

УДК 620.179:621.565.92

## ОСОБЛИВОСТІ АКУСТИЧНОГО ТІНЬОВОГО МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВИРОБІВ, ЩО ВИГОТОВЛЯЮТЬСЯ НА КОНВЕЄРІ

© Кононенко М.А., 2001р.

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

*Розглянуті особливості акустичного тіньового методу контролю виробів з крупно-структурних матеріалів – шаф побутових холодильників серії “Норд”. При цьому відбракування проводиться за абсолютною величиною розкиду характеристики, що контролюється, – часу проходження ультразвукових коливань через стінку шафи холодильника.*

Ряд робіт, які проводилися в НВФ “Зонд” (м. Івано-Франківськ) та АТ “Норд” (м. Донецьк), були присвячені розробці методів та засобів контролю якості теплоізоляції побутових холодильників [1, 2]. В результаті проведених теоретичних досліджень були проаналізовані особливості об’єкту контролю – шафи холодильника, який представляє собою багатошарову конструкцію, що складається з металічного корпусу, полістиролової камери та внутрішнього шару пінополіуретанової теплоізоляції; види дефектів теплоізоляції та їх розміри; вплив місця розташування дефекту теплоізоляції на загальні холодовтрати холодильника; можливі методи контролю якості шаф холодильників. За результатами проведених експериментальних досліджень були виготовлені зразки технічних засобів контролю якості теплоізоляції та методики проведення контролю, які були передані й впроваджені на АТ “Норд”.

Враховуючи масовий характер виробництва холодильників, контроль якості теплоізоляції й теплоізоляційної огорожі, в цілому як нерозбірної конструкції, можна здійснювати тільки неруйнівними методами контролю, яким характерна висока продуктивність і достовірність, низькі експлуатаційні витрати і безпека для здоров’я людини. При виборі методу контролю необхідно було враховувати ряд обставин, оскільки багато з методів можна використовувати тільки для контролю певних типів матеріалів і конструкцій з них.

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ), до яких відносяться теплоізоляційні матеріали і пінополіуретани в тому числі, є дуже складним об’єктом контролю, оскільки характеризуються суттєвою неоднорідністю структури, великою різноманітністю типів структур (однонаправлена, поздовжньо-поперечна, комбінована тощо), а також

специфічними властивостями, а саме: високими електро-, тепло-, звукоізоляційними властивостями, значним розкидом фізико-механічних характеристик, малими значеннями густини ( $20 \div 2000 \text{ кг/см}^3$ ). Практично всі ПКМ є немагнітними матеріалами.

Основними критеріями, які обумовлюють вибір методу контролю, є: безпека для життя і здоров’я людини, точність і відтворюваність результатів контролю, можливість механізації і автоматизації контролю, забезпечення високої продуктивності контролю, порівняно проста методика контролю, інформативна властивість і універсальність контролю, наявність і можливість використання серійної апаратури, низька вартість контролю та можливість використання для проведення контролю персоналу невисокої кваліфікації.

Враховуючі розглянуті критерії, фізичні властивості матеріалів, які входять до складу багатошарової конструкції виробу, що контролюється, його геометрію і стан поверхонь шафи холодильника, перевага була віддана акустичному методу контролю на низьких частотах ультразвукового діапазону ( $20 \div 100 \text{ кГц}$ ).

Традиційний ультразвуковий метод відбитого або розсіяного випромінювання (луно-метод) знаходить широке застосування при дефектоскопії, товщинометрії і структурометрії матеріалів з малим затуханням ультразвуку в діапазоні частот  $1 \div 25 \text{ МГц}$ . Однак використання цього методу для контролю полімерних композиційних і крупно-структурних пористих матеріалів (бетон, чавун, теплоізоляційні матеріали та ін.) є неможливим. В першу чергу це обумовлено тим, що при дефектоскопії виробів з крупноструктурних матеріалів мінімальна величина луно-сигналу, що реєструється, залежить від рівня ревербераційних шумів. Ревербераційні відбиття, що виникають на

окремих неоднорідностях середовища і одночасно досягають перетворювача, мають різну фазу. Сумарний рівень ревербераційних шумів носить статистичний характер, їхній акустичний тиск на перетворювач визначається середньою сумою окремих відбиттів. Для достовірного виявлення дефекту при дефектоскопії луно-методом без використання додаткових засобів обробки інформації луно-сигнал повинен суттєво перевищувати рівень ревербераційних шумів. Із збільшенням такого перевищення зростає достовірність виявлення дефектів, але при цьому зменшується чутливість контролю.

