

Krzysztof Kaleta, Marek Polak, Mariusz Lepiarz  
Zakład Działalności Innowacyjnej INNOVATOR Sp. z o.o. Gliwice

Jacek Górski  
PCB Service Sp. z o.o. Pszczółki

## Ostony przed promieniowaniem jonizującym oraz przykłady metod i urządzeń stosowanych podczas badań nieniszczących w sektorze energetycznym

### Shielding against ionizing radiation and examples of methods and devices used during non-destructive testing (NDT) in the energy sector

Promieniowanie jonizujące wykorzystywane w nieniszczących badaniach materiałowych stanowi istotny czynnik ryzyka dla personelu oraz środowiska pracy. Z tego powodu stosowanie odpowiednich osłon ochronnych jest kluczowe przede wszystkim dla spełnienia wymagań bezpieczeństwa radiologicznego, jak również w konsekwencji dla zapewnienia bezawaryjnego funkcjonowania istotnych instalacji energetycznych. W artykule przedstawiono rodzaje osłon stosowanych podczas badań z użyciem promieniowania rentgenowskiego oraz izotopów promieniotwórczych, omówiono materiały ochronne ze szczególnym uwzględnieniem ołowiu i betonu oraz zaprezentowano techniczne rozwiązania konstrukcyjne wykorzystywane w sektorze energetycznym. Artykuł stanowi przegląd aktualnych praktyk inżynierskich oraz wskazuje czynniki, które należy uwzględnić podczas projektowania i eksploatacji osłon radiologicznych. Zaprezentowano też przegląd innych metod i urządzeń, które wykorzystywane są do badań nieniszczących (NDT) w sektorze energetycznym.

**Słowa kluczowe:** osłony ochronne przed promieniowaniem jonizującym, metody i urządzenia wykorzystywane do badań nieniszczących w energetyce

Ionizing radiation used in non-destructive testing (NDT) represents a significant risk factor for personnel and the working environment. Therefore, the use of adequate radiation shielding is essential to ensure radiological safety requirements and, consequently, to ensure the failure-free operation of important energy installations. This article presents various types of protective shields used in tests involving X-ray radiation and radioactive isotopes, discusses shielding materials with particular emphasis on lead and concrete but also presents technical design solutions used in the energy sector. The article provides an overview of current engineering practices and identifies factors that should be considered when designing and operating radiation shields. An overview of other methods and devices used for non-destructive testing in the energy sector was also presented.

**Keywords:** shielding against ionizing radiation, methods and devices used for non-destructive testing in the energy sector

#### Wstęp

Badania nieniszczące (NDT) odgrywają kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa oraz niezawodności funkcjonowania i eksploatacji każdego rodzaju infrastruktury energetycznej. W sektorze energetycznym metody radiograficzne stosowane są m.in. do diagnostyki i wykrywania wad materiałowych turbin i ich elementów, takich jak łopatkki, tarcze czy wirniki generatorów. Poza tym metody te wykorzystywane są do diagnozowania rurociągów parowych i wodnych, zbiorników ciśnieniowych i wymienników ciepła, odlewów i elementów armatury, konstrukcji kotłów energetycznych, połączeń spawanych stosowanych w tych instalacjach oraz innych komponentów krytycznych, tak na etapie ich produkcji, jak i podczas okresowych kontroli. W energetyce jądrowej są to elementy związane z układami paliwowymi, kosze paliwowe, obudowy prętów, jak również zbiorniki reaktorów.

Wiele badań wykonuje się w specjalnych laboratoriach z pełną ochroną radiacyjną z uwagi na:

- grube przekroje badanych elementów (50-300 mm),
- wysokie napięcia (300-450 kV, Co-60),
- wymagane ze względów technicznych i BHP bunkry radiacyjne,
- precyzyjne pozycjonowanie.

