

mgr inż. Tomasz Buczek
Centrum Rzeczoznawstwa Budowlanego

METODY POMIARÓW GRUBOŚCI BLACH STALOWYCH ZBIORNIKÓW W PROCESIE OCENY STANU BEZPIECZEŃSTWA UŻYTKOWANIA

Streszczenie

Przedmiotem referatu są pomiary grubości elementów stalowych na obiektach dostępnych jednostronnie, gdzie wykorzystywane są grubościomierze ultradźwiękowe. W referacie opisano również działanie dostępnych na rynku grubościomierzy i ich efektywność.

Słowa kluczowe: grubościomierz ultradźwiękowy, blacha stalowa

Methods of measurement thickness sheet steel tanks in the process of assessments of safety of use

Abstract

The paper describes the measurement of the thickness of the steel elements of the items available on one side, which are used in ultrasonic thickness gauges. The paper also describes the action of commercially available gages and their effectiveness.

Keywords: ultrasonic thickness gauge, steel sheet

1. WPROWADZENIE

Grubościomierz ultradźwiękowy zegarowy lub elektroniczny to przyrząd pomiarowy służący do nieniszczącego badania grubości materiałów za pomocą fal ultradźwiękowych.

Pierwszy na świecie grubościomierz ultradźwiękowy (pierwotnie ze wskaźnikiem zegarowym) został opracowany, skonstruowany i wyprodukowany w Polsce, w roku 1967, przez zespół technologów z Urzędu Dozoru Technicznego w Katowicach pod kierownictwem mgr inż. Wenera Sobka. Niedługo potem – na podstawie informacji technicznych uzyskanych z Polski, grubościomierz ultradźwiękowy został wyprodukowany przez niemiecką firmę Krautkramer, która upowszechniła ten polski wynalazek na światowych rynkach.

Pomiary grubości elementów stalowych na obiektach dostępnych jednostronnie są wykonywane głównie ze względu dokonania oceny technicznej określającej ich przydatność do dalszej eksploatacji i bezpieczeństwa użytkowania danego obiektu. Obiekty takie to przede wszystkim konstrukcje powłokowe takie jak zbiorniki, zasobniki, kominy, silosy, leje zsypanowe, rury itp. Dla tego typu elementów kontrola grubości stalowej ścianki badanego elementu, gdzie możliwy jest dostęp tylko od jednej strony wykorzystywane są grubościomierze ultradźwiękowe. Pomiary tego typu urządzeniami należą do szybkich i nieniszczących metod pomiaru. Grubościomierz w większości przypadków składa się z głowicy i elektronicznego układu pomiarowego zasilanego z akumulatorów. Działa on na zasadzie wprowadzenia do mierzonego materiału fal ultradźwiękowych, po odbiciu się od jego dna wraca do głowicy. Pomierzony czas, który upłynie od momentu wysłania impulsu do powrotu echa jest proporcjonalny do grubości badanego elementu. Urządzenie tego typu otrzymany sygnał wejściowy i wyjściowy z głowicy przetwarza przez układ mikroprocesorowy i po obróbce matematycznej daje konkretny wynik na wyświetlaczu.

Ultradźwiękowe pomiary grubości (UTT) zaliczane są do metod objętościowych ze względu na to, że wykorzystują własności fal ultradźwiękowych. Mimo to pozwalają uzyskać podgląd na temat stanu powierzchni elementu taki, jak w przypadku zastosowania metod powierzchniowych. W trakcie tego badania grubościomierz oblicza grubość danego obiektu w miejscu pomiaru na podstawie czasu przejścia podłużnej fali ultradźwiękowej przez badany obiekt. W ten sposób możemy określić rzeczywistą grubość konstrukcji, a jest to konieczne, jeśli chcemy dokonać oceny stanu konstrukcji stalowej. Jest to szczególnie ważne w przypadku konstrukcji silnie narażonych na eksploatację, np. rurociągi, zbiorniki. Ultradźwiękowe pomiary grubości, które określa się też, jako pomiary ubytków korozyjnych, są najczęściej wykorzystywane na statkach i okrętach, jak również w dziedzinie, takiej jak budownictwo. Przy niektórych elementach konstrukcyjnych nie da się inaczej dokonać pomiarów niż przy zastosowaniu tego typu metod. Dodatkowo metoda ta znajduje zastosowanie nie tylko do badania grubości danych elementów z materiałów wypisanych, powyżej, lecz też złączy spawanych, materiałów hutniczych i części maszyn. Pomiary tego typu są główną metodą, na podstawie której statki są dopuszczane do użytkowania przez Towarzystwa Klasyfikacyjne (PRS, GL, LRS, BV, ABS, DNV, NKK, RINA).

