

PROBLEMY ZWIĄZANE Z POMIAREM GRUBOŚCI METODĄ ULTRADŹWIĘKOWĄ

Leszek Sozański
Politechnika Wrocławska

1. WSTĘP

Grubość elementu lub konstrukcji, zwłaszcza dostępnych jednostronnie, może być określana metodą ultradźwiękową. Istnieje szereg procedur pomiarowych wykorzystujących możliwości różnych aparatów ultradźwiękowych. Poczynając od wyspecjalizowanych grubościomierzy ultradźwiękowych, z cyfrowym wyświetlaniem wyniku pomiaru, które mogą być wzbogacone o zobrazowania typu „A”, do uniwersalnych defektoskopów ultradźwiękowych, które można dodatkowo wyposażyć w cyfrowy wyświetlacz położenia impulsu w bramce [1]. Podział tych metod, związany z ich możliwościami pomiarowymi, jest na tyle istotny, że został wprowadzony przez Urząd Dozoru Technicznego jako dwie oddzielne techniki pomiarowe: UT-7 (ultradźwiękowe pomiary grubości defektoskopem) oraz UT-8 (ultradźwiękowe pomiary grubości grubościomierzem). W pracy omówiono niektóre problemy pomiaru grubości wyspecjalizowanymi grubościomierzami ultradźwiękowymi. W grubościomierzach tych najczęściej stosuje się metodę echa i głowicę podwójną, przystosowaną do pomiaru grubości z określonego zakresu. Należy pamiętać, że grubościomierze ultradźwiękowe nie mierzą grubości materiałów. Aparaty te mierzą czas przejścia fali ultradźwiękowej przez badany materiał a grubość oblicza się stosując współczynnik, którym jest prędkość fali w danym materiale [2], wprowadzana jako wartość znana lub wynikająca z odpowiedniego wzorcowania. Istotnym założeniem jest tu stała prędkość fali w badanym obszarze. Grubość materiału będzie więc równa:

$$g = 0,5 * (t * v)$$

w którym:

g – mierzona grubość materiału,

t - czas przejścia impulsu ultradźwiękowego,

v - prędkość fali ultradźwiękowej w badanym materiale.

Rodzaj głowicy musi być dostosowany do danego typu grubościomierza oraz do zakresu mierzonych grubości. Nawet zmiana długości przewodów łączących głowicę z aparatem może powodować zmianę charakterystyki pomiarowej przyrządu. Stosujemy fale ultradźwiękowe o częstotliwości 1-10 MHz, najczęściej 4 MHz. Jednak, w zależności od grubości i struktury mierzonego materiału, możliwe jest stosowanie częstotliwości w zakresie od 100 kHz (metoda przepuszczania dla materiałów silnie tłumiących) do 50 MHz w przypadku blach cienkich.

Przy wyborze parametrów stosowanej głowicy należy pamiętać, że głowice szerokopasmowe dają impulsy krótsze niż wąskopasmowe, zapewniając tym samym

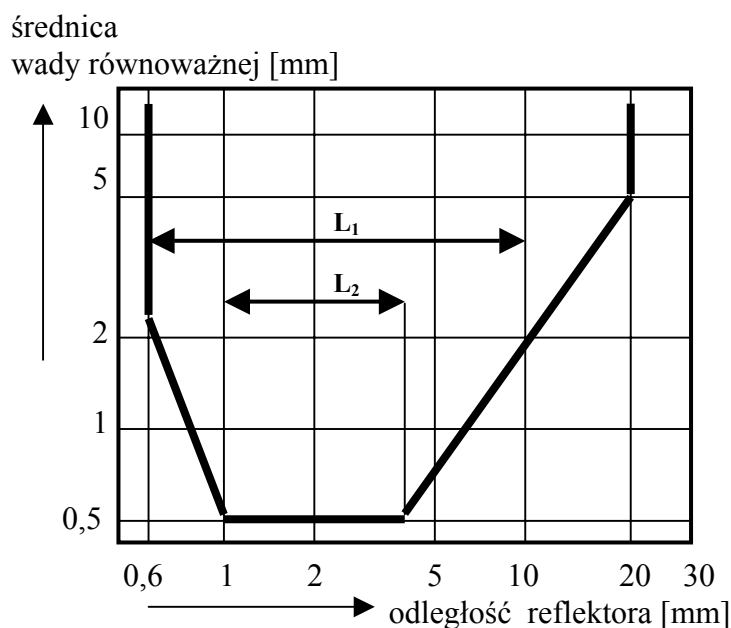
odpowiedni bok lub szczyt impulsu do pomiaru czasu przejścia, a więc lepszą rozdzielczość przy pomiarach blach cienkich lub powłok. W przypadku głowic podwójnych strefa ogniska powinna obejmować przewidywany zakres grubości. Ogólnie można przyjąć, że przy prawidłowym wzorcowaniu, pomiary grubości możemy wykonać z dokładnością $\pm 0,1$ mm w zakresie od około 1 do 300 mm. Oczywiście, w idealnych warunkach (np. odległość dwóch szlifowanych płaszczyzn równoległych), możemy specjalnymi grubościomierzami zmierzyć odległość z błędem nie przekraczającym $\pm 0,01$ mm, a nawet $\pm 0,001$ mm.