Jedną z najważniejszych metod NDT stosowanych w energetyce jest radiografia przemysłowa wykorzystująca promieniowanie jonizujące, czyli promieniowanie rentgenowskie (RTG) oraz promieniowanie gamma emitowane przez izotopy promieniotwórcze. Choć technika ta cechuje się dużą czułością i dokładnością, to jednocześnie wymaga zachowania rygorystycznych zasad ochrony radiologicznej osób nią się posługujących, gdyż promieniowanie jonizujące jest wysoce kancerogenne,

może prowadzić do uszkodzenia DNA oraz do zespołu popromiennego ze skutkami ostrymi i przewlekłymi.

Odpowiednio zaprojektowane i wykonane osłony radiacyjne pozwalają ograniczyć niekontrolowaną ekspozycję personelu na promieniowanie, spełnić normy prawne oraz zapewnić właściwe warunki prowadzenia badań zarówno w terenie, jak i w warunkach laboratoryjnych.

## Źródła promieniowania jonizującego

Radiografia przemysłowa wykorzystuje głównie lampy RTG oraz izotopy promieniotwórcze.

W radiografii przemysłowej wykorzystującej lampy RTG promieniowanie rentgenowskie generowane jest przez lampy o zróżnicowanej mocy i napięciu, dobierane w zależności od rodzaju i grubości badanego materiału oraz wymagań jakościowych.

Stosowane są m.in.:

- **lampy niskonapięciowe 50-200 kV** – do badań cienkościennych elementów stalowych i aluminium,
- **lampy średnionapięciowe 200-300 kV** – obszerna grupa mająca zastosowanie w energetyce,
- **lampy wysokonapięciowe 300-450 kV** – stosowane do grubszych konstrukcji i odlewów,
- **specjalistyczne lampy przenośne** z głowicą ekranowaną, przystosowane do pracy w terenie.

Ponieważ nasza firma, INNOVATOR, w przypadku branży energetycznej ma najczęściej do czynienia z lampami średnio- i wysokonapięciowymi, zatem też projektowane przez nas osłony dostosowane są do ochrony przed promieniowaniem RTG pochodzącym ze sprzętu o takich właśnie parametrach.

W radiografii przemysłowej stosującej izotopy promieniotwórcze najczęściej stosowanymi źródłami są:

- Iryd **Ir-192** – źródło dominujące w badaniach rurociągów i spoin,
- Selen **Se-75** – izotop stosowany do cieńszych materiałów,
- Kobalt **Co-60** – izotop używany w badaniach bardzo grubych elementów,
- Cez **Cs-60** – izotop wykorzystywany do kontroli spoin, odlewów i konstrukcji jako alternatywa dla bardziej energetycznego Co-60.

## Osłony stosowane w sektorze energetycznym

Osłony wykorzystywane przy promieniowaniu RTG muszą być skuteczne i odporne na silny strumień fotonów. Istnieje cała gama materiałów, które spełniają te warunki, jednak w warunkach przemysłowych, gdzie kontrolowane są najczęściej elementy o znacznych gabarytach, osłony muszą być stosowane na ścianach tych pomieszczeń i na ich stropach, jak również na bramach i drzwiach prowadzących do wnętrza przestrzeni laboratoryjnej. Zatem w związku z dużymi powierzchniami, którym należy zapewnić wymagany stopień tłumienia promieniowania, istotnym czynnikiem staje się aspekt ekonomiczny.

Nasze projekty bazują więc głównie na materiałach, które są odpowiednio skuteczne, dostępne, łatwo obrabialne lub kształtowane oraz uzasadnione ekonomicznie. Materiałem spełniającym te kryteria jest otów, jak również wykorzystywane przez nas beton i żelbet. Realizowane przez INNOVATOR projekty nie są rozwiązaniami powtarzalnymi i standardowymi, ponieważ każdorazowo dostosowujemy się do indywidualnych potrzeb klienta, rodzaju i mocy instalowanych źródeł promieniowania oraz możliwości technicznych wykonania niezbędnych osłon w danym miejscu.