Urząd Dozoru Technicznego ze względu na występujące rodzaje metod pomiarowych wprowadził dwie oddzielne techniki pomiarowe: UT-7 (ultradźwiękowe pomiary grubości defektoskopem) oraz UT-8 (ultradźwiękowe pomiary grubości grubościomierzem).

Grubościomierze ultradźwiękowe to urządzenia, w których najczęściej stosowana jest metoda echa i głowica podwójna, która umożliwia pomiar w danym zakresie. Jak opisano powyżej należy pamiętać, że grubościomierze nie mierzą grubości materiałów, lecz czas przejścia fali ultradźwiękowej przez badany materiał, natomiast grubość oblicza się stosując współczynnik, którym jest prędkość fali w danym materiale, którą wprowadza się, jako wartość znaną wynikającą z odpowiedniego wzorcowania urządzenia przed badaniem. Dlatego też bez odpowiedniego wzorcowania urządzenia przed badaniem danego elementu nie można dokonać miarodajnych wyników, co w istocie przekłada się na zapewnienie stałego przepływu fali w badanym obszarze. Głowice muszą być zarówno odpowiednio dobrane dla badanego materiału ze względu na rodzaj i grubość materiału, jak również zależnie od danego typu grubościomierza. Przy pomiarach za pomocą grubościomierzy zależnie od struktury i grubości mierzonego materiału, możliwe jest stosowanie częstotliwości w zakresie od 100 kHz (metoda przepuszczania dla materiałów silnie tłumiących) do 50 MHz w przypadku blach cienkich. Jednak najczęściej stosuje się fale ultradźwiękowe o częstotliwości od 1÷10MHz, głównie 4MHz.

Obecnie produkowane i dostępne na rynku grubościomierze ultradźwiękowe pozwalają na pomiar grubości nie tylko elementów stalowych, lecz także wykonanych z miedzi, aluminium, szkła, tworzyw sztucznych i innych materiałów, co jest jedynie uzależnione od zastosowania odpowiedniego typu głowicy na urządzeniu. Dodatkowo elektroniczne grubościomierze ultradźwiękowe produkowane obecnie mają możliwość zapisu w pamięci otrzymanych wyników w seriach i ich obróbkę statystyczną.

Stosowane obecnie grubościomierze umożliwiają przeprowadzenie dokładnych pomiarów bez konieczności usuwania powłoki malarskiej, co obniża koszty wykonania badań i jednocześnie czyni je bardziej wiarygodnymi. Jednakże należy pamiętać, że przy wyborze parametrów stosowanej głowicy, głowice szerokopasmowe dają impulsy krótsze niż wąskopasmowe, zapewniając tym samym odpowiedni szczyt impulsu do pomiaru czasu przejścia, przez co mamy lepszą rozdzielczość przy pomiarach blach cienkich lub powłok. W odniesieniu do głowic podwójnych, strefa ogniska powinna obejmować przewidywany zakres grubości. Przyjmuje się, że po prawidłowym wzorcowaniu, otrzymane pomiary grubości uzyskujemy z dokładnością ± 0.1 mm w zakresie od około 1 do 300mm (przy idealnych warunkach, możemy specjalnymi grubościomierzami pomierzyć odległość z błędem nie przekraczającym $\pm 0,01$ mm, a nawet ± 0.001 mm).