Możliwe jest stosowanie 4 technik pomiarowych [2]: techniki echa pojedynczego, techniki opóźnienia echa pojedynczego, techniki echa wielokrotnych i techniki przepuszczania.

Pomiaru grubości można dokonać następującymi rodzajami aparatury:

- specjalistycznymi aparatami do ultradźwiękowego pomiaru grubości z cyfrowym wyświetlaniem mierzonej wielkości,
- specjalistycznymi aparatami do ultradźwiękowego pomiaru grubości z cyfrowym wyświetlaniem mierzonej wielkości i zobrazowaniem sygnałów A,
- defektoskopami ultradźwiękowymi z zobrazowaniem sygnałów typu A.

Na rysunku 1 pokazano przykładowo Corrogram, który jednoznacznie wskazuje na optymalny zakres pomiarowy głowicy.



Rys. 1. Przykładowy Corrogram dla danej głowicy i grubościomierza

L₁ – optymalny zakres pomiarowy (wykrywanie wżerów o średnicy równoważnej 2 mm)

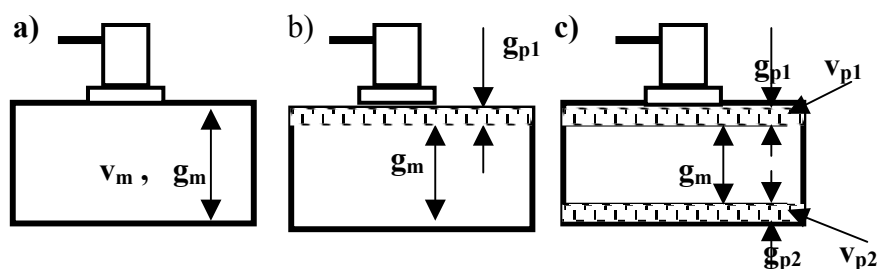
L₂ – zakres pomiarowy z możliwością wykrywania wżerów o średnicy równoważnej 0,5 mm

Należy pamiętać, że stosowanie prostych i tanich grubościomierzy może pociągać za sobą szereg niedogodności w przypadku pomiaru elementów skorodowanych, pokrytych powłokami ochronnymi itp.

Grubościomierze ultradźwiękowe cyfrowe umożliwiają, po wykonaniu serii pomiarów, natychmiastowe uzyskanie danych dotyczących średniej arytmetycznej wyników, minimalnej lub maksymalnej wartości zmierzonej grubości, porównania z grubością podstawową, sygnalizowania przekroczenia grubości założonych itp. Niektóre, często w formie dodatkowego oprogramowania, pozwalają na analizę statystyczną wyników.

2. PODSTAWOWE PROCEDURY POMIAROWE

Najprostszym przypadkiem jest pomiar grubości elementu z materiału o niewielkim tłumieniu o ściankach płasko-równoległych i gładkiej powierzchni (rys. 2a). Wyniki takich pomiarów, uzyskane uniwersalnymi grubościomierzami, są w pełni wiarygodne. Powłoki malarskie, metalowe warstwy ochronne, rozbudowane wżerami i produktami korozji powierzchnie przyłożenia głowicy i odbicia fali ultradźwiękowej w wielu przypadkach w istotny sposób zmieniają wynik pomiaru, a w przypadku prostych grubościomierzy uniemożliwiają bezpośredni pomiar (rys. 2c).



Rys. 2. Schemat pomiaru grubościomierzem ultradźwiękowym

g_m – grubość rzeczywista materiału

g_p - grubość powłoki

v_m - prędkość fali ultradźwiękowej w materiale

v_p – prędkość fali ultradźwiękowej w powłokę

Generalnie można stwierdzić, że pomiar grubościomierzami elementów pokrytych powłokami dobrze przylegającymi do ich powierzchni, zmusza do uwzględniania grubości powłoki w odczytywanym wyniku pomiaru na wyświetlaczu grubościomierza.