Pierwszym krokiem do zaprojektowania odpowiednich osłon jest znajomość charakterystyki źródła promieniowania, czasowego rozkładu jego pracy, kierunków docelowej emancji oraz informacji o możliwości przebywania w jego pobliżu ludzi – oczywiście już poza ochronną osłoną antyradiacyjną. Niezbędne są również dane o tym, w jakim cyklu te osoby mogą przebywać w pobliżu pracującego źródła, to znaczy czy ich stanowiska pracy sąsiadują z laboratorium badawczym, czy też te osoby pojawiają się tam sporadycznie, np. poruszając się pobliskim ciągiem komunikacyjnym. Tutaj niezbędne są bardzo precyzyjne dane, gdyż wtedy, w kolejnym kroku, na podstawie dopuszczalnej ekspozycji i skompletowanych danych dotyczących źródła promieniowania, możliwe jest sporządzenie obliczeń parametrów osłon radiologicznych, spełniających wszelkie wymagania w rozpatrywanym, indywidualnym przypadku.

Następnym etapem przygotowania optymalnego rozwiązania jest uwzględnienie warunków brzegowych narzucanych przez klienta, takich jak wymiary i grubości ścian komory laboratorium, wymiary bram i drzwi tam prowadzących, nośność podłoża i ścian, minimalne wymiary wewnętrzne laboratorium po zastosowaniu osłon oraz szereg innych wymagań technicznych związanych np. z osprzętem czy doprowadzeniem mediów z zachowaniem wymaganej szczelności radiologicznej. Spełnić tu należy również szczególne wymagania dotyczące usytuowania wejść do komór badawczych z uwzględnieniem zarówno pełnego bezpieczeństwa pracowników, jak i optymalizacji oraz wygody ich przemieszczania się w celu obsługi sprzętu badawczego.

Na tym etapie kluczowym czynnikiem staje się doświadczenie naszej kadry, pozwalające na znalezienie takich rozwiązań, które będą nie tylko spełniały rygorystyczne wymagania dotyczące ochrony radiologicznej, ale również będą optymalne ze względów ekonomicznych, technicznych i prakseologicznych. Ponieważ, jak wspomniano, wykorzystujemy jako materiał osłonowy głównie otów oraz beton i żelbet, zatem znając parametry tłumienne tych materiałów optymalizujemy docelowe przekroje ścian czy osłon, dobierając najkorzystniejszy stosunek grubości poszczególnych ich warstw, tak aby zminimalizować koszty albo też uzyskać zakładany wymiar. W skrajnych przypadkach przegrody osłonowe konstruowane są wyłącznie z jednego materiału, czyli z otowiu lub z betonu.

W praktyce nasi klienci oczekują zróżnicowanego zakresu projektów: począwszy od kompletnych wielkogabarytowych komór badawczych z pełnym wyposażeniem i infrastrukturą, po rozwiązania częściowe, jak na przykład tylko bramy czy drzwi chroniące przed promieniowaniem jonizującym. INNOVATOR wychodząc naprzeciw tym potrzebom dostarcza swoim klientom gotowe realizacje dostosowane do zgłoszonych potrzeb.

Swoistym uzupełnieniem tematycznych przegród chroniących przed promieniowaniem są magazyny służące do przechowywania izotopów promieniotwórczych. Magazyny te co prawda nie są wykorzystywane w momencie przeprowadzania badań, ale ponieważ najczęściej znajdują się w komorze pomiarowej, w której przeprowadzane są testy analizowanych elementów, zatem przy ich konstrukcji wymagają wykonania stosownych obliczeń i zbudowania adekwatnych osłon.

Najczęściej magazyny takie projektowane są w postaci umieszczonej pod posadzką krypty, która przykryta jest odsuwaną lub unoszoną pokrywą. Ponieważ izotopy emitują promieniowanie gamma o wysokiej przenikliwości, wymagane jest stosowanie osłon o większej grubości albo gęstości. Wiąże się to w konsekwencji z koniecznością zaprojektowania odpowiednich systemów służących do odsuwania lub unoszenia takiej pokrywy. Dla zobrazowania wymagań technicznych, jakie należy tu rozwiązać, wskazać można, że w przykładowej pokrywie o powierzchni 1 m<sup>2</sup> samo wypełnienie ołowiem o grubości 70 mm waży 800 kg. INNOVATOR posiada rozwiązania pozwalające na wykonanie takich pokryw wraz z mechanizmami do ich odsuwania i zabezpieczenia przed odsunięciem przez niepowołane osoby.