Dla wykonania pomiarów grubości elementów możliwe jest użycie jednej z 4 technik pomiarowych tj:

- techniki echa pojedynczego,
- techniki opóźnienia echa pojedynczego,
- techniki ech wielokrotnych
- techniki przepuszczania.

Cyfrowe grubościomierze ultradźwiękowe obecnie umożliwiają, po wykonaniu serii pomiarów, wyświetlenie średniej arytmetycznej wyników, oraz wartości minimalnej lub maksymalnej pomierzonego elementu. Dodatkowo występują w tych urządzeniach funkcje porównania otrzymanych wyników z grubością podstawową, sygnalizowania przekroczenia grubości założonych itp. oraz przy dodatkowym oprogramowaniu dają możliwość analizy statystycznej wyników.

Poniżej przedstawiono przykładowe parametry jednego z grubościomierzy:

- możliwość pomiaru grubości materiałów tj. stal, aluminium, stopy Al, miedź, stopy Cu, szkło, tworzywa sztuczne (plexi) i inne.
- zakres pomiarowy łącznie w warstwę ochronną (np. lakierem): 1÷199,9 mm
- zakres pomiarowy z pominięciem warstwy ochronnej, której grubość nie przekracza 1mm: 2÷199,9 mm
- możliwość zapamiętywania zapisywania w pamięci 2000 pomiarów
- grupowanie pomiarów
- statystyka (min, max, średnia)
- dokładność: $\pm 1\% \pm 0,1 \text{ mm}$
- rozdzielczość odczytu: 0,1mm
- zakres prędkości fali ultradźwiękowej: 1000...2000m/s
- minimalna mierzona powierzchnia: $\varnothing 13 \text{ mm}$ (zależna od typu zastosowanej głowicy)
- minimalna mierzona krzywizna: $\varnothing 30 \text{ mm}$ (zależna od typu zastosowanej głowicy)
- temperatura pracy: $-10 \dots +40^\circ \text{C}$
- współpraca z komputerem.

Zalety badań ultradźwiękowych:

- duża uniwersalność i skuteczność metody,
- szybkość badania i bezpośredniość wyników,
- możliwość dokładnej lokalizacji wad wewnętrznych i zewnętrznych,
- możliwość pomiaru grubości elementów jednostronnie dostępnych,
- możliwość wykrywania wad punktowych o minimalnym wymiarze równoważnym 0,5 mm, wąskoszczelinowych od 0,001mm i wychodzących na powierzchnię o głębokości od ok. 0,1mm,
- przenośna i lekka aparatura.

Dzięki przeprowadzeniu badań ultradźwiękowych mamy możliwość wykrycia wad wewnętrznych typu:

- wady rozległe.
- wady liniowe,
- wady punktowe.

2. OPIS DOTYCZĄCY BADAŃ GRUBOŚCI BLACH PRZY WYKORZYSTANIU METOD NIEINWAZYJNYCH ORAZ JEDNOSTRONNIE DOSTĘPNYCH

Dla pomiarów nieinwazyjnych grubości blach, jako pierwsze urządzenia zastosowano grubościomierze izotopowe, które zostały wytworzone w skali technicznej i są eksploatowane w przemyśle już przez ponad 50 lat. Urządzenia te ulegają w miarę postępu elektroniki i innych technologii towarzyszących unowocześnianiu i modernizacji, przez co dzisiaj są nowoczesnymi przemysłowymi urządzeniami pomiarowymi o wysokiej niezawodności i dokładności (dokładniejszy opis w poprzednim punkcie). Metoda działania grubościomierzy opiera się głównie na zasadzie absorpcji i rozpraszania promieniowania gamma i beta.

