

Badania nieniszczące w praktyce inspekcji dozorowej

Nondestructive testing in polish inspection practice

Streszczenie

Referat głównie dotyczy stosowania badań nieniszczących w praktyce inspekcji dozorowej w celu oceny stanu eksploatowanych urządzeń technicznych. W diagnostyce urządzeń technicznych stosowane są najczęściej metody konwencjonalne, obecnie, coraz częściej tzw. techniki przesiewowe o charakterze jakościowym, stosowane głównie do wykrywania obszarów uszkodzeń, np. korozji w rurach i zbiornikach, a nie ich wielkości.

Na wstępie referatu przedstawiona została krótka historia dozorowych badań diagnostycznych w Polsce.

Słowa kluczowe: inspekcja, badania nieniszczące, historia badań diagnostycznych

Abstract

The paper describes non-destructive techniques and methods applied in inspection process. Diagnostic procedures of technical devices, vessels etc. are based on conventional NDT methods usage. Nowadays, there is a growing interest in qualitative screening techniques dedicated to identifying areas where degradation or discontinuities are expected.

In this paper the short historical review of polish technical inspection is presented as well.

Keywords: inspection, nondestructive testing, history of diagnostic tests

Wstęp

Temat przewodni 43 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących „Nowoczesne badania nieniszczące podstawą bezpieczeństwa techniki” wpisuje się jednoznacznie w rolę dozoru technicznego, któremu przypisano w naszym kraju zadanie polegające na działaniach zmierzających do zapewnienia bezpiecznej eksploatacji urządzeń technicznych, a w szczególności do uzyskania akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa ich eksploatacji. Wykorzystuje się w tym celu wyniki badań nieniszczących częstokroć podejmując na ich podstawie decyzję o dopuszczeniu urządzeń do eksploatacji. Także w obszarze oceny zgodności z wymaganiami przepisów europejskich NDT odgrywają niepoślednią rolę.

Rola badań nieniszczących w utrzymywaniu bezpieczeństwa urządzeń technicznych jest więc nie do przecenienia. Znaczenie takich badań w europejskim systemie bezpieczeństwa, w rozwijających się systemach analizy ryzyka w eksploatacji urządzeń niebezpiecznych, wynikające z wymagań przepisów europejskich, ale także ze względów ekonomicznych, jest niezwykle istotne.

Diagnostyka stanu technicznego urządzeń i ekspertyzy techniczne opierają się w głównej mierze na wynikach badań nieniszczących w tradycyjnym tego słowa znaczeniu oraz na badaniach, które również nie powodują niszczenia badanego obiektu, a wykorzystują podstawy badań niszczących, np. badanie mikrostruktury metodą replik triafolowych.

Rozwój diagnostyki urządzeń technicznych w celu nadzorowania bezpieczeństwa ich eksploatacji sięga

początków dwudziestego wieku, kiedy to utworzono Warszawskie Stowarzyszenie dla Dozoru nad Kociołmi Parowymi, a które w Ustawie zapisane miało cel: „dokonywanie badań, rewizji i prób kotłów parowych”. Ponadto Stowarzyszenie miało za zadanie „okazywać pomoc naukową i techniczną w zakresie stosowania ich w przedsiębiorstwach wszelkiego rodzaju energii motorowej”[1]. Dla osiągnięcia celu Stowarzyszenie miało m.in. następujące prawa:

- „dokonywać badań, rewizji i prób kotłów parowych, motorów, i instalacji elektrycznych oraz zarządzać środki dla zapobiegania ich uszkodzeniu,
- przygotowywać palaczy, maszynistów elektromontatorów, urządzać w tym celu szkoły oraz kursy,...laboratoria, stacje doświadczalne...itp.”[1].

Badania i ekspertyzy w początkach działalności polskiego dozoru technicznego

Początek XX wieku

Rozwój budowy pierwszych kotłów parowych, a następnie zbiorników ciśnieniowych jeszcze przed 1900 rokiem, konstruowanych w sposób „rzemieślniczy”, spowodował konieczność ich badania i nadzorowania w celu zapobiegania awariom i nieszczęśliwym wypadkom. Podstawowymi działaniami mającymi zapewnić ich bezpieczeństwo były rewizje wewnętrzne i zewnętrzne, obejmujące ocenę stanu konstrukcji, połączeń kotła, sprawdzanie znajomości zasad obsługi przez personel. Na początku XX wieku stowarzyszenia dozоровe rozszerzały zakres czynności poprzez wprowadzenie próby wodnej i rewizji kotłów w ruchu, wprowadzając jednocześnie okresowość badań. Wszystkie działania w tym czasie, dalekie od rzetelnej diagnostyki, polegały wyłącznie na oględzinach.