Dla przypadku pokazanego na rys. 2b można zapisać (t_{sum} - sumaryczny czas przejścia impulsu ultradźwiękowego), że

$$g_m \text{ rzeczywiste} = 0,5 * (t_{sum} - g_p / v_p) * v_m$$

zaś w przypadku powłoki metalowej, jak na rys. 2c, że

$$g_m \text{ rzeczywiste} = 0,5 * (t_{sum} - g_{p1} / v_{p1} - g_{p2} / v_{p2}) * v_m$$

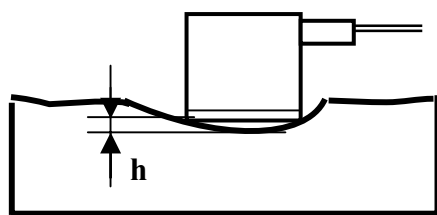
Jeżeli różnica oporności akustycznych powłoki i materiału jest duża (np. granica powłoki lakierniczej z metalem), to w przypadku pokazanym na rys. 2c dolna powłoka najczęściej nie będzie zwiększać pozornie grubości elementu. W przypadku powłoki metalowej (np. cynkowa na stali) należy ją uwzględnić zgodnie z podanym wzorem.

Grubość powłoki potrzebną do obliczeń można uzyskać przez dodatkowy pomiar warstwowierzem, zaś prędkość fali ultradźwiękowej w powłoce należy przyjąć z odpowiednich tabel. Jeżeli taka procedura jest niemożliwa, to konieczne jest usunięcie powłoki w obszarach punktów pomiarowych. Czasami, przy mniej odpowiedzialnych badaniach, wystarczy wykonanie kilku pomiarów przez powłokę i po usunięciu powłoki, co pozwala na oszacowanie bezpośredniego udziału grubości powłoki w wyświetlanym wyniku pomiaru elementu. Nowoczesne grubościomierze mają opcję automatycznego uwzględniania czasu przejścia fali przez powłokę od strony przyłożenia głowicy.

3. ZEWNĘTRZNE CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA BŁĄD POMIARU

Podstawowymi, zewnętrznymi czynnikami wpływającymi na błąd pomiaru grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi są: jakość i powtarzalność sprzężenia akustycznego głowicy z mierzonym elementem, niezmienność warunków propagacji fali w badanym elemencie, ukształtowanie powierzchni odbijającej oraz temperatura pomiaru [3].

O jakości sprzężenia głowicy z mierzonym elementem decyduje przygotowanie powierzchni punktów pomiarowych oraz zastosowany ośrodek sprzęgający. Powierzchnie punktów pomiarowych muszą być płaskie, najlepiej obrobione do $R_a = 6,3\mu\text{m}$ (podobnie jak do badań ultradźwiękowych defektoskopowych) oraz dwa razy większe od powierzchni styku przetwornika. Dla powierzchni zakrzywionych, zwłaszcza dla wklęsłych, należy stosować specjalne, profilowane głowice. Ośrodek sprzęgający (olej, woda, specjalne pasty) musi zapewniać dobre warunki przejścia fali ultradźwiękowej z przetwornika do badanego materiału, jednak nie może tworzyć zbyt grubej warstwy (rys.3), zniekształcającej (zawyżającej) wynik pomiaru [4].



Rys. 3. Źle przygotowana powierzchnia przyłożenia głowicy
h - grubość ośrodka sprzęgającego wpływającego na wynik pomiaru.

Prędkość fali ultradźwiękowej w badanym elemencie powinna być stała. Metale w stanie kutym lub walcowanym wykazują najczęściej małe tłumienie oraz stałą w analizowanym kierunku prędkość. Taki wpływ anizotropii materiału po przeróbce plastycznej jest szczególnie widoczny w stalach austenicznych, miedzi i jej stopach, ołowiu itp. Istotne znaczenie dla wartości prędkości fali ma jednorodność struktury materiału, której zmiany występują często w odlewach. W tworzywach wzmocnionych włóknami jest to też istotnym problemem. Tłumienie akustyczne

badanego materiału, powodujące najczęściej zmniejszenie amplitudy lub zniekształcenie sygnału, musi być uwzględnione przy doborze aparatury pomiarowej.

