

Tomasz Katkowski\*, Mateusz Bańka  
Urząd Dozoru Technicznego, Oddział w Gdańsku

# Zastosowanie badań nieniszczących w praktyce dozorowej

## Application of non-destructive testing in technical inspection

### ABSTRACT

Non-destructive testing is applied in industry to detect discontinuities in materials and components which are used for the construction of technical equipment, and to determine its level of destruction. NDT testing, on the basis of applicable standards, support technical supervision since they help both to determine the quality of technical equipment and the current safety level of equipment. One should bear in mind that non-destructive testing serves as an improvement of technical inspection and an assistance in evaluating the equipment condition. Non-destructive testing is not, however, capable of replacing technical inspection as such.

The main purpose of this paper is to identify the limitations and difficulties of NDT testing used to assess the technical condition and safety of equipment. The author shall identify the areas in which one can rely solely on the classic inspection based on internal revisions and pressure testing.

This paper provides an overview of the methodologies used to perform device testing by UDT inspectors based on NDT testing methods, to improve the reliability of technical equipment. The notion of usefulness of non-destructive testing will be analyzed depending on the following factors: the type of tested object, constructional, geometrical and material solutions.

**Keywords:** irradiance; NDT

### STRESZCZENIE

Stosowane w przemyśle badania nieniszczące wykorzystuje się do wykrywania nieciągłości w materiałach i elementach konstrukcyjnych, służących do budowy urządzeń technicznych oraz do określania ich stopnia degradacji. Na podstawie obowiązujących norm, badania te pozwalają zidentyfikować poziom jakości powyższych elementów, wspomagając praktykę dozorową w określeniu stanu technicznego eksploatowanych urządzeń oraz ich aktualnego poziomu bezpieczeństwa. Jednakże, o ile badania nieniszczące mogą stanowić efektywne rozszerzenie praktyki dozorowej i pomoc w ocenie stanu urządzeń, nie są jednak w stanie zastąpić praktyki dozorowej.

Celem niniejszego referatu jest identyfikacja ograniczeń oraz trudności w wykorzystywaniu badań NDT do oceny stanu technicznego oraz poziomu bezpieczeństwa urządzeń objętych dozorem technicznym. Zostaną również zdefiniowane te obszary, w których trudno o alternatywę dla klasycznej inspekcji, opartej o rewizje wewnętrzne oraz próby ciśnieniowe.

Niniejszy referat przybliży metodykę wykonywania badań urządzeń przez inspektorów UDT w oparciu o metody badań NDT w celu podniesienia możliwości rzetelnej oceny stanu urządzeń technicznych. Przeanalizowane zostanie pojęcie przydatności badań nieniszczących w zależności od: rodzaju badanego obiektu, rozwiązań konstrukcyjnych, geometrycznych oraz materiałowych.

**Słowa kluczowe:** badania nieniszczące

### 1. Wstęp

Szeroko rozumiana praktyka dozorowa ma na celu zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa urządzeń technicznych pracujących w przemyśle. Wyzwaniem dla inspektora jest globalne spojrzenie na oceniane urządzenie, jego osprzęt i współpracujące elementy (jeżeli urządzenie stanowi część procesu produkcyjnego/przetwórczego), zlokalizowanie miejsc krytycznych oraz dokonanie oceny ich bezpieczeństwa w dalszej eksploatacji. Miejscami krytycznymi są obszary, które podczas eksploatacji są najbardziej narażone na działanie czynników szkodliwych, tj. temperatury, medium roboczego, mechanizmów takich jak drgania, przepływ strumienia czynnika, etc.

Zdolność do postrzegania problemu w ujęciu globalnym uwarunkowana jest posiadaniem przez inspektora szerokiej wiedzy, zarówno w zakresie procesów zachodzących podczas eksploatacji urządzeń, jak również znajomości materiałów zastosowanych do ich budowy. Wiedza ta winna być uzupełniona o znajomość działania osprzętu zabezpieczającego, ciśnieniowego oraz automatyki zabezpieczającej, często wykorzystywanej w urządzeniach objętych dozorem.

Gdy stan urządzenia budzi wątpliwości, co wynikać może m.in. z ograniczonej możliwości oceny wizualnej, inspektor wykorzystuje badania nieniszczące. W tym celu określa on obszary lub elementy urządzenia, które należy poddać szczegółowym badaniom.