Zgodnie z informacjami zawartymi w literaturze technicznej promieniowanie beta jest wykorzystywane w urządzeniach izotopowych do pomiaru grubości materiałów arkuszowych o małej gęstości, takich jak, papier, plastik czy cienkie folie metalowe, czyli zwykle w geometrii transmisyjnej. Również w geometrii odbiciowej jest ono wykorzystywane i stosowane do pomiarów grubości różnego rodzaju powłok.

Urządzenia typu grubościomierze, gdzie wykorzystuje się absorpcję promieniowania gamma są stosowane do pomiarów grubości blach walcowanych na zimno i gorąco. Jak już wspomniano wcześniejszej zakres pomiaru grubości jest bardzo szeroki i wynosi od ułamków milimetra do kilkunastu centymetrów.

Wśród grubościomierzy opartych na wykorzystywaniu promieniowania gamma wyróżniamy min.:

- transmisyjno-rozszczepieniowe;
- transmisyjne (absorpcyjne);
- rozszczepieniowe (refleksyjne, odbiciowe).

Zastosowanie grubościomierzy transmisyjnym ma zastosowanie tylko wtedy, kiedy istnieje możliwość instalowania źródła promieniowania i detektora po przeciwnych stronach badanych warstw. Wynikałoby z tego, że oddziaływanie cząstek z materiałem daje możliwości nieograniczonego zakresu grubości, co w praktyce nie jest prawdą, ponieważ ograniczenie wynika z faktu, że przy zbyt dużych grubościach absorbentu rejestrowany przez detektor sygnał staje się już porównywalny z tłem. Dlatego też w przypadku zbyt dużej grubości badanego elementu czułość metody staje się równa zeru.

W przypadku grubościomierzy rozproszeniowych mierzone natężenie rozproszonego wstecznie promieniowania jest rosnącą funkcją grubości badanej warstwy aż do pewnej wartości nasycenia, określonej przez zasięg fotonów rozproszonych w danym materiale. Granica (wartość nasycenia) zależy od energii fotonów emitowanych przez źródło (ich energii początkowej) i składu chemicznego materiału rozpraszającego tj. jego efektywnej liczby atomowej.

Powyżej wyszczególnione metody tj. transmisyjna i rozproszeniowa osiągają maksymalne wartości czułości przy określonych energiach początkowych fotonów oraz określonych grubościach mierzonych warstw. Dla uzyskania możliwie dużej czułości najlepszym kryterium optymalizacji warunków pomiarowych jest dobór właściwego źródła promieniowania, w zależności od zakresu mierzonych grubości i składu chemicznego badanych warstw.

Przeprowadzenie badań ultradźwiękowych, jako metodą wykorzystującą zjawisko towarzyszące rozchodzeniu się fal o częstotliwościach powyżej 20000Hz, gdzie fale ultradźwiękowe wprowadza się w materiał za pomocą głowicy, której głównym elementem jest tzw. przetwornik - cienka płytką z materiału piezoelektrycznego, wytwarzająca

krótkotrwałe drgania rezonansowe o częstotliwościach rzędu miliona cykli na sekundę. Pobudzanie przetwornika piezoelektrycznego impulsami elektrycznymi oraz „nasłuch” odbywa się za pośrednictwem defektoskopu ultradźwiękowego. Badania można przeprowadzić metodą przepuszczenia lub metodą echa. Metoda echa polega na nadawaniu fal i ich odbiorze po odbiciu od wady lub powierzchni ograniczających dany element.

Posiadane wyposażenie umożliwia przeprowadzenie badań w każdych warunkach. Przy pomiarach grubości metodą ultradźwiękową możliwy jest pomiar elementów gorących dzięki zastosowaniu specjalnych głowic (jest to istotne przy pomiarach grubości ścian stalowych kominów) oraz „inteligentny” pomiar przez warstwę ochronną farby. Wysokiej klasy miernik grubości nie uwzględnia przy pomiarze grubości farby. Możliwy jest pomiar bez specjalnego przygotowania powierzchni punktu pomiarowego - szczególnie jest to ważne przy pomiarach grubości konstrukcji statków.

