розгортки деталей, вирубних штампів та шаблонів фрезерування, розмітка заготовок деталей складної і простої форми
	Шаблон контуру перерізу	ШКС	Виготовлення і контроль формоблоків, оправок, болванок, обтягнутих пуансонів та деталей складної форми

Група	Найменування	Умовне позначення	Застосування
Виробничі шаблони	Шаблон гнуття	ШГ	Виготовлення і контроль профільних та трубних деталей, які мають кривизну в одній площині
	Каркасний шаблон	КШ	Виготовлення і контроль болванок складної просторової форми, штампів СЗУ, контроль деталей складної просторової форми
	Плаз-макет	ПМ	Для контролю плоских деталей із зовнішніми і внутрішніми відбортовками – малками
	Шаблон обрізки і кондуктор каркасний	ШОК-КШ	Виготовлення і контроль деталей складної просторової форми. Розмітка деталей за контуром і свердлення в них отворів
	Шаблон хімічного фрезерування	ШХФ	Розмітка контурів у деталях під хімічне фрезерування

Порядок виконання роботи

1. Користуючись інструкцією, вивчити наявні теоретичні та конструктивні плази на конкретному виробі.

2. Вивчити технологічний плаз на конкретну деталь. Розшифрувати інформацію, нанесену на плазі. Виявити за плазом номенклатуру потрібних шаблонів. Користуючись даними, вказаними на технологічному плазі, і конструкцією деталі, підібрати із наявних шаблонів комплект технологічних і робочих шаблонів для замовленої деталі. Виконати ескізи заданої деталі і вибраних шаблонів та розшифрувати інформацію, нанесену на шаблони. Скласти технологічну відомість шаблонів за формою, що додається.

Зміст звіту

1. Короткі дані про плази і технологію виготовлення.
2. Короткі дані про види шаблонів, їх призначення і технологію виготовлення.
3. Ескізи деталей і шаблони до них.
4. Технологічні відомості про шаблони.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Технология производства космических ракет: Учебник /Е.А. Джур, С.И. Вдовин, Л.Д. Кучма и др. – Д.: Из-во ДГУ, 1992. – 184 с.: ил.

Полімерні композиційні матеріали в ракетно-космічній техніці: Підручник / Є.О. Джур, Л.Д. Кучма, Т.А. Манько та ін. – К.: Вища освіта, 2003. – 339 с.: іл.

Твердопаливні ракетні двигуни. Матеріали і технології: Підручник / Ф.П. Санін, Л.Д. Кучма, Є.О. Джур, А.Ф. Санін. – Д.: Вид-во ДДУ, 1999. – 320 с.: іл.

ЗМІСТ

Лабораторна робота 1. Контроль товщини неметалевого покриття на матеріалах (магнітних та немагнітних) методом вихрових струмів	3
Лабораторна робота 2. Контроль якості виробів із немагнітних металів методом вихрових струмів	8
Лабораторна робота 3. Контроль якості виробів із пластмас, армованих склотканинами, ехо-імпульсним методом	14
Лабораторна робота 4. Вимірювання товщини неструмопровідних та немагнітних покриттів з вуглепластиків на металах	20
Лабораторна робота 5. Контроль якості клеєвих і паяних з'єднань із металевих та неметалевих матеріалів	27
Лабораторна робота 6. Плазово-шаблонний метод забезпечення взаємозамінності у виробництві	42