### 2. Urządzenia z perspektywy inspektora UDT

Wskazuje się na istnienie dwóch przesłanek, determinujących konieczność odpowiednio otwierania lub odstawiania urządzenia. Pierwsza przesłanka to, najogólniej mówiąc, wymagania przepisów. Drugą przesłankę, kluczową z perspektywy niniejszego referatu, stanowią aspekty techniczne, których właściwa weryfikacja umożliwi wiarygodną ocenę stanu urządzenia oraz w konsekwencji – wydanie decyzji odpowiednio zezwalającej lub wstrzymującej dalszą eksploatację urządzenia [1].

Wskazać można wiele przypadków urządzeń, dla których wystarczającym do dokonania oceny jest otwarcie urządzenia oraz dokonanie wyłącznie jego oceny wizualnej. Przykładem są np. zbiorniki całkowicie wypełnione wodą lub zbiorniki paliwowe.

Jednakże, istnieje w przemyśle również szereg innych, złożonych urządzeń, wymagających od inspektora szczególnego

\*Autor korespondencyjny. E-mail: Tomasz.Katkowski@udt.gov.pl

podejścia do analizy i wsparcia tej analizy metodami badań nieniszczących. Wśród urządzeń tych wskazuje się między innymi kotły, reaktory czy autoklawy przemysłowe, jak również urządzenia, posiadające bardzo ograniczony dostęp, np. zbiorniki z izolacją próżniową.

Coraz większa wiedza o procesach zachodzących w eksploatowanych urządzeniach, jak również zwiększanie się świadomości inspektorów w zakresie mechanizmów degradacji, przyczyniają się do stopniowego zwracania się w kierunku wykorzystywania metod wspomagających, do których zalicza się badania NDT.

Istnieje wiele sytuacji, w których praktyka dozorowa oraz badania nieniszczące mogą się uzupełniać lub zastępować. Przykładem drugiego z wymienionych przypadków są badania zastępcze urządzeń, wykonywane na wniosek eksploatującego, które mają na celu zastąpienie rewizji wewnętrznej lub próby ciśnieniowej, w sposób uzgodniony z UDT [2].

UDT może wyrazić zgodę na wykorzystanie badania zastępczego, jeżeli umożliwi ono faktyczne określenie stanu urządzenia. Na takim rozwiązaniu korzysta wówczas eksploatujący – skraca się czas oraz zmniejszają się koszty związane z przeprowadzeniem czynności inspekcyjnych, przy jednoczesnym zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa. Wynika to przede wszystkim z tego, że badania NDT, w określonych warunkach pracy urządzenia, gdzie czynnikiem najczęściej warunkującym jest temperatura, pozwalają na wykonywanie badań „na ruchu”. Takie rozwiązanie umożliwia ograniczenie kosztów związanych z zatrzymaniem urządzenia i jego ponownym rozruchem. Kluczowym jest brak konieczności skrajnego modyfikowania warunków pracy urządzenia, tj. dużych zmian temperatur, poziomów ciśnienia, etc., co korzystnie wpływa na utrzymanie dobrej kondycji badanego urządzenia.

Niestety, wskazuje się jednocześnie na istnienie szeregu przypadków, w których badania nieniszczące nie są w stanie dostatecznie przyczynić się do ostatecznej decyzji co do dalszej bezpiecznej eksploatacji urządzenia.

### 3. Urządzenia z perspektywy badacza NDT

O ile rolę inspektora jest globalne ujęcie i ocena badanego urządzenia, o tyle rolę badacza ogranicza się do badania wybranych, uprzednio zakwalifikowanych elementów/obszarów.

Zadaniem operatora badań nieniszczących jest przedstawienie rzetelnych wyników badań z obszarów wskazanych przez inspektora UDT. Wyniki te, z perspektywy badacza, przekładają się na: zakwalifikowanie badanego elementu do odpowiedniego poziomu jakości lub podjęcie decyzji, czy dany obiekt spełnia wymagania dla poziomu jakości, podanie wyniku (np. UTT), sprawdzenie obszaru na obecność spodziewanego typu defektu/nieciągłości lub zobrazowanie powierzchni, np. poprzez zobrazowanie typu C (C-SCAN) [3]. Uwaga operatora kierowana jest w wyznaczone, stanowiące priorytet miejsce. Miejsca badania nie zawsze stanowią wąski obszar, taki jak np. złącze spawane. Nowoczesne metody NDT pozwalają na skanowanie dużych powierzchni w krótkim czasie. Dzięki takim rozwiązaniom operator może dostarczyć informacji na temat stanu materiału nawet

na całej powierzchni urządzenia/rurociągu. Możliwe jest również zgrubne skanowanie objętości materiału w celu określenia miejsc, którym należy poświęcić szczególną uwagę. Uzyskane informacje poszerzają wiedzę inspektora na temat stanu urządzenia, co powinno ułatwić podjęcie decyzji dotyczącej dalszej eksploatacji urządzenia.

