

и до 9% – с железобетонными колоннами. Приведенные затраты снижаются на 28 и 56% соответственно.

1. Грушко И.М., Ильин А.Г., Чихладзе Э.Д. Повышение прочности и выносливости бетона. – Харьков: Изд. объединение «Вища школа» при ХГУ, 1986. – 149 с.

2. Чихладзе Э.Д. Сопротивление материалов. – Харьков: УкрГАЖТ, 2002. – 362 с.

3. Smith F., Brown R. The Shearing Strength of Concrete, Bull. Univ. of Washington, №106, 2001. – P.205.

4. Garner N.I. Use of Spiral Welded Steel Tubes in Pipe Columns. ACI. J. Proceedings, vol. 65, Nov. 2003. – P.937-942.

5. Розин Л.А. Теоремы и методы статики деформируемых систем. – М.: Наука, 2004. – 276 с.

Получено 20.09.2007

УДК 620.179

Я.О.СЕРИКОВ, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПЛАСТМАС ТА НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТАХ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ МЕТОДАМИ

Викладено основні положення відносно організації неруйнівного контролю якості пластмас та неметалевих матеріалів на основі коливань ультразвукового діапазону. Наведена класифікація пластмас та неметалевих матеріалів, в основу якої покладено особливості їх структури. Класифікація дозволяє конкретизувати вибір методу контролю для забезпечення потрібних вірогідності та точності результатів з урахуванням структурних особливостей контрольованих матеріалів.

Розробка та поширення нових технологій і матеріалів у будівництві, активізація й розширення обсягів капітального будівництва є характерною рисою для розвинених країн та країн, що розвиваються. З підвищення рівня розвитку країни зростає також і увага відповідних органів та організацій до існуючих будівель та споруд, що є історичними пам'ятками, експлуатованого житлового фонду та промислових об'єктів у плані їх реставрації, реконструкції чи ремонту.

Як перший, так і другий напрямки розвитку будівельної галузі потребують розвинутої системи контролю якості використовуваних матеріалів. Актуальність вирішення такої задачі зумовлена тим, що в першому випадку – при будівництві, необхідно забезпечити контроль якості матеріалів, наприклад, у конструкційних елементах, а в другому – виявити необхідний обсяг ремонтних чи реставраційних робіт. Причому слід відзначити, що поряд з використанням традиційних конструкційних матеріалів у будівництві все ширше використовують пластмаси, неметалеві, багат шарові матеріали, що відрізняються структу-

рою, щільністю та іншими фізико-механічними характеристиками. Це накладає додаткові вимоги до технічних характеристик та параметрів, як методик контролю, так і апаратури для їх реалізації. Аналіз відповідних публікацій показує, що ця задача потребує рішення не тільки відносно будівельної галузі України, а є актуальною й для розвинутих країн дальнього зарубіжжя [1-4].

Неруйнівний контроль якості пластмас та неметалевих матеріалів із застосуванням ультразвукових коливань може бути виконаний з використанням цілого ряду методів, типів застосовуваних хвиль, широким діапазоном частот [1]. Ефективна реалізація можливостей конкретного методу контролю, стосовно визначеного виду матеріалу та виробів на його основі, полягає в постановці задачі при виборі чи розробці спеціалізованої методики контролю. Вона містить у собі такі основні етапи:

1. Вибір методу та схеми контролю. На цьому етапі вибирають метод контролю якості, тип пружних хвиль, спосіб їх введення в матеріал та прийом інформаційного сигналу, діапазон частот зондуючого сигналу, тип п'єзоелектричних перетворювачів.

2. Підготовка виробу до контролю. На цьому етапі складають перелік вимог до якості поверхні, з якої будуть вводитися пружні хвилі (зондуючий сигнал), визначають ділянки у виробі, що будуть підлягати контролю.

3. Складання переліку вимог до технічних характеристик апаратури: вибір і встановлення частоти та модуляції зондувального сигналу, чутливості приймального тракту, швидкості розгортки зображення осцилографічного індикатора і т.п.

4. Визначення правил пошуку дефектів – вибір дискретності та швидкості сканування.

5. Оцінка результатів контролю. Практично на цьому етапі виконують апробацію правильності формування рішень за етапами 1-4. Залежно від кінцевої задачі неруйнівного контролю визначають наявність, місце розташування дефектів, вимір їх розмірів, тощо. Алгоритм розв'язання цієї задачі наведено на рис.1.