Одним з основних недоліків луно-методу є також наявність “мертвої” зони. Зондуєчий імпульс в момент випромінювання діє на вхід підсилювача і перенавантажує його. Підсилювач на той час втрачає властивість підсилювати сигнали. Після закінчення зондуєчого імпульса відновлення підсилювача відбувається поступово і час, протягом якого сигнали не проходять через підсилювач, складається з тривалості зондуєчого імпульсу і часу відновлення підсилювача.

Зниження частоти ультразвукових коливань призводить до збільшення зондуєчого імпульсу, часу відновлення підсилювача і, відповідно, протяжності “мертвої” зони. При дефектоскопії виробів з крупноструктурних матеріалів з використанням низькочастотних ультразвукових коливань і серійних перетворювачів, протяжність “мертвої” зони перевищує 100-150 мм [3].

І нарешті, значний розкид швидкостей розповсюдження ультразвукових коливань в ПКМ, навіть однієї марки, значно ускладнює проведення контролю з необхідною точністю, ймовірністю та продуктивністю. Всі наведені фактори свідчать про неможливість використання для вищевказаних цілей методичних рекомендацій та апаратури, які призначені для контролю якості однорідних матеріалів [4].

Для контролю якості теплоізоляції холодильників, до складу якої, як вже вказувалося, входить крупноструктурний матеріал – пінополіуретан, був запропонований і реалізований тінювий метод контролю, заснований на посиленні у виріб пружних коливань і реєстрації зміни їх інтенсивності після однократного проходження через стінку шафи холодильника.

Пружні коливання вводять у виріб випромінювачем, який знаходиться на одній стороні виробу, а приймають приймачем, розташованим співвісно з випромінювачем на другій стороні виробу. При відсутності порушень суцільності в шарі теплоізоляції приймач реєструє проходження

пружних хвиль через стінку шафи холодильника у вигляді амплітуди пройденого сигналу (при амплітудному тінювому методі), або у вигляді часу проходження сигналу (при часовому тінювому методі). При наявності дефекту (порушенні суцільності) спостерігається зменшення амплітуди пройденого сигналу або збільшення часу його проходження через стінку шафи холодильника.

Чутливість контролю в даному випадку визначається прийнятним значенням бракувального критерію. Для достовірного виявлення дефектів прийняте бракувальне значення повинно перевищувати зміну середнього акустичного тиску, яке може бути викликане маскуєчими факторами (розкид характеристик у виробі, нестабільність акустичного контакту). При тінювому методі наявність дефекту фіксується як за абсолютним значенням характеристики, що контролюється, так і за величиною її розкиду у виробі. У випадку відбракування виробів за абсолютним значенням параметра, що контролюється, при амплітудному тінювому методі дефект фіксується, якщо амплітуда коливань, які проходять через виріб, падає нижче встановленого для всієї партії виробів допустимого значення. При часовому тінювому методі контролю про наявність дефекту свідчить перевищення часу розповсюдження коливань допустимого значення, прийнятого для всієї партії.

Розкид акустичних характеристик у виробі може оцінюватися як в абсолютних ( $\Delta t$ ;  $\Delta A$ ), так і у відносних величинах: по відношенню величини розкиду до мінімального значення параметра, що контролюється, в даному виробі ( $\Delta t/t_{min}$ ). Останній варіант можливий тільки при часовому методі контролю, оскільки вимірювання абсолютного значення затухання ультразвукових коливань у виробі представляє собою досить складну задачу.

В табл.1 наведено вирази, що пояснюють вибір бракувальних критеріїв у відповідності з розкидом характеристики в бездефектних зонах контрольованої партії виробів. При відбракуванні виробів за абсолютною величиною розкиду характеристики розрахунок бракувального критерію необхідно проводити по такому виробі в партії, для якого  $t_{max} = t_{maxn}$  та  $A_{min} = A_{minn}$ .

Для обґрунтування вибору методики контролю необхідно в кожному конкретному випадку проаналізувати розкид характеристики, що фіксується у виробі. У випадку, коли розкид характеристики в межах партії виробів і в межах одного виробу складають близькі величини, доцільно контролювати ці вирази за абсолютним критерієм.

