

Т. М. Євсєєва, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
Н. А. Білова, доктор біологічних наук, професор, завідувача кафедрою товарознавства та митної експертизи Академії митної служби України
О. М. Вершиніна, курсант Академії митної служби України

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТОВАРОЗНАВЧІЙ МИТНІЙ ЕКСПЕРТИЗИ

Наведено науково обґрунтовані рекомендації щодо застосування деяких інноваційних методів для певних типів матеріалів. Автори акцентують увагу на відмінності методів неруйнівного контролю залежно від їх призначення, що необхідно враховувати при дослідженні об'єктів у товарознавчій митній експертизі.

The scientifically grounded recommendations in relation to application of certain innovative methods for the certain types of materials are given. The accented attention is on the differences of methods of non-destructive control depending on its setting, that it is necessary to take into account at research of objects in a commodity expert custom examination.

Ключові слова. Методи неруйнівного контролю, якість товарів, товарознавча митна експертиза.

Вступ. Установлення надійного митного контролю якості й безпеки товарів, таких як продовольча продукція (алкогольні та безалкогольні напої, харчові товари рослинного, масложирового і тваринного походження, цукровий пісок), товари органічної природи (нафтопродукти, полімерні, будівельні матеріали, будівельний ліс і лісоматеріали), що перетинають державний митний кордон України, нині є одним з найважливіших завдань як зовнішніх митних служб, так і внутрішніх експертних лабораторій. Для ідентифікаційних методів контролю важливий тактичний прийом – виявлення об'єктивних критеріїв якості конкретного виду продукції за окремими показниками або обчисленими на їх основі критерійними співвідношеннями та оперативна оцінка об'єкта дослідження на предмет автентичності. Тому розробка експрес-методів аналізу достовірності продовольчих товарів і сировини, а також відповідної сучасної нормативної бази є актуальними стратегічними завданнями лабораторної митної експертизи.

© Т. М. Євсєєва, Н. А. Білова, О. М. Вершиніна, 2009

Постановка завдання. Відповідно до світової практики митна служба України активно застосовує такі інструментальні методи аналізу, як газова й рідинна хроматографія, високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ), хромато-мас-спектрометрія, ядерно-магнітна спектроскопія. Ці методи контролю супроводжуються спеціальним програмним забезпеченням виробника. При всіх позитивних якостях перераховані методи контролю відзначаються неоперативністю та трудоємністю, що значно подовжує термін експертизи товарів. Ці обставини потребують впровадження в практику товарної митної експертизи новітніх методів. Метою цієї публікації став аналітичний огляд сучасних наукових джерел щодо застосування фізичних методів дослідження під час товарознавчої митної експертизи.

Результати дослідження. Натепер одним з актуальних завдань лабораторного митного контролю є розробка методів неруйнівного контролю (НК) товарів та сировини, що перетинають митний кордон України. Виходячи з фізичних явищ, на яких ґрунтується неруйнівний контроль, прийнято [1–5] виділяти дев'ять його основних видів:

- радіохвильовий;
- тепловий;
- оптичний;
- радіаційний;
- акустичний;
- магнітний;
- електричний;
- вихорострумний;
- із застосуванням проникаючих речовин.

Наведемо коротку характеристику основних методів НК.

Радіохвильовий метод неруйнівного контролю ґрунтується на реєстрації змін параметрів електромагнітних хвиль радіодіапазону, що взаємодіють з об'єктом контролю (ОК). Зазвичай використовують хвилі надвисокочастотного (НВЧ) діапазону з довжиною від 1 мм до 100 мм. Контролюють вироби з матеріалів, де радіохвилі не надто сильно затухають: діелектрики (пластмаси, кераміка, скловолокно), магнітодіелектрики (ферити), напівпровідники, тонкостінні металеві об'єкти. За характером взаємодії з ОК розрізняють методи відбитого, розсіяного випромінювання і резонансний. При застосуванні цього виду контролю наявність дефектів у досліджуваних виробках призводить до появи додаткових

відображень електромагнітного поля, які змінюють інтерференційну картину і спричиняють додаткові втрати енергії. Цей метод впроваджений у дефектоскопії діелектриків, а також при дослідженні стану поверхні провідних тіл.