Rozbudowanie powierzchni odbijającej (ograniczającej) może też istotnie wpłynąć na wynik pomiaru. Powierzchnia ta, silnie skorodowana z, głębokimi punktowymi wżerami, może stanowić zły reflektor dla fali ultradźwiękowej i zniekształcać wynik pomiaru [4]. Również powierzchnia odbijająca, pokryta grubą warstwą zwartych produktów korozji, będzie w konsekwencji pozornie zwiększała grubość badanego elementu, co jest związane z czasem przejścia fali przez tę warstwę. Punktowe, nawet głębokie wżery mogą nie zostać wykryte, ponieważ najlepsze głowice grubościomierzy wykryją takie wady dopiero od $\sim 0,7 \text{ mm}^2$ powierzchni odbijającej [5]. W przypadku występowania korozji wżerowej, należy w badaniach wykorzystywać wyłącznie pierwsze echo dna. Echa korozji wżerowej mogą występować razem z echem dna [2]. W przypadku, gdy reflektor nie może być jednoznacznie sklasyfikowany, należy wykonać dodatkowe badania przy użyciu głowic kątowych. Głowice kątowe 45° są najlepsze do rozróżniania wtrąceń od korozji wżerowej.

W celu zilustrowania problemu wpływu korozji wżerowej, występującego w stalowych zbiornikach i przewodach rurowych, w projekcie normy EN 14125 przedstawiono [2] rysunki z analizą dziewięciu rodzajów korozji, od równomiernej do korozji w złączu spawanym. Analizowano typowe źródła i miejsca występowania tej korozji oraz zalecono techniki pomiarów.

Zmiana temperatury badanego elementu ma też wpływ na ewentualne błędy pomiaru jego grubości [6]. Co prawda zmiana temperatury o 10° C zmienia prędkość fali podłużnej w stali o promile (pomijalnie mało), jednak powoduje istotne zmiany prędkości w liniach opóźniających głowic wykonanych na przykład z polimetakrylanu metylu. Temperatura wpływa też niekorzystnie na pracę przetworników. Ogólnie można stwierdzić, że głowice z normalnego wyposażenia grubościomierzy mogą służyć do pomiarów w maksymalnych temperaturach od około -10° do $+60^\circ \text{ C}$. Często producenci dopuszczają chwilową (np. 5 s) współpracę głowicy z powierzchnią o wyższej temperaturze. Przy temperaturach przekraczających optymalny zakres należy stosować głowice specjalne. Jeśli wymagana jest maksymalna dokładność to należy brać pod uwagę [2] wpływ zmiany temperatury na materiały odniesienia, sprawdziany i wzorce, aparaturę, przewody i głowice oraz ośrodki sprzęgające.

4. WZORCOWANIE APARATURY DO POMIARÓW GRUBOŚCI

Zestaw pomiarowy powinien być wzorcowany na próbce schodkowej o zakresie grubości pokrywającym się z przypuszczalnym zakresem grubości badanego obiektu. Materiał próbki wzorcowej i temperatura wzorcowania powinny być równoważne w odniesieniu do obiektu badanego. W przypadku, gdy spodziewane jest występowanie wżerów o małych średnicach, czułość wykrywania należy sprawdzić na próbce

wzorcowej z otworami płaskodennymi o określonej średnicy w tej samej odległości, w której oczekiwane jest występowanie korozji wżerowej.

Istnieje możliwość uproszczonego wzorcowania, polegającego na wywołaniu z pamięci grubościomierza zakodowanej prędkości np. stali, żeliwa czy aluminium i wprowadzeniu jej do procedury obliczeniowej. W przypadku rozbudowanej pamięci grubościomierza stosuje się zapamiętywanie całych procedur pomiarowych, uruchamianych jedną komendą, dla powtarzających się konfiguracji pomiarowych. (rodzaj głowicy, zakres pomiarowy, korekta prędkości i tłumienia związana ze strukturą materiału itp.). W każdym przypadku należy skontrolować prawidłowość skalowania na odpowiednich wzorcach.

5. KWALIFIKACJE PERSONELU

Zakłada się, że ultradźwiękowe pomiary grubości wykonuje wykwalifikowany i fachowy personel. Według projektu normy EN 14127 w celu udowodnienia kwalifikacji zaleca się certyfikację personelu według EN 473 lub równorzędnych dokumentów. W normie ISO 9712 traktuje się to zagadnienie jako nadanie „uproszczonych kwalifikacji” [7]. Nowa norma (projekt) ISO/CD 20807:2000. „Kwalifikacje personelu dla ograniczonych zastosowań badań nieniszczących”, precyzuje wymagania „uproszczonych kwalifikacji” personelu, stwierdzając na samym początku, między innymi, konieczność nadzorowania takich badań przez specjalistę z kwalifikacjami 2 lub 3 stopnia. W normie tej podano zakresy wybranych programów szkolenia. Na przykład, pomiary grubości materiałów metodą ultradźwiękową wymagają od 24 do 40 godzin szkolenia oraz udokumentowanych 160 godzin praktyki [7].