Вибір застосовуваних методів і засобів ультразвукового контролю якості переважно залежить від фізико-механічних характеристик контрольованих матеріалів і, насамперед, від ступеня анізотропності їх структури [1]. Виходячи з цієї характеристики розрізняють такі види матеріалів: ізотропні, трансверсально-ізотропні та ортотропні.

Розглянемо характерні риси цих матеріалів, виходячи з позицій організації надійного ультразвукового контролю якості.

Ізотропні матеріали. Фізико-механічні властивості таких матері-

алів практично не залежать від напрямку формування структури в технологічному процесі їхнього виробництва. Ізотропні матеріали розділяють на гомогенні та гетерогенні. До гомогенних матеріалів відносяться аморфні (пластмаса, скло, гума) і дрібнодисперсні (кераміка, металокераміка). Представниками класу гетерогенних матеріалів є бетон, асфальт, гірські породи. За акустичними властивостями окремі гомогенні матеріали, наприклад скло та деякі види кераміки (порцеляна, п'єзокераміка), наближаються до металів. У більшості інших ізотропних неметалевих матеріалів швидкість поширення пружних хвиль значно нижче, а коефіцієнт загасання більше, ніж у металах. Серед дефектів, що найчастіше зустрічаються в ізотропних матеріалах, є тріщини, пори, раковини, тобто дефекти, що властиві, як правило, і металевим об'єктам.

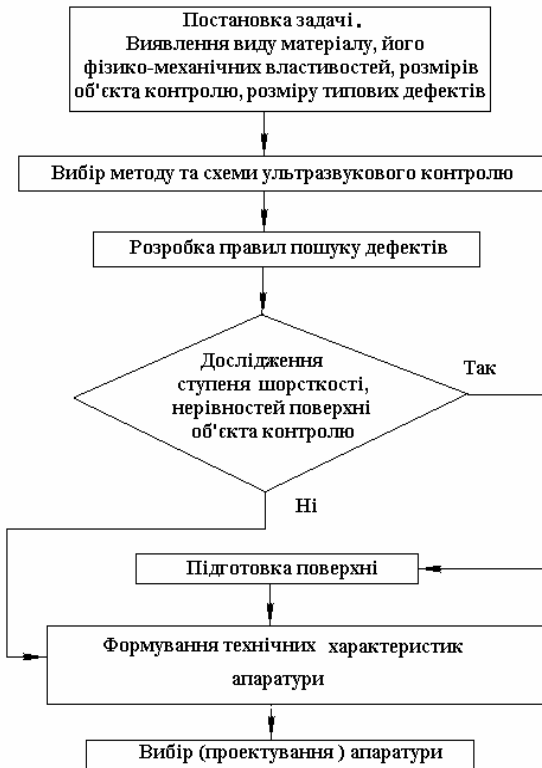


Рис.1 – Алгоритм розв'язання задачі неруйнівного контролю якості неметалевих матеріалів ультразвуковим методом

Трансверсально-ізотропні матеріали. Для цього класу матеріалів характерним є суттєве розходження фізико-механічних властивостей у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Такі матеріали також розділяють на два основні класи – однорідні та неоднорідні. Характерними представниками неоднорідних трансверсально-ізотропних матеріалів є листові матеріали, в яких швидкість поширення пружних хвиль уздовж листа значно більша, ніж за його товщиною. До них, зокрема, відносяться гетинакс, деревинно-волокнисті плити, фанера, папір, картон. В однорідних трансверсально-ізотропних матеріалах не спостерігається істотна зміна швидкості поширення коливань при зміні їх напрямку введення. У трансверсально-ізотропних і ортотропних матеріалах найчастіше спостерігаються дефекти у вигляді розшарування.

Ортотропні матеріали. Цей вид матеріалів характеризується різними фізико-механічними властивостями у трьох взаємно перпендикулярних напрямках. Найчастіше підлягають контролю якості ортотропних композиційних матеріалів. За структурою вони складаються з матриці (сполучної, звичайно виконуваної на основі синтетичних смол) і армуючого матеріалу. Як армуючу використовують тканини, скляні, вуглецеві волокна. На практиці, у промисловості поширення одержали такі ортотропні матеріали, як текстоліт, склопластик, вуглепластик. У композиційних матеріалах характерними дефектами є неправильне розташування армуючого матеріалу, а також наявність ділянок орто-тропного матеріалу з підвищеним або зниженим вмістом сполучної речовини.