Тепловий метод НК базується на реєстрації змін теплових або температурних полів ОК. Він застосовується до об'єктів з будь-яких матеріалів. Розподіл температур у виробі залежить від його властивостей: геометричних параметрів, хімічного складу, наявності дефектів тощо. За характером взаємодії теплового поля з ОК розрізняють методи: пасивний (на об'єкт не впливають зовнішнім джерелом енергії) і активний (об'єкт нагрівають або охолоджують від зовнішнього джерела).

Оптичний метод НК ґрунтується на спостереженні або реєстрації параметрів оптичного випромінювання, що взаємодіє з об'єктом контролю. Ця взаємодія пов'язана з поглинанням, відбиттям, розсіюванням, дисперсією, поляризацією та іншими оптичними методами. Даний метод застосовують для вимірювання геометричних параметрів виробів, контролю стану поверхні та виявлення поверхневих дефектів. Оптичні методи мають дуже широке впровадження завдяки великій різноманітності способів отримання первинної інформації. Можливість їх використання для зовнішнього контролю не залежить від матеріалу об'єкта. Оптичні методи широко застосовуються для контролю прозорих об'єктів, в яких виявляють макро- та мікрodefekти, структурні неоднорідності, внутрішню напругу [3].

Радіаційний метод неруйнівного контролю базується на реєстрації та аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання після його взаємодії з дослідним зразком. Залежно від природи іонізуючого випромінювання види контролю поділяють на підвиди: рентгенівський, гама-, бета-, нейтронний. Для контролю найширше використовують рентгенівське та гамма-випромінювання. Їх можна застосовувати для контролю об'єктів з різноманітних матеріалів, підбираючи сприятливий частотний діапазон. Ці методи в основному використовують у дефектоскопії, визначенні геометричних та структурних особливостей матеріалів [4].

Акустичний метод НК має у своїй основі реєстрацію параметрів пружних хвиль, що виникають або збуджуються в об'єкті. Найчастіше використовують пружні хвилі ультразвукового діапазону (з частотою коливань вище 20 кГц), цей метод також називають ультразвуковим. Головна відмінна особливість даного методу полягає в застосуванні та реєстрації не електромагнітних, а пружних хвиль, параметри яких тісно пов'язані з такими властивостями матеріалів, як пружність, щільність, анізотропія та інші. Цей вид контролю придатний до всіх матеріалів, що досить добре проводять акустичні хвилі: металів, пластмас, кераміки, бетону тощо. Коливання до дослідного об'єкта вводяться в імпульсному та безперервному режимах за допомогою п'єзоелектричного перетворювача сухим контактним способом, контактним через рідке середовище або безконтактним способом через повітряний зазор за допомогою електромагнітно-акустичного перетворювача. За допомогою акустичних методів вимірюють товщину стінок виробів, виявляють різноманітні дефекти й неоднорідність структури, визначають геометричні характеристики виробів. Серед різноманітних акустичних методів виділяють такі:

- імпульсний ехо-метод, що включає посилення коротких ультразвукових імпульсів з наступним їх відбиттям від поверхні дефекту;
- топографічний метод, який ґрунтується на збудженні в дослідному виробі потужних вигинистих коливань заданої або змінної частоти з одночасною візуалізацією картини коливань контрольованої поверхні шляхом нанесення на неї тонкодисперсного порошку;
- тіньовий метод, пов'язаний з появою області “звукової тіні” за дефектом, поперечні розміри якого перевищують довжину пружної хвилі;
- резонансний метод, в основу реалізації якого покладено явище виникнення в дослідному матеріалі стоячих подовжніх або зсувних хвиль;
- імпедансний метод ґрунтується на встановленні залежності сили реакції виробу на стрижень, що коливається і контактує з ним (перетворювач);
- метод акустичної емісії базується на реєстрації пружних хвиль ультразвукового діапазону, що стрибкоподібно з'являються при перебудові структури матеріалу, виникненні тріщин, алотропічних перетвореннях у кристалічних ґратах;
- електромагнітний метод ґрунтується на збудженні ультразвукових коливань у результаті взаємодії змінного та постійного магнітних полів з металом чи феромагнетиком.