6. ŹRÓDŁA NIEPEWNOŚCI POMIARÓW GRUBOŚCI

Podstawowe źródła niepewności [8], występujące we wszystkich metodach i technikach NDT to:

- plan badania (między innymi ustalenie zakresu badań, wymagań dotyczących przygotowania obiektu do badań, kolejności pomiarów, przygotowania WPiB, sposobu dokumentowania wyników, kryteria odbioru),
- przygotowanie obiektu do badań (oczyszczenie powierzchni i przygotowanie punktów pomiarowych, konieczność doboru narzędzi i środków czyszczących, uwzględniającego ich wpływ na badany element),
- wybór obszarów badania (określenie siatki pomiarowej oraz szczególnych miejsc pomiaru),
- miejsce i warunki badania (laboratorium, warunki poligonowe, aura, prace wysokościowe),
- stosowane wyposażenie pomiarowe i badawcze (stosowana aparatura i głowice, wzorce odniesienia, aktualność sprawdzeń i certyfikatów),
- kwalifikacje personelu (spełnienie formalne koniecznych uprawnień, doświadczenie, czas pracy).

W opracowaniu [2] przedstawiono tabelarycznie czynniki decydujące o dokładności pomiaru grubości metodą ultradźwiękową. W tabeli 1 pokazano przykładowo niektóre z nich, dotyczące badanego obiektu.

Tabela 1. Czynniki decydujące o dokładności pomiaru grubości metodą ultradźwiękową, związane z badanym obiektem [2]

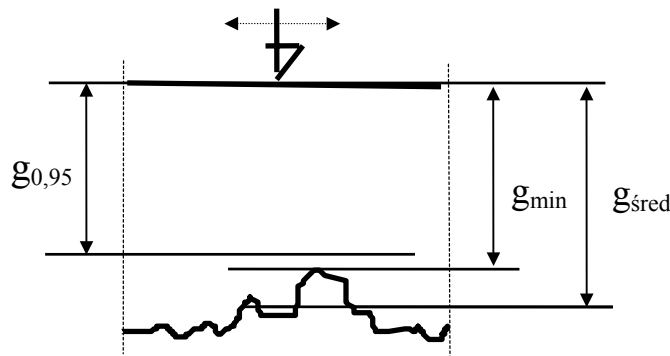
CZYNNIK		PARAMETR	SKUTEK
BADANY OBIEKT	MATERIAŁ	SKŁAD STRUKTURA ANIZOTROPIA	TŁUMIENIE, MIEJSCOWE ZMIANY PRĘDKOŚCI
	STAN POWIERZCHNI	CZYSTOŚĆ CHROPOWATOŚĆ PROFIL POWIERZCH	MOŻLIWE ZMIANY GRUBOŚCI OŚRODKA SPRZĘGAJĄCEGO
	POWŁOKA	RODZAJE POWŁOK	RÓŻNE PRĘDKOŚCI DŹWIĘKU W POWŁOCE I PODŁOŻU
	GEOMETRIA	NIERÓWNOLEGŁOŚĆ	ECHO DNA ZANIKA LUB MOŻE BYĆ ZNIEKSZTAŁCONE
KRZYWIZNA		UTRATA SKUTECZNOŚCI OŚRODKA SPRZĘGAJĄCEGO	
ZAKRES		ZNIEKSZTAŁCENIE ECHA DNA SPOWODOWANE TŁUMIENIEM	

7. STATYSTYCZNA ANALIZA WYNIKÓW

Zastosowanie podstawowej analizy statystycznej wyników pomiarów, budzącej często nieuzasadnioną niechęć doświadczonych operatorów, może dostarczyć dodatkowych informacji dotyczących przewidywanych minimalnych lub maksymalnych grubości mierzonego elementu, ustalić poprawność określania szybkości korozji lub erozji itp. Przedstawione procedury obliczeniowe [9] odznaczają się prostotą wykonywanych działań, a w konsekwencji pozwalają uzyskać bardziej przydatne, przetworzone wyniki pomiarów.

Niepewność standardowa wyniku pomiaru jest wyrażana w formie odchylenia standardowego (EN ISO 14253-1:1998). Wykorzystanie podstawowej procedury testu t pozwala na oszacowanie prawdziwej grubości dzięki ustaleniu przedziału ufności (interesuje nas przede wszystkim jego dolna granica), w którym, z określonym prawdopodobieństwem popełnienia, błędu znajduje się grubość mierzonego elementu. Jest to operacja stosunkowo prosta - funkcję takich obliczeń mają średniej klasy kalkulatory. Należy pamiętać, że parametrem istotnie wpływającym na zakres przedziału ufności jest też liczba pomiarów, na podstawie których staramy się określić prawdziwą grubość elementów. Istnieją odpowiednie procedury statystyczne umożliwiające określenie minimalnej liczby pomiarów, które gwarantują dalsze obliczenia w zakresie rozkładów normalnych. Praktycznie, jeżeli liczba pomiarów jest mniejsza od 30, korzystamy z rozkładu Studenta [1, 2]. Założmy, że mierząc

element o nominalnej grubości 12 mm (wyniki w granicach 11,8-12,0) trafiliśmy na wyraźny wżer. W obszarze jednego punktu pomiarowego (rys.1), przy niewielkich zmianach położenia głowicy, uzyskaliśmy 5 wyników: 10,1; 10,1; 9,9; 10,0; 9,8.