Багатошарові конструкції. Такі конструкції складаються з двох або більше шарів різнорідних матеріалів, ступінь анізотропії фізико-механічних властивостей яких може бути різною. Прикладами двошарових конструкцій є просочене сполучною речовиною скловолокно, намотане на металеву оправку. Характерною тришаровою конструкцією є панель, що складається з двох обшивань високої щільності, між якими розташований заповнювач з малою питомою вагою, наприклад пінопласт чи стільникова структура (структура у формі бджолиних стільників з металевої фольги, склопластику, паперу). У багатошарових матеріалах найчастішим дефектом є відсутність чи ослаблення з'єднання між елементами конструкції.

Неруйнівні ультразвукові методи контролю якості пластмасових, неметалевих і багатошарових матеріалів розділяють на високочастотні, з частотою модуляції зондувального сигналу вище $f_m > 0,5$ МГц, і низькочастотні, в яких $f_m \leq 0,5$ МГц. При високочастотному контролі застосовують, в основному, ехо-тіньовий та дзеркально-тіньовий методи. У низькочастотних методах використовують пружні коливання,

довжина хвилі яких значно перевищує розмір неоднорідності в матеріалі. Це принципово змінює методику й засоби контролю. У зв'язку з цим реалізація як високочастотних, так і низькочастотних методів стосовно таких матеріалів найчастіше викликає необхідність їх модифікації.

Для забезпечення можливості виявлення площинних та об'ємних дефектів структури розглядуваних матеріалів розроблено ряд методів, що відрізняються способом обробки інформації. Найрозповсюдженішими з цих методів є:

1. Метод дослідження амплітуд інформаційного сигналу при повороті похилого ультразвукового перетворювача.
2. Метод відношення максимальних амплітуд при прямому і дзеркальному відбиттях інформаційного сигналу.
3. Метод реєстрації пружних хвиль, трансформованих на дефекті.
4. Метод порівняння амплітуд трансформованої й нетрансформованої пружних хвиль.
5. Спектральний метод.

Розглянемо докладніше основні положення та особливості використання кожного з методів.

При використанні першого методу вимірюють обгинаючу послідовності амплітуд ехо-сигналів при повороті похилого перетворювача. Максимальну амплітуду сигналу вимірюють при напрямку променя ультразвукового сигналу нормально до поверхні дефекту. У тому випадку, якщо при повороті перетворювача на кут $\theta = 10...15^\circ$ спостерігається зменшення сигналу в 2-4 рази, то це свідчить про площинний характер дефекту. Якщо амплітуда інформаційного сигналу знижується слабкіше, то дефект має об'ємний характер.

При другому методі розрізнення характеру дефекту використовують ехо-дзеркальний спосіб контролю. При контролі якості виробу вимірюють відношення максимальних амплітуд сигналів при прямому й дзеркальному відбиттях. У випадку об'ємної форми дефекту формується відношення амплітуд більше одиниці. У випадку площинних дефектів відношення цих амплітуд менше одиниці.

Як третій спосіб дослідження об'єкту контролю використовують дельта-метод (рис.2). Він полягає в реєстрації хвиль, що трансформуються на дефекті. У цьому випадку застосовують два п'єзoeлектричних перетворювачі. Один з цих перетворювачів – похилий (рис.2, поз.3), що випромінює поперечну хвилю, а другий (рис.2, поз.1) – приймає поздовжню, яка виникає при трансформуванні зондуючого сигналу на дефекті, а також поздовжні хвилі, що відбиті від протилежної площини виробу.

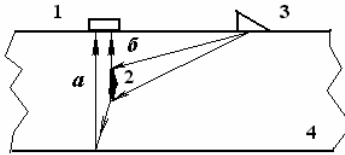


Рис.2 – Типове розташування п'єзоелектричних перетворювачів при дослідженні об'єкту контролю дельта-методом:

1 – п'єзоелектричний перетворювач, приймаючий поздовжню пружну хвилю; 2 – дефект виробу; 3 – п'єзоелектричний перетворювач, що випромінює поперечну пружну хвилю; 4 – об'єкт контролю; a – пружна хвиля, яка трансформувалась на нижньому краю дефекту і відбилася від протилежної поверхні об'єкту контролю; b – пружна хвиля, що трансформувалась на верхньому краю дефекту матеріалу.