## Formy elementów stanowiących osłonę przed promieniowaniem jonizującym

Podstawowymi materiałami ochronnym wykorzystywanymi przez naszą firmę ze względu na wysoką skuteczność pochłaniania promieniowania RTG i gamma, jak również stosunkowo niską cenę, jest wspomniany już ołów oraz beton i żelbet. Materiały te przygotowane muszą być w takiej formie, która pozwoli na skonstruowanie osłon spełniających założenia ochrony radiologicznej oraz projektu wykonawczego.

Materiał ochronny stosujemy najczęściej w postaci:

- **folii ołowianej** – do osłon stosowanych w przypadku wykorzystywania źródeł o niewielkiej mocy albo do tworzenia osłon posiadających załamania powierzchni, przy czym dla osiągnięcia wymaganego stopnia ekranowania stosować można multiplikację warstw;
- **blach ołowianych** – wykorzystywanych w drzwiach, bramach, na ścianach i na stropach;
- **płyt ołowianych o różnych grubościach i wymiarach** – używanych do osłony ścian komór, do wypełniania bram i drzwi ochronnych; w niektórych przypadkach stosujemy stop ołowiu z bizmutem, co pozwala na osiągnięcie większej twardości tych płyt i tym samym poprawia ich właściwości konstrukcyjne, jak również zwiększa ich odporność na korozję;
- **ołowiu walcowanego** – wykorzystywanego najczęściej jako elementy specjalne, uzupełniające czy uszczelniające;
- **waty ołowianej** – używanej głównie do dodatkowych uszczelnień wokół przewodów i rurociągów przechodzących przez osłony przeciwpromienne;
- **odlewów ołowianych** – stosowanych w formie systemowych bloczków do konstruowania dodatkowych ścian osłonowych;
- **paneli ołowianych** – stosowanych w połączeniu z płytami wykończeniowymi jako elementy jednocześnie ochronne i wykończeniowe ścian wewnętrznych komór i pomieszczeń laboratoryjnych;

- **bloczków betonowych** – podobnie jak w przypadku ołowiu lanego przygotowywane są bloczki systemowe umożliwiające budowę uzupełniających ścian osłonowych; w celu zwiększenia zdolności do pochłaniania promieniowania jonizującego stosuje się również beton z dodatkiem barytu;
- **betonu** – wykorzystywany jest jako materiał zastępujący ołów, przy przyjęciu odpowiedniego przelicznika grubości docelowej osłony, pozwalającej na osiągnięcie potrzebnej tłumienności; współczynnik ten zależy od gatunku betonu oraz ewentualnych domieszek, jak np. barytu;
- **żelbetu** – podobnie jak w przypadku betonu stosuje się odpowiednie przeliczniki, jednakże żelbet stanowi zwykle zarazem element konstrukcji nośnej ścian czy stropów wobec czego często może być sam w sobie wystarczającą osłoną antyradiacyjną, co z kolei pozwala na rezygnację z dodatkowej warstwy ochronnej z ołowiu; tego typu rozwiązania najczęściej stosowane są w obiektach projektowanych i budowanych od początku, gdyż na tym etapie możliwe jest uwzględnienie potrzebnych wymiarów pomieszczeń laboratoryjnych przy jednoczesnym zastosowaniu ścian i stropów żelbetowych o wymaganych właściwościach tłumiących promieniowanie jonizujące; poza tym w nowo konstruowanych obiektach możliwe jest ukształtowanie żelbetowych elementów infrastruktury, jak przejścia, korytarze czy pomieszczenia sterowni, ciągle zachowując wymagany stopień ochrony przed promieniowaniem.