Rys. 1. Schemat pomiaru grubości elementu metodą ultradźwiękową
 g_{min} - minimalna grubość odczytana na wyświetlaczu grubościomierza
 $g_{\text{\u015bred}}$ - średnia arytmetyczna grubości z kilku pomiarów
 $g_{0,95}$ - minimalna grubość oszacowana na poziomie istotności 0,05

Przyjmując przedział ufności na poziomie istotności 0,05, określane zazwyczaj jako 95-procentowy przedział ufności (mamy 95% pewności, że wynik jest prawdziwy) obliczamy korzystając z rozkładu Studenta t

$$g_{0,95} = x_{\text{\u015bred}} - t * s(x) \approx 9,6 \text{ mm}$$

w którym:

$g_{0,95}$ - minimalna grubość oszacowana na poziomie istotności 0,05,

$x_{\text{\u015bred}}$ - średnia arytmetyczna grubości z „n” pomiarów,

t - parametr odpowiadający zadanemu poziomowi istotności 0,05 (odpowiednie tabele),

s(x) – odchylenie standardowe.

Uzyskany wynik pomiarów grubości daje nam 95% pewności, że wykonując dalej kolejne pomiary w tym punkcie nie uzyskamy wartości mniejszej. Takie obliczenia można przeprowadzić łatwo kalkulatorami inżynierskimi. Chcąc uzyskać większą pewność, np. 99%, musimy dla tej liczby pomiarów określić z tablic [10] nową wartość t. Po obliczeniach otrzymujemy, że zwiększona pewność dotyczy oszacowanej grubości $g_{0,99} \approx 9,4$ mm. Zwiększenie liczby pomiarów prowadzi do zmniejszenia wartości parametru t. Czasami, na podstawie wyników pomiarów grubości, musimy na przykład wskazać na bardziej zużyty element.

Obliczone grubości elementów różnią się niewiele. Maksymalnie upraszczając, można zastosować test „t” do oceny różnicy między dwiema średnimi (hipoteza

zerowa), konieczna jest jednak znajomość łącznego oszacowania odchylenia standardowego wyników pomiarów.

Wykorzystując proste procedury [11,12] statystycznej obróbki wyników pomiarów grubości mamy matematyczne podstawy do określania prawdopodobnych, nawet ekstremalnych wyników. Połączenie procedur statystyki matematycznej z praktyką i doświadczeniem może istotnie uwiarygodnić analizę wyniki pomiarów grubości.

8. SPRAWOZDANIE Z BADANIA

Zgodnie z [2], a także biorąc pod uwagę wymagania uzgodnione w fazie zapytania ofertowego i precyzowania zlecenia z zamawiającym, w sprawozdaniu z badań należy zaprotokołować następujące informacje:

- a) nazwisko operatora, dane o jego certyfikacie,
- b) informacje dotyczące firmy, pieczętę firmy,
- c) daty pierwszego i ostatniego pomiaru, informację o miejscu badania,
- d) rodzaj aparatu i charakterystyka głowicy, ich numery fabryczne,
- e) metoda i technika badania, rodzaj ośrodka sprzęgającego,
- f) określenie rodzaju mierzonego materiału, ogólny opis elementów poddanych kontroli,
- g) informacja o zleceniodawcy oraz cel badania,
- h) numery stosowanych procedur i instrukcji pomiarowych,
- i) podpis operatora.

Wyniki wykonanych pomiarów powinny być przedstawione w sprawozdaniu z badania w sposób jednoznaczny [2,8] i powinny zawierać: .

- a) identyfikator rozmieszczenia punktów pomiarowych,
- b) pierwotna grubość, dopuszczalne tolerancje,
- c) wyniki pomiarów, ubytki grubości, identyfikator stanu zagrożenia,
- d) rysunki pomocnicze wskazujące miejsca pomiarów i rozmieszczenie wyników specjalnych,
- e) wyniki badań wizualnych, komentarz co do stanu powierzchni.