### 4. Ograniczenia NDT

Punkt wyjścia do analizy ograniczeń NDT stanowi dokonanie podstawowej kategoryzacji tych ograniczeń.

Pierwszą kategorią są ograniczenia ekonomiczne – logistyczne, które nie posiadają bezpośredniego związku z wybraną techniką badania. Do ograniczeń tych zalicza się wszelkie problemy związane z wykonywaniem badania, np. niedostateczne środki sprzętowe czy czasochłonność badania (wynikającą m.in. z konieczności przygotowania powierzchni celem uzyskania rzetelnych rezultatów) oraz występowanie wysokich kosztów wykonania badania przy stosunkowo niskiej wartości samego urządzenia – w rezultacie niejednokrotnie dla użytkownika bardziej opłacalnym okazuje się wymiana urządzenia (i zeżłomowanie starego), zamiast wykonania badania.

Drugą, bardziej rozbudowaną kategorię stanowią ograniczenia konstrukcyjne. Ograniczenia te mogą wynikać m.in.: ze skomplikowanej budowy urządzenia (oraz w konsekwencji brak możliwości dostępu), rodzaju wykorzystanego do budowy urządzenia materiału czy też ze stopnia degradacji urządzenia – tj. pokrycie ścian urządzenia osadami, zendrą. Istotne są również ograniczenia wynikające bezpośrednio z konstrukcji urządzeń. Urządzenia pracujące w nieprzyjaznym środowisku (właściwości chemiczne i fizyczne czynnika roboczego) wymagają niejednokrotnie zastosowania różnego rodzaju powłok (ochronnych, izolacyjnych, lakierniczych, metalowych), co może niekorzystnie wpływać na skuteczność zastosowanych metod badań NDT, a nawet wykluczać możliwość ich wykorzystania. Również wielkość urządzenia może wpływać na niemożność zastosowania badań nieniszczących lub znacząco ograniczyć ich skuteczność.

Stosowane w przemyśle rozwiązania konstrukcyjne, ograniczające możliwości diagnostyczne, zarówno podczas wytwarzania, jak i eksploatacji to m.in. złożona geometria, niestandardowe kształty złączy spawanych oraz materiały do budowy urządzeń o strukturze utrudniającej wykonanie badania.

Stosowanie materiałów austenitycznych ogranicza możliwości stosowania badań ultradźwiękowych. Taki przypadek wymaga zastosowania odpowiednich głowic ultradźwiękowych, różniących się od tych stosowanych przy badaniach materiałów ze stali węglowych.

Urządzenia ze stali węglowych pod względem materiału nie wymagają specjalnych środków do badań. Podstawowe ograniczenia to przede wszystkim warunki badania: geometria obiektu, stan powierzchni, temperatura badanego obiektu. Warto zaznaczyć, że w przypadku badań powierzchniowych stali węglowych, zawsze bardziej korzystnym rozwiązaniem będzie wykonanie badania MT niż PT, ze względu na wyższą czułość badania.

## 5. Przykłady wdrożenia NDT w problematycznych obszarach

### 5.1 Izolacja urządzenia

Stosowanie zewnętrznej izolacji wymusza prowadzenie oględzin powierzchni ścianki od wewnątrz, przy jednoczesnej konieczności uwzględnienia ograniczeń wynikających z konstrukcji urządzenia (występowanie włazu) oraz weryfikacji możliwości odstawienia urządzenia. Ostatni aspekt jest szczególnie ważny w przypadku urządzeń pracujących przy wysokich parametrach (wysoka temperatura i ciśnienie pracy). Każdorazowe obniżenie i ponowne osiągnięcie wysokich parametrów pracy wpływa niekorzystnie na kondycję urządzenia.

Jeżeli konstrukcja urządzenia nie przewiduje możliwości przeprowadzenia badania od wewnątrz, pomocne stają się badania nieniszczące, które pozwalają na ocenę stanu materiału i złączy spawanych po rozizolowaniu całości lub fragmentów izolacji. Podstawowe ograniczenia to ograniczenia sprzętowe, związane najczęściej z temperaturą pracy urządzenia oraz stanem powierzchni badania. Dodatkowo należy mieć na uwadze, że brak możliwości dostępu do wnętrza urządzenia może uniemożliwić zastosowanie RT. Ograniczenia te, jeżeli wystąpią, mogą uniemożliwić zastosowanie NDT.