## Rozwiązania techniczne

### Komory do badań

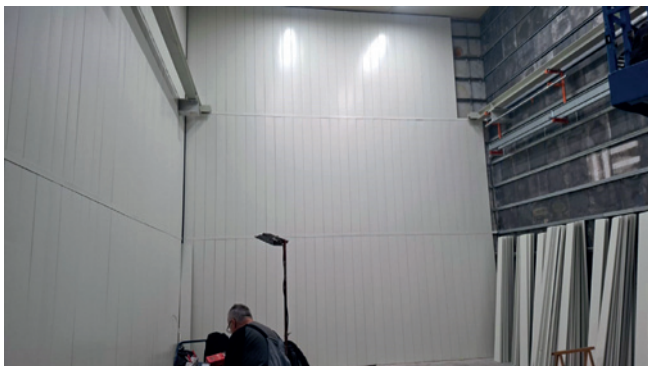
Stale komory radiograficzne budowane są jako konstrukcje żelbetowe, murowane lub stalowe najczęściej z uzupełniającą osłoną antyradiacyjną. Zwykle są to obiekty wielkogabarytowe, w których możliwe jest badanie elementów o szerokim spektrum wymiarów, od stosunkowo niewielkich aż do maksymalnie wypełniających przestrzeń, w której może operować lampa RTG.

Innym rodzajem pomieszczeń laboratoryjnych do badań radiograficznych są kabiny mobilne do badań terenowych. Komory te wyposażane są w:

- manipulatory pozwalające na operowanie lampą RTG w jej pełnej przestrzeni roboczej,
- systemy sygnalizacji i blokad bezpieczeństwa,
- systemy zdalnego sterowania aparaturą RTG i ekspozycją,
- systemy monitoringu video,
- oświetlenie robocze i awaryjne,
- monitoring dozymetryczny,
- systemy wentylacji, klimatyzacji i ogrzewania.

Jeżeli projekt przewiduje pokrycie ścian komory laboratoryjnej ochronną warstwą ołowiu, istotnym zagadnieniem staje się taki sposób mocowania tych osłon, aby zapewnić pełną szczelność radiologiczną osłanianego obszaru. Niedopuszczalne jest wykonywanie otworów w ołowianych osłonach, nawet jeśli miałyby przez nie przechodzić stalowe kotwy, gdyż pojawiłaby się w ten sposób powierzchnia z wielopunktowymi osłabieniami wymaganej szczelności radiacyjnej.

INNOVATOR dysponuje rozwiązaniami pozwalającymi na mocowanie wielotonowych osłon ołowianych bez osłabiania ich zdolności osłonowej. Co więcej, do tak zabudowanej ściany możliwe jest zamocowanie kolejnej warstwy, np. z płyt stalowych lub z innego tworzywa, również bez naruszania ciągłości ołowianej warstwy ochronnej.



Rys. 1. Prace montażowe elementów ołowianych i wykończeniowych w bunkrze antyradiacyjnym

### Osłony ruchome – bramy i drzwi

Pomieszczenia laboratoryjne, zwłaszcza te o większych gabarytach, muszą być wyposażone w bramy pozwalające na wprowadzenie do ich wnętrza badanych elementów. Podczas pracy znajdujących się tam źródeł promieniowania jonizującego, otwory wjazdowe zabezpieczane są odpowiednio skonstruowanymi bramami, pozwalającymi zarówno na osiągnięcie wymaganego stopnia ochrony i szczelności radiologicznej, jak i na sprawne operowanie tymi przestonami. Konieczne jest również zapewnienie dostępu do wnętrza pomieszczeń pomiarowych dla personelu przeprowadzającego badania radiograficzne, również w sytuacji, gdy brama wjazdowa jest zamknięta. Temu celowi służą drzwi o odpowiedniej konstrukcji i wymaganych parametrach ochronnych.

Poniżej zestawiono najczęściej stosowane rozwiązania wspomnianych przegród.