Можлива зміна функцій п'єзоелектричних перетворювачів 1 і 3 на протилежні. При цьому для контролю використовують поперечну хвилю, відбиту від протилежної площини виробу.

Отже, на прийомний перетворювач 2 приходять два інформаційних сигнали: a – пружна хвиля, трансформована на його нижньому краю і та, що відбилася від протилежної поверхні виробу, а також b – пружна хвиля, трансформована в поздовжню на верхньому краю дефекта. У випадку об'ємного дефекту амплітуда першого інформаційного сигналу 2 буде більша, тому що цей сигнал виникає в результаті відбиття, а не дифракції пружної хвилі. Амплітуда другого інформаційного сигналу 1 буде менша, оскільки він пов'язаний з дифракційним процесом пружної хвилі при обгинанні дефекту. У випадку площинного дефекту обидва сигнали виникають у результаті дифракції пружної хвилі на його краях.

У четвертому методі також використовують ультразвуковий ехометод. Для введення поперечної пружної хвилі (u_t) використовують похилий п'єзоелектричний перетворювач. Випромінена таким перетворювачем поперечна хвиля (u_t) частково трансформується в поздовжню (u_l) на дефекті матеріалу. Порівнянню підлягають амплітуди ехосигналів трансформованої і нетрансформованої хвиль. Для об'ємних дефектів відношення амплітуд, отриманих у результаті трансформування поздовжньої та поперечної хвиль (u_l / u_t) невелике, а для площинних дефектів (за винятком випадку нормального падіння пружної хвилі на дефект) воно на 13-16 дБ більше. Для прийому трансформованих поздовжніх хвиль у конструкцію похилого перетворювача вводять додатковий п'єзоелемент.

У п'ятому методі виявлення та встановлення форми дефекту використовують спектральний метод. Реалізація його вимагає застосування спеціальної апаратури, що включає аналізатор спектра, який забезпе-

чує дослідження амплітудно-частотної характеристики ехо-сигналів при зміні частоти зондувальних ультразвукових коливань у 3-5 разів. Генератор зондувальних імпульсів спектроскопа дозволяє змінювати частоту заповнення в діапазоні близько $\Delta f \approx 10\%$ від одного циклу збудження до іншого. Для випромінювання та прийому інформаційних сигналів застосовують широкосмуговий перетворювач з перемінною товщиною п'єзоелемента.

Наведена узагальнена інформація відносно особливостей застосування описаних методів неруйнівного ультразвукового контролю якості пластмас та неметалевих матеріалів, що характеризуються різною структурою, дозволяє організувати як вихідний контроль фізико-механічних характеристик, так і їх дослідження в експлуатованих конструкційних елементах. При цьому, описані основні характерні відмінності кожного з методів надають базові положення відносно структури вимірювань, методики контролю, особливостей визначення дефектів деяких типів. Викладена інформація може бути використана не тільки при реалізації неруйнівного контролю в області будівництва, а й в інших галузях промисловості, наприклад в електро-, радіотехніці та ін.

1.Шутенко Л.М., Серіков Я.О., Золотов С.М. Дослідження будівельних матеріалів та конструктивних елементів будинків і споруд ультразвуковими методами. – К.: Техніка, 2005. – 210 с.

2.Ultrasonic NDE of Materials Grain Size and Hardness / A.Badidi Bouda, R.Halimi and A.Benchaala, Centre de Recherche en Soudage et Controls, Route de Dely Brahim BP 64 Cheraga, 16200, Alger, Algeria // 5th World Congress on Ultrasonics Paris, France 7-10 September, 2003.

3.Wang L., Rokhlin S. Surface and interface characterization by nonlinear vibrations // 16th International Symposium on Nonlinear Acoustics "ISNA – 16". – Moscow: Moscow State University, 2002. – P.73.

4.Study on Ultrasonic Evaluation of Cement Bond Quality in Oil Wells / C.Zhang, W.Jjin, H.Liu and H.Zhang, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences // 5th World Congress on Ultrasonics Paris, France 7-10 September, 2003.

Отримано 26.10.2007

УДК 666.9 : 519.2

Н.Р.АНТОНЮК, канд. техн. наук, И.К.БИЧЕВ

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПОИСК МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО КОМПРОМИСНЫХ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ СВАЙ

По моделям технологических и эксплуатационных свойств буринъекционных свай, содержащих полипропиленовые волокна, выполняется поиск компромиссных со-