Wykonywanie pomiarów grubości elementów z materiałów o niewielkim tłumieniu ze ściankami płaskimi i równoległymi z gładką powierzchnią umożliwia otrzymanie wyników miarodajnych nawet przy zastosowaniu grubościomierzy uniwersalnych. Zależnie od zastosowanego grubościomierza umożliwia on nam pomiar wraz z grubością powłoki ochronnej lub bez niej. Ponieważ powłoki malarskie i inne warstwy ochronne stosowane na powierzchniach metalowych, jak również korozja wpływają na wynik pomiaru, ze względu na możliwość przyłożenia głowicy do badanego elementu i odbicia fali ultradźwiękowej oraz przy zastosowaniu najprostszych grubościomierzy uniemożliwią jego wykonanie. Dodatkowo przy bardzo dobrym połączeniu powłoki ochronnej z badanym elementem moglibyśmy uzyskać jednolitą wartość dla całego elementu, jednakże obecnie istniejące grubościomierze ultradźwiękowe mają możliwość pomiaru elementu zarówno z uwzględnieniem powłoki ochronnej jak również z jej pominięciem. Nie dotyczy to powłok ochronnych z metalem (np. cynkowa na powierzchni stalowej), może dać pomiar dla całości badanego elementu uniemożliwiając pominięcie warstwy ochronnej. W takim przypadku konieczne będzie dokonanie usunięcia powłoki ochronnej. Dodatkowo istnieje zawsze możliwość przeprowadzenia pomiaru samej powłoki ochronnej przy zastosowaniu warstwomierza.

Przy przeprowadzaniu pomiarów istnieje zawsze szereg czynników, które mogą wpływać na błąd pomiaru tj. na miarodajny otrzymany wynik. Takimi czynnikami mogą być min:

- niezmiennosc warunków propagacji fali w badanym elemencie;
- jakosc i powtarzalnosc sprzeczzenia akustycznego glowicy z mierzonym elementem;
- ukszaltowanie powierzchni odbijajacej
- temperatura pomiaru.

Jak juz wspomniano wczesniej, grubosciomierz ultradzwiekowy dokonuje pomiaru predkosci rozchodzenia sie podluznej fali ultradzwiekowej w danym materiale, a nastepnie przelicza ta wartosc na grubosc materialu w mm lub calach wedlug określonego wzoru matematycznego. Dla uzyskania rzetelnego dokladnego pomiaru w badanym materiale nie moga wystepowac niejednorodnosc, w rodzaju peczeryzkow powietrza, oczek węgla itp. Pomiedzy sondą (glowicą) pomiarową, a powierzchnią materialu mierzzonego musi byc zapewniony styk bez powietrza, uzyskiwany za pomoca sredka sprzegajacego, np. specjalnego zelu, wody, towotu oleju itp.

Powierzchnia dla wykonania pomiaru powinna byc odpowiednio oczyszczona i przygotowana, co decyduje o mozliwosci otrzymania miarodajnego i poprawnego wyniku. W trakcie przeprowadzania badan powierzchnie punktow pomiarowych musza byc plaskie i dobrze obrobione (podobnie jak do badan ultradzwiekowych defektoskopowych) oraz dwa razy wieksze od powierzchni styku przetwornika (fot. nr 2). Jezeli chodzi o powierzchnie zakrzywiona (glownie wklęsa), wymaga to zastosowania specjalnie profilowanych glowic. Osrodek sprzegajacy na kazdej powierzchni musi zapewnic odpowiednie przejście fali ultradzwiekowej z przetwornika do badanego materialu, jednak nie moze tworzyć zbyt grubej warstwy, która mogłaby spowodowac zniekszaltowanie poprzez zawyzenie pozyskanego wyniku pomiaru. W przypadku przylozenia glowicy do nierownej powierzchni w sposob niepoprawny (fot. nr 1) otrzymamy wynik niezgodny z rzeczywistym. Dlatego tez przy przeprowadzeniu badan nalezy wybierac miejsca o rownej powierzchni tzn. w miare plaskiej bez zniekszaltowen w postaci wypuklosci lub wgnieceń.