**Bramy przesuwne z wypełnieniem ochronnym.** Bramy przesuwne, jednoelementowe, stosowane są zwykle w dużych halach pomiarowych, gdzie odsunięte skrzydło nie koliduje z ciągami komunikacyjnymi ani z przestrzeniami roboczymi. W celu osiągnięcia wymaganego stopnia ochrony radiologicznej najczęściej jako wypełnienie wykorzystuje się odpowiednio dobrane i zamontowane płyty ołowiane. W niektórych przypadkach można też poprzestać wyłącznie na konstrukcji z betonu lub żelbetu, lecz taka brama ma znacznie większą grubość i ciężar. Możliwość przesuwania takiej bramy uzyskujemy poprzez umieszczenie jej na szynach jezdnych lub stosujemy system podwieszany. Ze względu na znaczny ciężar takich bram, do ich przesuwania stosujemy napęd elektryczny z ewentualnością awaryjnego ręcznego uruchomienia przekładni i przesunięcia skrzydła. Dla bezpieczeństwa bramy te wyposażamy w mechanizmy automatycznej blokady, czujniki, system sygnalizacji oraz zabezpieczenia uniemożliwiające uruchomienie źródła promieniowania przy otwartej lub niedomkniętej bramie.

**Bramy rozsuwane z wypełnieniem ochronnym.** Bramy rozsuwane stosowane są, gdy brakuje miejsca na ruch pojedynczej, dużej bramy. Segmentowa konstrukcja pozwala także

uzyskać szerokie światło otworu. Zasady konstrukcji, zachowania wymaganego stopnia ochrony i szczelności radiologicznej, jak również napęd i zabezpieczenia są analogiczne jak w przypadku bram przesuwnych.



Rys. 2. Brama rozsuwana z wypełnieniem ołowianym w czasie montażu

**Drzwi przesuwne z wypełnieniem z ołowiu.** Drzwi przesuwne stosowane są w laboratoriach i miejscach o ograniczonej przestrzeni. Jako wypełnienie ochronne używamy głównie ołowiu. Wymagają precyzyjnych prowadnic i uszczelnień gwarantujących szczelność radiologiczną, gdyż sąsiadują one najczęściej z pomieszczeniami, w których mogą przebywać ludzie. Do przesuwania tych drzwi stosujemy napęd elektryczny oraz awaryjny ręczny. Drzwi takie posiadają zabezpieczenia podobne jak bramy.



Rys. 3. Drzwi oraz brama przesuwna z wypełnieniem ołowianym

**Drzwi rozwieralne z wypełnieniem ołowiu.** Drzwi tego typu stosowane są w mniejszych komorach i pracowniach. Tutaj również jako wypełnienie ochronne używamy ołowiu. W związku z tym drzwi takie mogą osiągać znaczne masy, dlatego też wymagają solidnych zawiasów i ram wykonanych z odpowiednio dobranych profili stalowych. W przypadku takich drzwi także stosujemy wszelkie wspomniane wyżej zabezpieczenia. Również otwieranie i zamykanie drzwi tego typu odbywa się

z pomocą napędu elektrycznego, jak poprzednio, z możliwością ręcznego awaryjnego otwarcia. Oczywiście istnieją drzwi rozwieralne z ochronną warstwą ołowiu otwierane klasycznie, bez napędu mechanicznego, ale stosowane są one w pracowniach, gdzie używane są źródła promieniowania o niewielkich mocach i bardzo krótkich czasach ekspozycji, np. w zastosowaniach medycznych, natomiast w naszym przypadku rozważamy zastosowanie osłon w sektorze energetycznym, gdzie wykorzystywane są źródła o dużej mocy, w związku z czym i drzwi są wielokrotnie cięższe.



Rys. 4. Specjalistyczna osłona antyradiacyjna zabezpieczająca miejsce magazynowania izotopów

## Przykłady metod i urządzeń stosowanych podczas badań NDT

### Metoda radiograficzna

Wśród nieniszczących metod badawczych szczególną pozycję zajmuje wspomniana już w artykule metoda radiograficzna, polegająca na prześwietlaniu analizowanych obiektów promieniami rentgena lub gamma. Jest to metoda, która umożliwia badanie obiektu w całej jego objętości.