Таблиця 1. Вихідні співвідношення для вибору бракувального критерію.

| Методика оцінки па-раметра, що контролюється   | Амплітудний тіньовий метод дефектоскопії                                       | Часовий тіньовий метод дефектоскопії   |
|--|--|--|
| За абсолютним критерієм  | $A_{\delta} < A_{\text{доп}} \leq A_{\text{мін п}}$                            | $t_{\delta} > t_{\text{доп}} \geq t_{\text{мін н}}$  |
| За розкидом характеристики:<br>за абсолютною величиною розкиду:<br>за абсолютною величиною розкиду | $\Delta A_{\delta} < A_{\text{доп}} \leq A_{\text{макс в}} - A_{\text{мін н}}$ | $\Delta t_{\delta} > t_{\text{доп}} \geq t_{\text{мін н}} - t_{\text{мін н}}$<br>$(\Delta t_{\delta} / t_{\text{мін н}}) > (t_{\text{доп}} / t_{\text{мін н}}) \geq$<br>$(t_{\text{мін н}} - t_{\text{мін н}}) / t_{\text{мін н}}$ |

В табл. 1 прийняті наступні позначення:

$A_{\delta}$  та  $t_{\delta}$  – амплітуда сигналу та час його розповсюдження в зоні дефекту;  $A_{\text{доп}}$  та  $t_{\text{доп}}$  – бракувальне значення амплітуди сигналу та часу його розповсюдження (бракувальний критерій);  $A_{\text{мін п}}$  та  $t_{\text{макс п}}$  – мінімальна амплітуда сигналу та максимальний час його розповсюдження в бездефектних виробих партії, що контролюється;  $\Delta A_{\delta}$  та  $\Delta t_{\delta}$  – розкид амплітуди сигналу і часу його розповсюдження в дефектних виробих;  $\Delta A_{\text{доп}}$  та  $\Delta t_{\text{доп}}$  – бракувальне значення розкиду амплітуди сигналу й часу його розповсюдження в виробі (бракувальний критерій);  $A_{\text{макс в}}$  та  $A_{\text{мін в}}$  – максимальне та мінімальне значення розкиду амплітуди сигналу і часу його розповсюдження, що зафіксовані на одному виробі.

Користуючись даними про характер розкиду характеристик теплоізоляційних матеріалів різних марок [5], а також результатами проведених експериментальних даних в заводських умовах АТ “Норд”, можна зробити висновок про значний розкид характеристик теплоізоляційного матеріалу як в партії виробів, так і в окремому виробі. Значення характеристик в одному виробі змінюється в 1.25 ÷ 1.58 рази, в партії - в 2.32 рази. Враховуючи також різку зміну структури теплоізоляційного матеріалу у виробі (наявність зон з порами значних розмірів і довільної форми), та зміну товщини стінок шафи холодильника контроль якості теплоізоляції холодильників не доцільно проводити амплітудним тіньовим методом. Це пояснюється тим, що амплітудний тіньовий метод є більш критичним до розкиду характеристик в партії і в виробі. При вказаних розкидах характеристик, що контролюються, амплітудний метод потребує постійного перенастроювання апаратури і ускладнює обробку результатів контролю, що є неприпустимим при необхідності забезпечення суцільного контролю шаф холодильників при високих темпах їх конвеєрного виробництва.

В основу розробленого методу контролю теплоізоляції холодильників був покладений тіньовий часовий метод з відбракуванням виробів за абсолютною величиною розкиду характеристики,

що контролюється.

За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень були розроблені технічні засоби контролю якості теплоізоляції холодильників на базі серійної апаратури – ультразвуковий прилад УК-14ПМ. Даний контроль якості проводиться в цехових умовах за розробленою методикою одним оператором. Для роботи з технічними засобами немає потреби облаштовувати спеціалізоване робоче місце, а розроблена методика, в якій вказані схема і зони контролю, дозволяє оперативно проводити 100%-ний контроль готових шаф холодильників, не знижуючи задані темпи конвеєрного виробництва.

1. Кононенко М.А., Карпаш О.М. Разработка новых методов контроля качества теплоизоляционного ограждения холодильных машин. II. Комплексный контроль теплоизоляционного ограждения холодильных машин акустическими методами // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1997. - №4. – С. 36-41. 2. Кононенко М.А., Карпаш О.М., Рубцов Ю.К. Разработка новых методов контроля качества теплоизоляционного ограждения холодильных машин. I. Исследование особенностей прохождения упругих гармонических волн через многослойные структуры // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1997. - №2. – С. 28-33. 3. Рапопорт Ю.М. ультразвуковая дефектоскопия строительных изделий и конструкций. – М.: Стройиздат, 1975. – 129 с. 4. Кононенко М.А. Об ограничениях применения эхоимпульсивного метода при дефектоскопии многослойных неоднородных структур // Матеріали науково-технічної конференції “Фізичні методи та засоби контролю матеріалів та виробів “Леотест-98”, 22-27 лютого 1998р. 5. Черняк Г.И. Методика оценки качества заполнения корпусов бытовых холодильников пенополиуретановой изоляцией на Минском заводе холодильников // Холодильная техника. – 1976. - №7– С. 28-30.