Fot. 1 Zdjęcie pokazujące niepoprawne przyłożenie głowicy na zaokrąglonej (nierównej) powierzchni.



Fot. 2 Zdjęcia pokazujące poprawne przyłożenie głowicy na badanej powierzchni.

Badania grubości blach stalowych zbiorników dokonywane są w głównej mierze ze względu na możliwość dokonania ich oceny pod względem bezpieczeństwa ich użytkowania. Ponieważ zależnie od sposobu użytkowania danego obiektu np. zbiornika lub innego elementu dochodzi do powstawania ubytku danego materiału na skutek korozji, wytarcia, wypalenia itp. zależnie od przeznaczenia i sposobu użytkowania. Miejsca pomiarowe przyjmuje osoba dokonująca pomiarów w taki sposób, aby móc określić średnią grubość elementu i jest to uzależnione zarówno od sposobu jego użytkowania np. gdzie zużycie mogło być największe, jak również jego wymiarów gabarytowych. Często także osoba dokonująca pomiarów kieruje się także możliwością dostępu dla miejsca potencjalnego pomiaru, jak również równością lub ewentualnymi zniekształceniami badanej powłoki. Nierówności i zniekształcenia wpływają w głównej mierze na otrzymany wynik. Nie wybiera się miejsc do przeprowadzenia badań, gdzie dokonywane były np. różnego rodzaju nakładki lub wzmocnienia, ponieważ dla całości powłoki da to niemiernodajny wynik. W tego typu miejscach pomiary dokonuje się jedynie z uwzględnieniem tylko tej części badanego

elementu i w przypadku pomiaru np. dwóch blach nałożonych na siebie urządzenie pomiarowe może podać błędny wynik lub pomiar tylko dla elementu stanowiącego powłokę wierzchnią dołożoną w wyniku przeprowadzonej naprawy. Przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych pokazano na zdjęciu zamieszczonym, poniżej które wykonano przy badaniu leja zsykowego (fot. nr 3).



Fot. 3 Zbiornik (lej zsykowy) z widocznymi miejscami dokonywanych pomiarów grubości blachy płaszczą.

Podczas wykonywania badań prędkość fali ultradźwiękowej w badanym elemencie powinna być stała, a istotne znaczenie dla wartości prędkości fali ma jednorodność materiału. W przypadku wykonywania badań na elementach niejednorodnych wyniki mogą być nie miarodajne. Powierzchnia silnie skorodowana z głębokimi punktowymi wżerami, może stanowić zły reflektor dla fali ultradźwiękowej i zniekształcać wynik pomiaru. Podobnie jest z powierzchnią odbijającą, pokrytą grubą warstwą zwartych produktów korozji, która w konsekwencji pozornie będzie zwiększała grubość badanego elementu, co jest związane z czasem przejścia fali przez tę warstwę. Występujące nawet punktowe głębokie wżery mogą nie zostać wykryte, ponieważ najlepsze głowice grubościomierzy wykryją takie wady dopiero od – 0,7 mm powierzchni odbijającej. Dlatego też dla elementów posiadających korozję wżerową, należy w badaniach wykorzystywać wyłącznie pierwsze echo dna. Istnieje także prawdopodobieństwo, że echa korozji wżerowej mogą występować razem z echem dna i w takim przypadku, należy wykonać dodatkowe badania przy użyciu głowic kątowych. Głowice kątowe 45° są najlepsze do rozróżniania wtrąceń od korozji wżerowej. Problem ten został zilustrowany (odnośnie korozji wżerowej), dla stalowych zbiorników i przewodów rurowych, w projekcie normy EN 14125, gdzie zamieszczone są rysunki z analizą dziewięciu rodzajów korozji, od równomiernej do korozji w złączy spawanym.