Badania rentgenowskie prowadzone są zarówno stacjonarnie w laboratoriach i w bunkrach lub też w terenie, za pomocą mobilnych systemów RTG. Badania w kabinach i bunkrach obejmują kontrolę jakości komponentów przede wszystkim w fazie produkcyjnej, jeszcze przed ich montażem. Natomiast systemy przenośne stosowane są najczęściej w fazie eksploatacyjnej urządzeń, podczas ich okresowych kontroli i prac serwisowych. Istotne zastosowanie znajdują tutaj urządzenia umożliwiające prowadzenie badań radiograficznych w czasie rzeczywistym (Real Time Radiography). Tego rodzaju systemy umożliwiają badanie m.in. korozji pod izolacją (CUI – Corrosion Under Insulation). Wyniki uzyskiwane w czasie rzeczywistym pozwalają na natychmiastową ocenę stanu technicznego instalacji i tym samym na podejmowanie właściwych decyzji już w momencie przeprowadzania badań. Przykładowym urządzeniem przenośnym może być system rentgenowski Teledyne ICM służący m.in. do badań rentgenowskich spoin na rurociągach.

Stosowanie metod radiograficznych wymaga stosowania osłon antyradiacyjnych adekwatnych do wykorzystywanego źródła promieniowania, jego mocy i sposobu użytkowania, co już zostało omówione powyżej.

Dla dopełnienia obrazu badań nieniszczących należy wspomnieć również o innych metodach, które mają zastosowanie w sektorze energetycznym. Metody te pokrótce zostały zaprezentowane w dalszej części artykułu.



Rys. 5. Przenośny system rentgenowski Teledyne ICM. Badanie rentgenowskie spoiny na rurociągu

### Metoda ultradźwiękowa

Kolejną najczęściej stosowaną metodą inspekcji infrastruktury energetycznej, zarówno w procesie produkcji, jak i eksploatacji, jest metoda ultradźwiękowa. Badania ultradźwiękowe, podobnie jak badania rentgenowskie, umożliwiają badanie całej objętości badanego obiektu. Dlatego też metodę ultradźwiękową stosuje się m.in. przy monitorowaniu grubości ścianek, czyli wpływu korozji na badane elementy. Szczególnie ważne jest to w trakcie eksploatacji rur, zaworów czy zbiorników. Grubościomierze ultradźwiękowe z odpowiednią wysokotemperaturową głowicą umożliwiają badanie nawet gorących elementów w ich standardowych warunkach pracy.

Oprócz kontroli wpływu korozji na infrastrukturę energetyczną, badania ultradźwiękowe wykorzystywane są również do badań spoin, pojawiających się delaminacji materiału (np. łopat elektrowni wiatrowych) oraz innych wad materiałowych. Przykładem ultradźwiękowego urządzenia do badania np. grubości ścianki rurociągu może być grubościomierz CYGNUS 1 EX.

### Metoda magnetyczno-proszkowa (MT)

Do sprawdzania wad i nieciągłości powierzchniowych (występujących do głębokości ok. 2-3 mm) elementów ferromagnetycznych stosowana jest metoda magnetyczno-proszkowa (MT). Po naniesieniu na powierzchnię namagnesowanego elementu drobnego proszku lub zawiesiny ferromagnetycznej, w pobliżu wad materiałowych występują tzw. pola rozproszenia, tworząc widoczne wzory wskazujące wady i ułatwiające wizualną ocenę stanu powierzchni. W tej metodzie istotnym czynnikiem są środki chemiczne, które muszą spełniać nie tylko

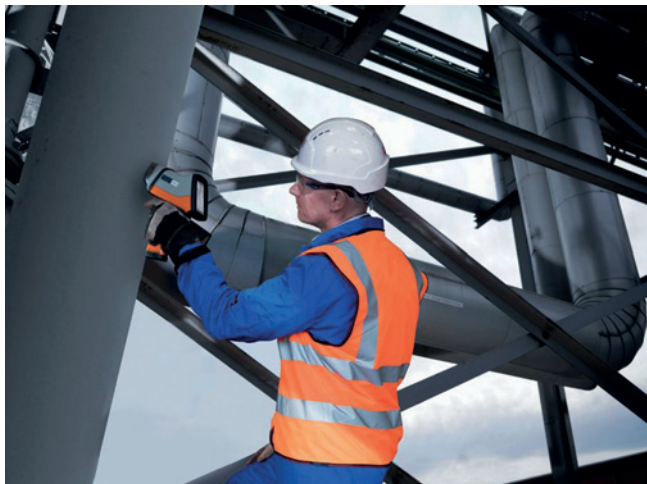
wymagania jakościowe, ale i określone wymogi bezpieczeństwa, m.in. biodegradowalności. Przykładem takich środków może być gama wyrobów FLUXO.