W tym czasie m.in. w Monachium, Wiedniu, Berlinie zaczęły powstawać stacje doświadczalne „dla prób w zakresie bardzo ścisłych dociekań wzorem laboratoriów wyższych zakładów naukowych”. Warszawskie Stowarzyszenie dla Dozoru nad Kociołmi Parowymi już w 1912 roku utworzyło Biuro Porad Technicznych i Ekspertyz. Biuro było wyposażone w „komplet odpowiednich przyrządów pomiarowych i prowadziło badania m.in. kotłów, silników oraz instalacji parowych”. Planowano wybudowanie w Warszawie stacji doświadczalnej, niestety wybuch I. wojny światowej pokrzyżował te plany. Zachował się opis przewidywanych korzyści wynikających z dysponowania taką stacją:

„Stacja oddaje poważne usługi miejscowemu przemysłowi, a mianowicie, dokonując najrozmaitszych prób doświadczalnych a mianowicie: (...) badania procesu spalania i odparowalności wszelkiego rodzaju paliwa, próby i oznaczenia praktycznej przystosowalności i celowości wszelkiego rodzaju armatury do kotłów parowych, przewodów rurowych, silników, (...) zaworów redukcyjnych (...)”.

Dwudziestolecie międzywojenne

Po I. wojnie światowej Warszawskie Stowarzyszenie wznowiło działalność laboratoryjno-ekspertyzową. Powstał Instytut Termiczny dla prowadzenia badań gospodarki cieplnej i kotłowej w przemyśle naftowym.

Śląskie Stowarzyszenie zaś zajmowało się badaniami urządzeń elektrycznych, ochrony odgromowej kotłów oraz pomiarami ciepłno-energetycznymi i analizami wody, węgla i spalin.

Stowarzyszenie Dozoru Kociołów w Poznaniu w okresie międzywojennym dysponowało bardzo prężnym zapleczem laboratoryjno-ekspertyzowym. W Poznaniu powstał dział „indykacji kotłów parowych” – ustawniania rozrządu pary oraz Oddział Badań Ciepłnych, który prowadził badania cieplne i energetyczne kotłów. Oddział wyposażono w nowoczesne, jak na ówczesne czasy, importowane przyrządy firmy Metroopolitan Vickers. Pomieszczenia oddziału oraz jego wyposażenie przetrwały okres II wojny, uległy zniszczeniu w 1945 r. u progu wyzwolenia. Oddział Elektrotechniczny i wzorcownię liczników elektrycznych prowadził badania urządzeń elektrycznych i odgromowych, legalizację i regulację liczników elektrycznych (wzorcownia liczników odsprzedana jest w 1933 r. Głównemu Urzędowi Miar). W strukturze OBC działało również Laboratorium Wodno – Kalorymetryczne.

Pierwsze badania materiałowe wdrażane były dopiero po 1930 r. i tylko w Stowarzyszeniu Dozoru Kociołów w Poznaniu. Od 1936 roku Stowarzyszenie w Poznaniu dysponowało własnym laboratorium wytrzymałościowo-metalograficznym. Inne Stowarzyszenia korzystały z laboratoriów szkół technicznych.

Okres powojenny

Okres okupacji to biała karta w historii działalności w zakresie prowadzenia badań laboratoryjnych. Po 15 lutego 1945 r., zaraz po wyzwoleniu Poznania, wznowiło działalność Stowarzyszenie Dozoru Kociołów w Poznaniu, gdzie kilka tygodni później uruchomiono laboratorium wytrzymałościowo-metalograficzne. Ze względu na trudności lokalowe badania ciepłno-energetyczne wznowiono dopiero w 1948 r.

Stowarzyszenie w Katowicach również wznowiło działalność laboratoryjną, jedynie Stowarzyszenie w Warszawie jej nie uruchomiło ponownie.

W latach 50-tych z powodu braku zainteresowania działalnością laboratoryjną w dozorse, rozwiązały się inspektoraty ciepłny i elektryczny w Katowicach oraz laboratoria wodno-kalorymetryczne w Katowicach i w Poznaniu.