Jak już wspomniano wcześniej wpływ na uzyskanie poprawnego wyniku ma także temperatura badanego elementu, jednakże jest to uzależnione od zastosowania danego typu głowicy lub też odpowiedniej metody pomiarowej. Głowice z normalnego wyposażenia grubościomierzy mogą służyć do pomiarów w maksymalnych temperaturach od około -10 do +60°C z dopuszczającą chwilową (np. 5s) współpracą głowicy z powierzchnią o wyższej temperaturze. W przypadku temperatur przekraczających optymalny zakres zalecany przy danym grubościomierzu stosuje się głowice specjalne. Natomiast w przypadku wymagania dokładności należy wziąć pod uwagę wpływ zarówno zmiany temperatury na materiał sprawdziany, wzorcowany, przewody i głowice, aparaturę oraz ośrodki sprzęgające stosowane w trakcie prowadzonych pomiarów.

Grubościomierze ultradźwiękowe przed przeprowadzeniem badań danego typu elementu należy poddać odpowiedniemu wzorcowaniu na próbce schodkowej o zakresie grubości pokrywającym się z przypuszczalnym zakresem grubości badanego obiektu. Zaleca się, aby zarówno materiał wzorcowy, jak i temperatura wzorcowania były równoważne w odniesieniu do obiektu badanego. Obecnie stosowane urządzenia posiadają możliwość wykonywania wzorcowania uproszczonego, polegającego na przywołaniu z pamięci urządzenia wykonanego wzorcowania dla badanego typu materiału (np. stali, aluminium, żeliwa i innych materiałach zależnych od możliwości urządzenia). Niemniej jednak zaleca się, aby przed dokonaniem pomiarów przeprowadzić asekuracyjną kontrolę prawidłowości skalowania pomiaru na odpowiednich wzornikach zależnych od typu badanego materiału. Jeżeli zaś wykonujemy badania na elementach, na których spodziewamy się występowania wżerów o niewielkich średnicach, czułość wykrywania urządzenia także należy sprawdzić na próbce wzorcowej tylko posiadającej otwory płaskodenne o określonej średnicy oraz w przybliżonej odległości, na jakiej spodziewamy się wystąpienia korozji wżerowej na badanym materiale.

Po wykonaniu badań przygotowuje się sprawozdanie, które musi w sposób jednoznaczny określić możliwość dalszej eksploatacji nadanego elementu. Wyniki wykonanych pomiarów przedstawia się zazwyczaj w tabelarycznym zestawieniu, natomiast całe sprawozdanie powinno zawierać min:

- identyfikator rozmieszczenia punktów pomiarowych;
- pierwotną grubość oraz dopuszczalne tolerancje;
- wyniki pomiarów;
- ubytki grubości;
- identyfikator stanu zagrożenia;
- rysunki pomocnicze wskazujące miejsca pomiarów i rozmieszczenie wyników specjalnych;
- wyniki badań wizualnych, komentarz, co do stanu powierzchni;
- opis odnoszący się do stanu technicznego elementu i możliwości dalszej jego eksploatacji.

3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Dzisiejsze metody dokonywania pomiarów grubości elementów jednostronnie dostępnych np. zbiorników umożliwiają otrzymanie dużo dokładniejszych pomiarów bez ingerencji w jego strukturę powłoki badanego materiału. Pozwalają one także na dokonanie większej liczby pomiarów, co wpływa na uzyskanie bardziej precyzyjnych wyników, a tym samym dokładniejszej oceny stanu technicznego danego elementu. Samo wykonanie pomiaru nie jest zbyt skomplikowane, ale do jego wykonania badana powierzchnia wymaga odpowiedniego przygotowania. Rozmieszczenie punktów pomiarowych zwykle podyktowane jest przybliżonymi stopniami zużycia danego materiału zależnie od rodzaju elementu wchodzącego w jego skład jak również od sposobu jego użytkowania. Miejsca o największym spodziewanym zużyciu, które określa się właśnie ze względu na sposób użytkowania lub też w wyniku poprzednio wykonanych kontroli i miejsc, gdzie ubytek powierzchni badanego materiału był największy.