### Metoda wideoendoskopowa

W zakresie badań wizualnych infrastruktury energetycznej szczególne miejsce zajmują wideoendoskopy. Pozwalają one na wizualne badanie miejsc trudno dostępnych, jak np. łopat wiatraków.

### Metoda XRF (X-Ray Fluorescence)

Wśród metod badań nieniszczących, które są szeroko stosowane w każdej gałęzi energetyki, możemy również wymienić badanie składu chemicznego metodą XRF (X-Ray Fluorescence). Metoda ta umożliwia szybką identyfikację gatunku stali oraz identyfikację zawartych w niej pierwiastków. Jako przykład urządzenia służącego do badania składu chemicznego elementów stalowych proponujemy spektrometr fluorescencji rentgenowskiej XRF – XMET-8000 firmy HITACHI.



Rys. 6. Badanie składu chemicznego spektrometrem fluorescencji rentgenowskiej XRF – XMET-8000 firmy HITACHI

## Przykłady realizacji

Firma INNOVATOR, projektując i dostarczając opisywane w niniejszym artykule osłony antyradiacyjne jak i komory oraz ciężkie bunkry do przeprowadzania badań radiograficznych, ściśle współpracuje z firmą PCB Service Sp. z o.o. Pszczółki, która jest kompleksowym dostawcą materiałów i urządzeń NDT, posiadającą swoje laboratorium, gdzie prowadzone są badania radiograficzne oraz badania składu chemicznego próbek wraz z realizacją serwisu.

Współpracujemy zarówno z dużymi działami kontroli jakości jak również z małymi laboratoriami. Zaufali nam m.in: Adamietz S.A., Elektrownia Opole, Polska Grupa Zbrojeniowa S.A., PKN ORLEN S.A., Gaz-System, GE Power, Ethosenergy Poland SA, Zakłady Remontowe Energetyki, REMAK – Energomontaż, Fabryka Kociołków SEFAKO, PGO S.A. Odlewnia Żeliwa Oddział w Śremie, ENERGOP Sp. z o.o. oraz wiele innych.

Pełną informację o ofertach naszych firm znaleźć można na stronach internetowych: [www.innovator.com.pl](http://www.innovator.com.pl) oraz [www.pcb.com.pl](http://www.pcb.com.pl)

## Podsumowanie i wnioski

W artykule zostały zaprezentowane pokrótce sposoby doboru i realizacji optymalnych rozwiązań służących ochronie przed promieniowaniem jonizującym podczas badań radiograficznych w sektorze energetycznym. Stosowanie właściwych osłon podczas badań radiograficznych jest kluczowe dla bezpieczeństwa pracowników, środowiska pracy i jakości diagnostyki materiałowej. Odpowiedni dobór materiałów, konstrukcji osłon oraz technik ochrony pozwala ograniczyć ekspozycję na promieniowanie do poziomu akceptowalnego, zgodnego z przepisami prawa oraz z najlepszymi praktykami branżowymi. Jest to dziedzina, w której firma INNOVATOR ze swoim doświadczeniem i możliwością zastosowania szerokiej gamy sprawdzonych realizacji może zaproponować sektorowi energetycznemu dobór najbardziej optymalnych rozwiązań.

Artykuł uzupełniono o prezentację pozostałych, innych niż radiograficzne, metod do badań NDT oraz adekwatnych urządzeń.

innovator

[www.innovator.com.pl](http://www.innovator.com.pl)

Zakład Działalności Innowacyjnej INNOVATOR Sp. z o.o.

ul. Sowińskiego 5, 44-101 GLIWICE

tel. +48 32 238 02 45, e-mail: [info@innovator.com.pl](mailto:info@innovator.com.pl)