Postęp techniczny w konstrukcji urządzeń technicznych i rozwój nowych technologii spowodowały, że dżór techniczny stanął w obliczu konieczności odtworzenia własnych placówek laboratoryjnych i poszukiwań nowych metod badawczych. W 1962 r. w strukturze Urzędu Dozoru Technicznego powołano w Poznańskim Biurze Dozoru Technicznego jednostkę do spraw pomiarów technicznych i ekspertyz – Inspektorat Pomiarów Ciepłnych i Energetycznych. Jednocześnie

w Katowicach rozwijały się Zespoły m.in. Badań Nieniszczących. W Poznaniu rozpoczęto budowę nowego budynku przy ulicy Małeckiego, przeznaczonego na działalność laboratoryjną. W 1970 r. utworzono trzy ośrodki laboratoryjno-badawcze w Warszawie, Poznaniu i w Katowicach. Ten stan przetrwał do 1981 r., kiedy to ośrodki te zostały scalone i utworzono Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego.

Na przełomie 1989-1990 r. rozpoczęto starania zmierzające do uzyskania akredytacji laboratorium. Wstąpienie UDT do CEOC uzależnione było od posiadania akredytowanego laboratorium. We wrześniu 1992 roku CLDT otrzymało certyfikat akredytacji Laboratorium Badawczego Nr 1/92 nadany przez Centralne Biuro Jakości Wyrobów.

Aktualnie, CLDT posiada certyfikaty akredytacji, nadane przez Polskie Centrum Akredytacji w Warszawie dla Laboratorium Badawczego i Laboratorium Wzorcującego.

Badania nieniszczące w kompleksowym podejściu do inspekcji dozorowej

Obecnie Urząd Dozoru Technicznego podejmuje działania zmierzające do kompleksowego ujęcia wszystkich aspektów eksploatacji. Przyjęte kierunki rozwoju zmierzają do zaoferowania użytkownikom pakietu usług z zakresu minimalizacji ryzyka eksploatacji, z zachowaniem priorytetu bezpieczeństwa. Jednym z rozwiązań jest Risk Based Inspection. Jest to metoda planowania inspekcji opierająca się na szczegółowych analizach ryzyka. Głównym odbiorcą tego rozwiązania jest przemysł chemiczny i petrochemiczny, dla których zostały opracowane normy opisujące RBI.

Podstawą RBI jest założenie, że badania nieniszczące eksploatowanych urządzeń technicznych powinny być planowane z uwzględnieniem znajomości stanu początkowego urządzenia oraz historii jego eksploatacji, a plan badań powinien określać rodzaj i terminy inspekcji, kierując się ryzykiem związanym ze specyfiką określonego obszaru urządzenia i przy założeniu obniżenia ryzyka oraz kosztów eksploatacji.

Zaletą metody RBI jest indywidualne podejście do każdego urządzenia, dla którego wykonywana jest analiza ryzyka. W wyniku analizy użytkownik otrzymuje informacje o lokalizacji obszarów o podwyższonym ryzyku degradacji i potencjalnych uszkodzeń. Mając na uwadze poziom akceptowalnego ryzyka, koncentrując się na tych obszarach można dobrać właściwe metody i techniki badań, stosownie do spodziewanych nieciągłości lub stopnia degradacji. Uzyskiwane w ramach planowania inspekcji metodą RBI korzyści dotyczą przede wszystkim:

- redukcji kosztów eksploatacji, związanych z okresowymi postojami urządzeń,
- zapewnienia wiarygodnych danych do planowania przyszłych inspekcji,

- prowadzenia inspekcji w zakresie tylko niezbędnych do wykonania badań nieniszczących, przy danym urządzeniu,
- podniesienia poziomu bezpieczeństwa.

Mechanizmy degradacji materiałów nie są jednak jedynymi czynnikami mogącymi wpływać na nieprzerwaną eksploatację urządzeń. Dlatego, mimo że badania nieniszczące są bardzo ważnym składnikiem z punktu widzenia aspektów materiałowych, ocenie podlegają także systemy zabezpieczające, sterowania – czyli elementy automatyki. Dopiero ujęcie kompleksowe wszystkich aspektów wpływających na bezpieczeństwo eksploatacji pozwala na wydłużanie czasu między kolejnymi inspekcjami, przy niezmiennym poziomie akceptowalności ryzyka.