Неруйнівний контроль *методом проникаючих речовин* пов'язаний з явищем капілярного проникнення добре змочуючих пробних речовин (рідини) в порожнину дефекту об'єкта контролю. Метод поділяють на способи капілярні й течепошук. Капілярні методи базуються на капілярному проникненні в порожнину дефекту індикаторної речовини (гас, скипидар тощо), що добре змочує матеріал зразка. Їх застосовують для виявлення слабовидимих або невидимих неозброєним оком поверхневих дефектів. Методи течепошуку використовують для виявлення тільки наскрізних дефектів у перегородках.

Магнітний, електричний та вихорострумний методи базуються на реєстрації взаємодії електричних, магнітних та електромагнітних полів з об'єктами контролю або на вимірюванні електричних і магнітних характеристик ОК, тому що у фізичних принципах і технічних реалізаціях наведених видів неруйнівного контролю багато спільного.

Магнітний НК реалізується на основі аналізу взаємодії магнітного поля з контрольованим об'єктом. Як правило, його застосовують для контролю зразків з феромагнітних матеріалів. За характером взаємодії фізичного поля з об'єктом цей вид контролю не диференціюють: у всіх випадках використовують

намагнічення об'єкта і вимірюють параметри, які використовуються при контролі магнітними методами. Процес намагнічення та перемагнічення феромагнітного матеріалу супроводжується виникненням гістерезису. Хімічний склад, структура та інші властивості, що підлягають контролю, зазвичай пов'язані з параметрами процесу намагнічення і петлею гістерезису. У загальному випадку при намагніченні об'єкта контролю, поблизу поверхні якого є дефект, у ділянці дефекту виникають просторові аномалії напруженості магнітного поля, з'являються поля розсіювання. Зміну напруженості магнітного поля показує параметр для виявлення дефектів.

Магнітні методи застосовують для вимірювання товщини, точніше градієнта напруженості, використовують як первинний інформаційний неферомагнітного покриття на феромагнітній основі; для дефектоскопії поверхневих і підповерхневих ділянок феромагнітних матеріалів (магнітопорошковий метод); для отримання інформації про магнітну проникність та її зміни залежно від напруженості магнітного поля (індуктивний метод).

Електричний НК ґрунтується на реалізації параметрів електричного поля, що взаємодіє з контрольованим об'єктом (власне електричний метод), або поля, яке виникає в контрольованому об'єкті в результаті зовнішньої дії (термоелектричний метод). Його застосовують для контролю діелектричних і провідникових матеріалів. Методи електричного контролю (електростатичний, порошковий, термоелектричний, електроіскровий, електричного потенціалу, ємнісний) дозволяють визначати дефекти різних матеріалів, вимірювати товщину стінок, покриттів і шарів, сортувати метали за марками, контролювати діелектричні або напівпровідникові матеріали.

Різновидом електричного методу досліджень є автогенераторний метод. Сутність його полягає у використанні сигналу, безпосередньо пов'язаного з режимними параметрами роботи автогенератора. Внесення до коливального контуру приросту активного опору або частотного спотворення приймального контуру викликає зміну одного з параметрів у режимі автогенератора. Фактично відбувається оцінка якості товару або сировини за комплексним електрофізичним параметром [5].