Tak opracowane sprawozdanie z badań stanowi dokument umożliwiający pełną, techniczno ekonomiczną analizę uzyskanych wyników. Należy pamiętać też o poufności sprawozdań i stosować zasady przyjęte w systemie jakości laboratorium. W wielu laboratoriach, w celu ujednoczenia zapisu, sprawozdania mają formę stabelaryzowaną. Podano przykładowe sprawozdanie z badań z komentarzami do niektórych zapisów w poszczególnych rubrykach.

Pierwsza informacja, to dane o instytucji wykonującej badanie przedstawione w nagłówku raportu.

Środowiskowe Laboratorium Badań Nieniszczących ITMiA Politechniki Wrocławskiej
 ul. Łukasiewicza 3/5, 50-371 Wrocław, tel. (071) 320-37-78, fax 328-06-70
 Uznanie Centralnego Laboratorium Dozoru Technicznego nr L-II-079/28
PROTOKÓŁ BADANIA ULTRADŹWIĘKOWEGO GRUBOŚCI Nr 4/G/11/2002

W kolejnych rubrykach są dane zleceniodawcy, data, miejsce i cel badania oraz informacje o badanym elemencie.

Nr zlecenia: I-14/W-2	Symbol: DN 1200
Miejsce badania: Zakład	Data: 15-11-2002

CEL BADAŃ:	Określenie grubości ścianki stalowego rurociągu DN 1200
-------------------	---

DANE BADANEGO ELEMENTU

Strefa pomiarowa C. Obszar za 3 podporą przy 1 zawiesiu				
Grubość nominalna 14 mm (ewentualne odchyłki hutnicze)	Dane z poprzedniego badania: brak danych	Nr protokołu	Data badania	Ilość godz. pracy

W opisywanym przypadku brak było danych o badaniach wstępnych (często pozorne oszczędności na etapie przed eksploatacyjnym na etapie eksploatacji uniemożliwiają oszacowanie szybkości korozji czy erozji badanych elementów). Nie kontrolowano też grubości w trakcie użytkowania. Na pomiary zdecydowano się po wielu latach eksploatacji i drobnej awarii rurociągu.

W rubrykach dotyczących warunków technicznych badania zapisano podstawowe informacje identyfikujące jednoznacznie metodę pomiarową. Posiadając odpowiednie wzorce otworkowe, podano też wykrywalność wżerów korozyjnych w danym zakresie pomiarowym.

DANE TECHNICZNE BADANIA

Metoda badania	ultradźwiękowa echa głowicą podwójną		
Aparat ultradźwiękowy	UNIPAN 545LC nr fab. 120906, DIO 570 nr fab. 0282		
Głowica normalna	4LDF10, SM 843		
Materiał odniesienia	UG-4 , specjalny otworkowy		
Ośrodek sprzęgający	olej silnikowy, metoda kontaktowa		
Przygotowanie powierzchni	powierzchnia zabezpieczona powłoką plastikową, produkty korozji w miejscach z uszkodzoną powłoką, czyszczenie mechaniczne		
SKALOWANIE			
Głowica	min wada rejestrowalna	zakres obserwacji	uwagi
4LDF10 SM 843	2 mm wg OWR DIN	2 – 40 mm	skalowanie wg UG-4/15

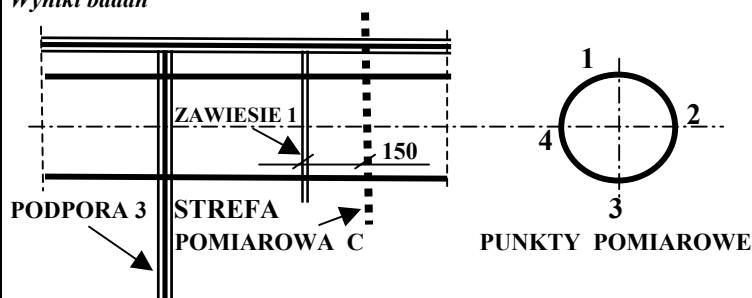
W kolejnej rubryce opisano podstawowe elementy procedury pomiarowej, z uwzględnieniem czynników bezpośrednio wpływających na niepewność pomiarów

grubości. Podano też odnośniki do szkiców określających pozycje punktów pomiarowych i tabele z wynikami pomiarów.

BADANIA

Badania wykonano zgodnie z „Instrukcją pomiarów grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi” obowiązującą ŚLBN. Pomiary przeprowadzono w zakresie kontroli wrywkowej, od strony zewnętrznej powierzchni rury. W obszarze każdego punktu pomiarowego wykonano 6 pomiarów grubości. Grubościomierz wzorcowano przed i po serii pomiarów dla obszaru punktu pomiarowego. Rozmieszczenie punktów pomiarowych pokazano na rys. 2, zaś wyniki badań zestawiono w tabeli 6. Badania przeprowadzono w dobrych warunkach atmosferycznych. W celu zwiększenia wiarygodności wyników pomiarów zwrócono szczególną uwagę na prawidłowe przygotowanie powierzchni przyłożenia głowicy, wielokrotnie skalowano grubościomierz w miejscu pomiaru oraz dodatkowo sprawdzono na próbce z kontrolowanego materiału, a także zastosowano obróbkę statystyczną wyników.