Rysunek 1 przedstawia łańcuch wszystkich aspektów bezpiecznej eksploatacji, do których należą: RBI, audyt systemu zarządzania, ocena HAZOP i SIL, analizy niezawodności oraz badania nieniszczące.



Rys. 1. Łańcuch aspektów bezpiecznej eksploatacji urządzeń technicznych

Fig. 1. Technical equipment safe operation issues chain

Kompleksowa ocena urządzeń i instalacji to obecne oczekiwania rynku, dla którego czynniki ekonomiczne, możliwość ciągłej eksploatacji oraz względy bezpieczeństwa są najistotniejsze. Aktualne trendy w badaniach NDT to miniaturyzacja urządzeń badawczych, kompleksowość, digitalizacja, łączenie technik i metod, transmisja danych on-line czy zobrazowanie 3-D.

UDT zmierza do wprowadzenia w swoich działaniach aktualnie znanych i powszechnie stosowanych metod badań nieniszczących na szeroką skalę, jak również do zapewnienia naszym klientom dostępu do badań wysokospecjalistycznych.

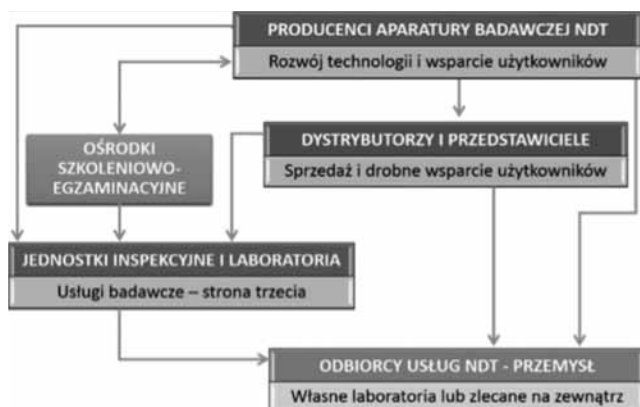
Badania nieniszczące

Badania nieniszczące dają odpowiedź na pytanie o stan urządzenia. Stosowane w przemyśle, jako narzędzie do monitorowania integralności urządzeń technicznych, zapewniają bezpieczeństwo ich eksploatacji, pozwalają uniknąć nieplanowanych postojów, a przez to wielomilionowych strat. Z tego względu, przemysł coraz częściej sięga po nowoczesne

nieniszczące techniki kompleksowej oceny stanu urządzeń. Mowa tu o branży energetycznej, paliwowej czy chemicznej.

Poza rozwojem poszczególnych, dobrze już znanych metod badań nieniszczących, obserwuje się dążenie do łączenia ich w pakiety z przeznaczeniem do właściwych zastosowań. Ten trend umożliwia wykonywanie szybkiej i trafnej inspekcji za pomocą zaawansowanych technik badań nieniszczących, dając pełny obraz stanu urządzenia lub nawet całej instalacji.

Zmieniające się regulacje prawne dotyczące bezpieczeństwa eksploatacji, aspekty korozyjne i starzejąca się infrastruktura, konieczność eksploatacji na podwyższonych parametrach oraz rosnące ceny dóbr naturalnych, są motorem rozwoju metod i technik badawczych. Nie wolno jednak zapomnieć o pewnych ograniczeniach takich jak szkolenie kadr technicznych czy brak specjalistów. Dla zapewnienia płynnego rozwoju NDT konieczna jest współpraca między głównymi graczami na tym polu i płynny przepływ doświadczeń. Rysunek 2 przedstawia powiązania pomiędzy stronami zainteresowanymi w dziedzinie NDT.



Rys. 2. Łańcuch aspektów bezpiecznej eksploatacji urządzeń technicznych

Fig. 2. NDT stakeholders relationships.

Obecnie obserwuje się rosnące zainteresowanie użytkowników urządzeń technicznych możliwością zapewnienia stosunkowo długiej, bezawaryjnej i nieprzerwanej eksploatacji. Z drugiej jednak strony, rygorystyczne aspekty bezpieczeństwa wymuszają konieczność regularnej kontroli i oceny. Skutkiem tego jest poszukiwanie coraz to nowych narzędzi do kompleksowej i wiarygodnej oceny stanu materiału, połączeń spawanych i armatury. Przykładowe rozwiązania są opisywane w publikacjach naukowych i prezentowane na wielu konferencjach, przy czym na uwagę zasługują nowoczesne techniki oceny wizualnej, coraz bardziej zaawansowane techniki objętościowe i rosnące znaczenie metod przesiewowych.