### 5.2 Występowanie powłok ochronnych

Powłoki ochronne, stosowane wewnątrz, jak i na zewnątrz urządzeń, wymagają oględzin wizualnych bezpośrednich. Zastosowanie badań NDT na powierzchniach pokrytych powłokami ochronnymi jest możliwe – z zaznaczeniem, że czułość badań wykonywanych przez powłokę jest ograniczona i uzależniona od rodzaju oraz grubości powłoki. Badania nieniszczące umożliwiają kontrolę przylegania warstw (cladding) do materiału podstawowego – jednak jest to stosunkowo trudne badanie.

### 5.3 Kształty złączy

Złącza doczołowe w większości przypadków nie stwarzają problemów podczas diagnostyki. W szczególnych przypadkach (połączenia różnoimienne lub połączenia materiałów o różnej grubości) wymagają wiedzy umożliwiającej prawidłowy dobór badań oraz ich techniki.

W większości przypadków złącza teowe mocno ograniczają możliwości stosowania badań objętościowych. Badania ultradźwiękowe mogą być wykonane w pojedynczych przypadkach (przy odpowiedniej wielkości elementu). W przypadku badań RT nie zawsze istnieje fizyczna możliwość ich zastosowania (przyłożenie błony po wewnętrznej stronie ścianki), a niewygodny kształt badanego złącza może spowodować, że badanie stanie się nieopłacalne i dostarczy wyniki trudne w interpretacji.

Wykonanie badań NDT, które nie da miarodajnych wyników to z perspektywy eksploatującego nieefektywne wykorzystanie środków finansowych. Powszechnym zjawiskiem jest wykonywanie dużej ilości badań o niskiej efektywności, wynikającej z pomijania wcześniejszej analizy mechanizmów występujących w badanych obiektach. Przykład stanowią pomiary grubości: pomiar małej ilości punktów w stosunku do całkowitej powierzchni badanego obiektu stwarza ryzyko uzyskania błędnej oceny końcowej obiektu. W konsekwencji badający koncentruje się wyłącznie na wyniku w ujęciu ilościowym, a nie jakościowym. Pozytywnym wynikiem współpracy inspekcji z badaniami NDT jest system stałego monitoringu w postaci cyklicznie wykonywanych pomiarów i badań w konkretnych, uznanych za reprezentatywne lokalizacjach.

## 6. Podsumowanie

Dzisiejszy przemysł stwarza zapotrzebowanie na metody przesiewowe, które pozwolą na ocenę stanu technicznego urządzenia, przy jednoczesnym spełnieniu dwóch warunków:

- zapewnienia prawidłowego przebiegu procesów (jak najradsze odstawianie urządzeń),
- zachowania wymaganego poziomu bezpieczeństwa poprzez zastosowanie badań o wysokiej efektywności.

W niniejszym artykule podjęto się obrony tezy, zgodnie z którą nie jest możliwe całkowite zastąpienie praktyki dozorowej badaniami NDT – badania te mogą jednak stanowić jej uzupełnienie.

W środowisku inspektorów UDT zaczyna funkcjonować nowe podejście, zgodnie z którym posiadanie wiedzy z zakresu NDT stwarza możliwość uzupełniania badań w celu pogłębienia stopnia analizy stanu technicznego urządzenia. Kierunek rozszerzenia diagnostyki nie ogranicza się jednak wyłącznie do badań NDT, należy wziąć również pod uwagę badania materiałowe, tj. repliki – zaliczane do metod wizualnych oraz klasyfikowane jako badania pośrednie między NDT a DT, badanie twardości HT. Wspomniane w pracy techniki badań nie zastąpią inspektora, kluczowym jest jednak umiejętne wykorzystanie narzędzia, jakim są badania nieniszczące, w rękach tych inspektorów, którzy wybierają globalne podejście w ocenie urządzenia.

## 7. Literatura/References

- [1] Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym, (Dz. U. z 2000 r. Nr 122, poz. 1321)
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego w zakresie eksploatacji niektórych urządzeń ciśnieniowych, Rozdział 1 - 2, (Dz. U. z 2003 r. Nr 135, poz. 1269)
- [3] "C-Scan Mapping | Olympus IMS", Olympus-ims.com, 2017. [Online]. Available: <http://www.olympus-ims.com/pl/ndt-tutorials/instrumentation/cscan>. [Accessed: 09- Oct- 2017]