Wyniki badań



Rys. 2. Szkic położenia strefy C i punktów pomiarowych przy badaniach grubości od zewnątrz rury

Tabela 6. Wyniki pomiarów grubości ścianki rurociągu. Powierzchnia przyłożenia głowicy zewnętrzna. Strefa pomiarowa C (rys. 2). Grubość nominalna ścianki 14 mm.

Nr punktu Pomiarowego (Rys. 2)	Najmniejsza grubość zmierzona	Grubość średnia	Grubość obliczeniowa $\bar{x} - t \cdot s(x)$
-	[mm]	[mm]	[mm]
1	12,6	12,98	12,43
1 wżer	11,6	12,05	10,60
2	13,2	13,40	12,94
2 wżer	11,6	12,28	11,06
3	13,0	13,20	12,83
3 wżer	12,5	12,65	12,29
4	13,0	13,37	12,47
4 wżer	12,1	12,28	11,86

Analiza wyników

W strefie pomiarowej C stwierdzono istotne, równomierne ubytki grubości ścianki do grubości minimalnej obliczeniowej 12,47 mm oraz wżery zmniejszające miejscowo grubość obliczeniową do 10,60 mm

Nie przekroczono poziomu zagrożenia 10,5 mm, wyznaczonego przez nadzór techniczny.

Badania wykonał: Lesław Sozański II UT DGZfP nr J-020-24561 Podpis	Pieczętka Laboratorium	Otrzymuje: Zleceniodawca
Data:	Strona: ... Stron:	

Do takiego sprawozdania można dołączyć różne dodatkowe informacje. W naszym przykładowym raporcie podano, że na całej długości kontrolowanego rurociągu

określono grubość w 180 punktach pomiarowych. Pomiary przeprowadzono od wewnątrz i zewnątrz rurociągu. Nadzór dopuścił rurociąg do dalszej eksploatacji, z warunkiem wykonania kontrolnych pomiarów grubości w określonych punktach pomiarowych po 6 miesiącach eksploatacji itp.

Jeżeli zleceniodawca wymaga rozszerzonych lub dodatkowych informacji czy omówień technicznych, są one umieszczane w punkcie „Informacje dodatkowe” sprawozdania.

LITERATURA

1. FRIELINGHAUS R., Możliwości i ograniczenia przy pomiarach grubości metodą ultradźwiękową, *Badania Nieniszczące*, 1997, nr 10/11
2. pr EN 14127:2001 *Badania nieniszczące-Ultradźwiękowy pomiar grubości*
3. SOZAŃSKI L., Influence of factors on accuracy of thickness measurements using digital ultrasonic gauges, *DGZfP-Jahrestagung Zerstörungsfreie Materialprüfung*, Dresden 1997.
4. SOZAŃSKI L., Błędy pomiaru grubości metodą ultradźwiękową, *Materiały konferencyjne IV Konferencji Metrologia w Technikach Wytwarzania Maszyn. ITMiA PWr, Szklarska Poręba 1993*
5. SOZAŃSKI L.: Zastosowanie wzorców otworkowych do oceny głowic podwójnych grubościomierzy ultradźwiękowych. *Materiały 28 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących. SIMP, Szczecin 1987 I24/87/I-035*
6. SOZAŃSKI L.: Kontrola eksploatacyjna metodami nieniszczącymi elementów pracujących w podwyższonych temperaturach, *Problemy i innowacje w remontach energetycznych. PIRE'98. OBR-GRE, Kudowa Zdrój, 1998*
7. DOBROWOLSKI M., WIŚNIEWSKI G.: Certyfikacja personelu badań nieniszczących - Nowości roku 2000. *Materiały seminaryjne IPPT „Nieniszczące badania materiałów”, Biuro Gamma, Warszawa 2001*
8. HLEBOWICZ J., WIŚNIEWSKI G.: *Laboratoria badań nieniszczących, Biuro Gamma, Warszawa 2001*
9. SOZAŃSKI L.: Elementy statystyki w analizie wyników pomiarów grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi. *Materiały 28 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących. SIMP, Warszawa 1999*
10. VOLK W.: *Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT Warszawa, 1973*
11. 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*
12. 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. IDT ISO 2854:1976*