W dalszej części referatu przedstawiono przykłady nowoczesnych metod / technik badań nieniszczących, które mogą znaleźć zastosowanie w praktyce dozоровej.

Metody wizualne i powierzchniowe

Kierunki rozwoju metod wizualnych zmagają w stronę prezentacji wyników z zastosowaniem technologii 3D lub umożliwiających precyzyjną ocenę wizualną na podstawie zarejestrowanego podczas badania obrazu. Zapewnia to kamera plenoptyczna, która zamiast tradycyjnych sensorów optycznych wyposażona jest w detektor umożliwiający rejestrację obrazu za pomocą długości, wektora i kierunku fali elektromagnetycznej. Późniejsza obróbka, polegająca na odpowiednim dostrojeniu kombinacji parametrów fali umożliwia uzyskiwanie zmiennej ostrości i głębi obrazu w każdym jego punkcie, bez konieczności wykonywania serii zdjęć.

Wśród metod powierzchniowych znajdujemy m.in. *Saturated Low Frequency Eddy Current* (SLOFEC™), która wykorzystuje prądy wirowe niskiej częstotliwości. Jest metodą stosowaną do szybkiego, przesiewowego identyfikowania obszarów korozyjnych z możliwością raportowania. Głównym jej zastosowaniem jest kontrola den zbiorników i rurociągów ciśnieniowych i becznieniowych [2, 4].

Metody objętościowe

Spośród metod objętościowych wymienić należy ultradźwiękowe techniki Phased Array i Time of Flight Diffraction (TOFD), stosowane samodzielnie, jak również jako składniki szerszego programu badań. W dużej mierze wypierają one konwencjonalne ultradźwięki bazujące na metodzie echa, ponieważ zapewniają możliwość badania pełnego przekroju, prezentacji wyników na tle geometrii próbki oraz, w przypadku TOFD – precyzyjnego określenia wymiarów nieciągłości – dzięki wykorzystaniu zjawiska dyfrakcji fali ultradźwiękowej. Do nieocenionych zalet obydwu metod należy możliwość rejestracji wyników badań.

Obserwuje się także wzrost popularności badań ultradźwiękowych *Long Range Ultrasonics* oraz *Guided Wave*, jakkolwiek są to techniki jakościowe.

Radiografia jako metoda bezkontaktowa znajduje zastosowanie w zasadzie do wszystkich materiałów i wyrobów. Atrakcyjność jej polega na fakcie, że wyniki uzyskuje się w formie zapisanego obrazu na błonie lub w formie elektronicznej.

Do niedawna w radiografii złączy spawanych nie stosowano techniki z detektorami cyfrowymi ze względu na trudności z uzyskaniem odpowiedniej rozdzielczości. Dzisiaj technika ta została opanowana i doczekała się normalizacji (PN-EN ISO 17636-2:2013-06). Jednakże należy ona do najdroższych (radiografia techniką z błonami należała zawsze do najdroższych metod NDT), a i technika z detektorami cyfrowymi jest na razie bardzo droga.

Należy zauważyć, że techniki cyfrowe staną się szybko konkurencyjne, ponieważ przemysł coraz częściej stawia wymagania związane z niezawodnością urządzeń i czasem wykonywania badań, które zdecydowanie bardziej podrażają koszty eksploatacji

niż koszty badań. Co prawda ciągle zastosowanie radiografii cyfrowej ogranicza się głównie do laboratorium i dla specjalnych celów, ale rozwój jest kwestią czasu. Jednym z kierunków rozwoju jest zastosowanie hybrydowych detektorów mozaikowych (*hybrid arrays*) wrażliwych na różne zakresy użytego promieniowania. Uzyskanie mikroogniska to również jest kwestia czasu przy aktualnym poziomie elektroniki.

Prowadzone obecnie badania naukowe nad promieniowaniem neutronowym i synchrotronowym otwierają szeroki zakres zastosowań. Promieniowanie synchrotronowe to rodzaj promieniowania elektromagnetycznego o charakterze nietermicznym, generowane przez cząstki naładowane, poruszające się w polu magnetycznym z prędkością bliską prędkości światła. Zawiera ono pasma promieniowania X oraz podczerwonego, widzialnego i ultrafioletu.