Вихорострумний метод неруйнівного контролю базується на аналізі взаємодії електромагнітного поля вихорострумного перетворювача з електромагнітним полем вихорових струмів, що наводяться в контрольованому об'єкті. У цьому методі використовується ефект дії вихорових струмів, що виникають у провідному зразку, на електричні параметри перетворювача. Цей метод застосовують лише для контролю виробів з електропровідних матеріалів. Вихорові струми збуджують у об'єкті за допомогою перетворювача у вигляді котушки індуктивності, що живиться змінним або імпульсним струмом. Приймальним перетворювачем (вимірником) слугує та або інша котушка. Інтенсивність і розподіл вихорових струмів в об'єкті залежать від його геометричних розмірів, електричних та магнітних властивостей матеріалу, наявності у виробі порушень, взаємного розташування перетворювача й об'єкта, тобто від багатьох параметрів. До головних переваг вихорострумного методу слід зарахувати його універсальність та широкі функціональні можливості, які дотепер ще не остаточно використані. Водночас застосування цього методу утруднюється тим, що під час контролю одного параметру інші заважають. Для розділення параметрів використовують роздільне або сумісне вимірювання фази, частоти та амплітуди сигналу вимірювального перетворювача, підмагнічування виробу постійним магнітним полем, здійснюють контроль одночасно на декількох частотах, застосовують спектральний аналіз. Отримані таким чином вихідні параметри перетворювача одночасно вміщують інформацію про питому електричну провідність і магнітну проникність матеріалу, стан поверхні виробу та наявність дефектів, величину зазору між виробом та перетворювачем, а також геометричні розміри виробу. Аналіз вимірних параметрів дозволяє встановити геометричні розміри виробів (товщину стінки при односторонньому доступі), оцінювати хімічний склад, структуру матеріалу об'єкта, внутрішню напругу, виявляти поверхневі та підповерхневі (на глибині декількох міліметрів) дефекти. Контроль вихоровими струмами виконують без безпосереднього контакту перетворювачів з об'єктом. Це дозволяє здійснювати контроль при взаємному переміщенні перетворювача й об'єкта з великою швидкістю (до 60 м/с) і тим самим полегшує автоматизацію контролю.

Висновки. Зіставлення методів неруйнівного контролю дозволяє зробити висновок про необхідність урахування деяких обставин.

По-перше, більшість з наведених методів неруйнівного контролю застосовні тільки до певних типів матеріалів:

- радіохвильовий – до неметалічних речовин, що погано проводять струм;
- вихорострумний – до хороших провідників електричного струму;
- магнітний – до феромагнетиків;
- акустичний – до матеріалів, яким притаманні невеликі загасання звукових хвиль відповідної частоти;
- оптичний – доцільний для об'ємного контролю прозорих у світловому діапазоні об'єктів контролю.

По-друге, слід мати на увазі відмінності в модифікації методів залежно від їх призначення: вимірювання геометричних розмірів, дослідження хімічного складу і структури, пошук об'ємних або поверхневих об'єктів і т. д. Тому рішення про використання того або іншого методу неруйнівного контролю необхідно ухвалювати з урахуванням всіх чинників, що діють при дослідженні об'єктів контролю в митній експертизі.

Література

1. Сучков Г. М. Основные методы неразрушающего контроля [Электронный ресурс]. – www.ndt.ua
2. Дмитриченко М. И. Экспертиза качества и обнаружение фальсификации продовольственных товаров [Текст] / М. И. Дмитриченко. – СПб. : Питер, 2003. – 160 с.
3. Купряков Е. М. Стандартизация и качество промышленной продукции [Текст] / Е. М. Купряков. – М. : Высшая школа, 1991. – 304 с.
4. Халотин З.Р. Микроструктура металла при рентгеновской дефектоскопии [Электронный ресурс]. – www.ndt-market.ru
5. Хасхачих А. Д. Автогенераторные методы и приборы неразрушающего контроля качества шин и резинотехнических изделий [Текст] / А. Д. Хасхачих, М. К. Шолин. – Днепропетровск, 2005. – 231 с.