Badania zwykle powtarza się, co kilka lat zależnie od sposobu użytkowania badanego elementu lub też stopnia podatności danego materiału na czynniki powodujące utratę części jego grubości np. korozję, wytarcia itp.

Przeprowadzone badania pozwalają dokonać rzetelnej oceny stanu technicznego elementu, celem określenia możliwości dalszej jego eksploatacji lub też określenia czasu, przez jaki może być jeszcze eksploatowany. Odnosi się to głównie do elementów wielkogabarytowych np. zbiorniki, leje, kominy itp.

Oceny danego elementu powinna dokonywać osoba posiadająca niezbędną wiedzę i doświadczenie w przedmiocie badań nieinwazyjnych metodami ultradźwiękowymi. Zapewnia to zarówno pewność, że wykonane pomiary, jak i ocena przydatności od użytkowania danego elementu określiła osoba, która posiada odpowiednią wiedzę i doświadczenie w tym zakresie.

BIBLIOGRAFIA

1. Dziunikowski Bohdan - Zastosowanie izotopów promieniotwórczych cz. I
<http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty3/0359/>
2. Dziunikowski Bohdan - Zastosowanie izotopów promieniotwórczych cz. II
<http://winntbg.bg.agh.edu.pl/skrypty3/0360/>
3. Frielinghaus R. - Możliwości i ograniczenia przy pomiarach grubości metodą ultradźwiękową. Badania Nieniszczące, 1997, nr 10/11
4. pr EN 14127:2001 - Badania nieniszczące-Ultradźwiękowy pomiar grubości
5. Sozański Leszek - Problemy związane z pomiarem grubości metodą ultradźwiękową.
6. Sozański Leszek - Influence of factors on accuracy of thickness measurements using digital ultrasonic gauges. DGZfP-Jahrestagung Zerstorungsfreie Materialprufung, Dresden 1997.
7. Sozański Leszek - Badania pomiaru grubości metodą ultradźwiękową. Materiały konferencyjne IV Konferencji Metrologia w Technikach Wytwarzania Maszyn. ITMiA PWr. Szklarska Poręba 1993
8. Sozański Leszek + Zastosowanie wzorców otworkowych do oceny głowic podwójnych grubościomierzy ultradźwiękowych- Materiały 28 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących. SIMP. Szczecin 1937124 87/1-035

9. Sozański Leszek - Kontrola eksploatacyjna metodami nieniszczącymi elementów pracujących w podwyższonych temperaturach. Problemy i innowacje w remontach energetycznych. PIRE'98. OBR-GRE, Kudowa Zdrój. 1998
10. Dobrowolski M. Wiśniewski G. - Certyfikacja personelu badań nieniszczących - Nowości roku 2000. Materiały seminaryjne IPPT „Nieniszczące badania materiałów”. Biuro Gamma. Warszawa 2001
11. Hlebowicz J. Wiśniewski G. - Laboratoria badań nieniszczących. Biuro Gamma. Warszawa 2001
12. Sozański Leszek - Elementy statystyki w analizie wyników pomiarów grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi. Materiały 28 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących. SEMP. Warszawa 1999
13. Volk W. - Statystyka stosowana dla inżynierów WNT Warszawa. 1973
14. PN-ISO 2602:1994 Statystyczna interpretacja wyników badań. Estymacja wartości średniej. Przedział ufności. Statistical interpretation of test results. Estimation of the mean. Confidence interval IDT ISO 2602:1980
15. PN-ISO 2854:1994 Statystyczna interpretacja danych. Techniki estymacji oraz testy związane z wartościami średnimi i wariancjami. Statistical interpretation of data. Techniques of estimation and tests relating to means and variances. EDT ISO 2854:1976