Niestety, zawsze pozostanie najistotniejsza wada metody radiograficznej, jaką jest zagrożenie promieniowaniem jonizującym.

Metody przesiewowe

Metody przesiewowe (jakościowe) to szczególne zastosowania niektórych nieniszczących metod konwencjonalnych.

Obserwuje się wzrost popularności badań technikami ultradźwiękowymi takimi jak Long Range Ultrasonics (Lorus) oraz Guided Wave, które znalazły zastosowanie w inspekcji rurociągów w celu wykrywania korozji. Obydwie techniki należą do grupy ultradźwiękowych dalekiego zasięgu. W technice Lorus stosowane są głowice kątowe generujące fale objętościowe. Wykorzystywana jest ona do szybkiego przeglądu miejsc trudnodostępnych, np. pod pierścieniami zewnętrznymi, gdzie z jednego miejsca dostępu wykrywa się obecność korozji z odległości ok. 1 m.

Guided Wave została opracowana w celu wykrywania korozji wewnętrznej i zewnętrznej na długich, bezkolnierzowych rurociągach, przebiegających na powierzchni.

Do zalet należy zaliczyć minimalizację obszarów, z których wymagane jest usunięcie izolacji, ograniczenie czasu inspekcji, możliwość szybkiej i kompleksowej oceny wstępnej całego rurociągu.

Znane są również specjalne zastosowania „przesiewowe” wykorzystujące zjawiska fizyczne metod radiograficznych czy magnetycznych.

Dla przykładu w badaniu rur (rurociągów) znajduje zastosowanie technika RTF, która lokalizuje obszary o zmniejszonej grubości, która jest uzupełniana techniką IRIS jako ilościową. RTF podaje informację uśrednioną, w % ubytku grubości ścianki na obwodzie rury, zaś IRIS przedstawia mapę grubości i określa grubość minimalną.

Natomiast rury wymienników ciepła mogą być badane technikami przesiewowymi (jakościowymi), wskazującymi obszary uszkodzeń:

– MFL w celu wykrycia korozji wżerowej – drobnych wżerów,

– RTF wskazującą obszary ubytków grubości ścianki, – ET wykrywającą wżery, pocienienia ścianki, pęknięcia, uzupełnione ilościowo techniką IRIS.

IRIS – *Ultrasonic Internal Rotary Inspection System* to system pomiaru ultradźwiękowego grubości ścianki głowicą centrycznie skanująca ściankę wewnętrzną rury, osadzoną wspólnie z obrotowym reflektorem odbijającym wiązkę w kierunku promieniowym.

MFL – *Magnetic Flux Leakage Technique* jest techniką elektromagnetyczną. Dwuelementowa głowica zbudowana jest z przetwornika typu cewka i elementu Halla. Cewka zbiera i ocenia zmiany strumienia magnetycznego, zaś sonda Halla – strumień całkowity.

RTF – *Remote Field Eddy Current Inspection* jest również techniką elektromagnetyczną, która znajduje zastosowanie do badania rur kotłów i wymienników ciepła ze stali ferromagnetycznych. Wykorzystuje niskie częstotliwości (zwykle 50÷1000Hz).

Sonda RFT składa się z dwóch cewek – wzbudzającej, z prądem zmiennym o niskiej częstotliwości, wysyłającej sygnał do cewki detektora umieszczonej w odległości 2,5 średnicy rury.

Szczególne miejsce wśród metod przesiewowych zajmuje emisja akustyczna. Fale akustyczne generowane w badanym obiekcie pochodzą ze źródeł emisji, jakimi mogą być wszelkiego rodzaju miejsca wzrostu pęknięcia lub odkształceń plastycznych oraz inne, aktywne podczas badania, uszkodzenia, np. nieszczelności, rozwarstwienia.

Jest to metoda najczęściej stosowana do monitorowania zmian struktury i integralności strukturalnej zbiorników z tworzyw sztucznych wzmacnianych włóknem szklanym. Niekiedy wykorzystywana jest do kontroli również metalowych zbiorników ciśnieniowych i magazynowych.

Metodę zaliczamy do przesiewowych, gdyż daje ona jedynie odpowiedź na pytanie: czy są czy nie ma źródeł emisji. W przypadku występowania źródeł emisji znana jest ich lokalizacja i informacja o konieczności wyznaczenia dodatkowych badań nieniszczących w celu identyfikacji rodzaju wielkości wady, która jest źródłem emisji. PN-EN 13554 określa zasady metody.

Emisja akustyczna to zjawisko fizyczne, które polega na uwalnianiu się w materiale sprężystych fal chwilowych wskutek obciążenia. W wyniku obciążenia i warunków pracy w materiale zachodzą zmiany strukturalne takie jak lokalny wzrost pęknięć, odkształcenie plastyczne, korozja i przemiany fazowe. Powstające fale niosą informację o zachowaniu się „wnętrza” materiału, dzięki czemu możliwe jest rejestrowanie zmian na poziomie mikro. Fale akustyczne wykrywane są za pomocą czujnika, który ruchy materiału przetwarza w sygnał elektryczny, który z kolei po przetworzeniu pozwala na wykrycie źródła emisji.

Metodę emisji akustycznej charakteryzują następujące cechy:

– metoda pasywnej detekcji, która monitoruje dynamiczną odpowiedź materiału na zastosowane obciążenie,

- może być stosowana tylko wtedy, gdy materiał w urządzeniu jest pod obciążeniem,
- umożliwia wykrycie źródła emisji z kilku metrów odległości,
- umożliwia to kontrolę 100% objętości materiału/urządzenia,
- wykrywa wzrost wady i zmiany w strukturze materiału, a nie wady statyczne,
- umożliwia monitorowanie w czasie rzeczywistym wszelkich nieciągłości, które „rosną” pod zastosowanym obciążeniem.

AE jest to metoda, która zwraca uwagę na obecność i położenie rozwijającego się procesu degradacji w odróżnieniu od większości badań nieniszczących. W przypadku AE materiał sam uwalnia energię w wyniku degradacji strukturalnej, zaś inne metody wykrywają istniejące, statyczne nieciągłości geometryczne.

Metoda ma ograniczenia zasadnicze, o których mówi ww. norma:

- nieciągłości nie rozwijające się, nierosnące podczas badania pod wpływem przyłożonego obciążenia, w zasadzie nie generują sygnałów AE,
- powtórne przyłożenie takiego samego obciążenia nie wywoła emisji z wcześniej zarejestrowanych źródeł przy tym samym obciążeniu (efekt Kaisera polega na tym, że sygnał emisji akustycznej pojawia się dopiero po przekroczeniu wartości poprzedniego obciążenia). Materiału pod wpływem naprężenia wyemituje AE tylko wtedy, gdy poziom tego naprężenia przekracza to, które wcześniej zastosowano,
- metoda jest wrażliwa na obecność szumu procesu oraz hałasu w otoczeniu. Wielokrotnie warunki otoczenia ograniczają lub wręcz uniemożliwiają zastosowanie tej metody w przemyśle.

Podsumowanie

Rozwój technologiczny od lat powodował i powoduje konieczność stosowania odpowiednich metod diagnostyki technicznej dostosowanych do obowiązujących trendów. Podążanie rozwoju badań za rozwojem techniki de facto staje się już niewystarczające. Tempo wdrażania innowacji w zakresie badań nieniszczących powinno być skorelowane z postępem technologicznym w niemal wszystkich obszarach dziedzin inżynierii.

Dobrze poznane metody badań wyróżniają się pewnymi innowacyjnymi zastosowaniami technik badawczych. Istotą ogólnie pojętego rozwoju w obszarze diagnostyki jest przeniesienie wypracowanych rozwiązań z laboratoriów i politechnik na poligon urządzeń technicznych, by ich użytkownicy mieli pewność, że eksploatacja nie zagraża bezpieczeństwu.

Literatura

- [1] Ustawa Warszawskiego Stowarzyszenia Dla Dozoru Kotłów Parowych i Przepisy...zatwierdzona przez Ministra Handlu i Przemysłu 25.12 (7.01) 1910/1 r.
- [2] Bönisch, KontrollTechnik, Schwarmstedt, Germany, F.H. Dijkstra, J.A. de Raad Röntgen Technische Dienst bv, Rotterdam, The Netherland - Magnetic Flux and SLOFEC Inspection of Thick Walled Components 15 WCNDT, Rzym – publikacja na www.ndt.net
- [3] Tubing inspection using multiple ndt techniques - Fathi E. Al-Qadeeb, 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition – Bahrain.
- [4] Fast corrosion screening technique – Innospection – publikacja na www.innospection.com
- [5] PN-EN 13554:2004 (U) Badania nieniszczące - Emisja akustyczna - Zasady ogólne.