

Ocena stanu rur kotłowych, których grubość ścianek ulega zmniejszeniu wskutek erozji lub korozji

Ubytki erozyjno-korozyjne grubości ścianek rur kotłowych podnoszą nie tylko koszty eksploatacji lecz wznacznym stopniu wpływają na obniżenie niezawodności i dyspozycyjności całego bloku energetycznego. Wykrycie tego rodzaju uszkodzeń na obu powierzchniach rur stwarza warunki do zastosowania zapobiegawczych środków.

Częste przypadki pękania rur powierzchni ogrzewalnych w trakcie eksploatacji kotła mogą być powodowane ścienieniem ścianki, obecnością osadów itp. Procesy erozyjno – korozyjne mają charakter miejscowy i zdarzają się przypadki, gdy na jednej wężownicy występują miejsca nie zaatakowane oraz z grubością zmniejszoną poniżej wartości dopuszczalnej.

Z tego też powodu względnie wysoka liczba uszkodzeń, która poraża kotły (powodowana ubytkami grubości) uniemożliwia opracowanie jakiejś ogólnej procedury badania, która by pozwalała unikać wstępnych badań laboratoryjnych. W związku z tym istnieje więc potrzeba uproszczonego badania nieniszczącego, zapewniającego wystarczającą dokładność oraz łatwość jej zastosowania.

Najczęściej stosowane metody do wykrywania ubytków grubości ścianki polegają na:

- badaniu niszczącym wycinka,
- badaniu endoskopowym,
- pomiarze grubości ścianki metodą ultradźwiękową w poszczególnych punktach układu rurowego.

Metoda endoskopowa oraz badanie wycinków są bardzo drogie i długotrwałe i w związku z tym nie mogą być zastosowane na szerszą skalę.

Natomiast pomiar grubości ścianki metodą ultradźwiękową oprócz tego, że wymaga specjalnego przygotowania powierzchni badanej rury nie daje 100% pewności albowiem miejsca pomiaru są punktowe i wybierane statystycznie, co nie daje pewności, że pokrywają się one z rzeczywistością.

Mając na uwadze niedostatki dotychczas stosowanych metod w ciągu ostatnich lat zostało opracowane wiele nowych metod m.in. takich jak EMA (Electromagnetic Acoustic), które bez specjalnego przygotowania powierzchni mogą być zastosowane do ciągłego pomiaru grubości.

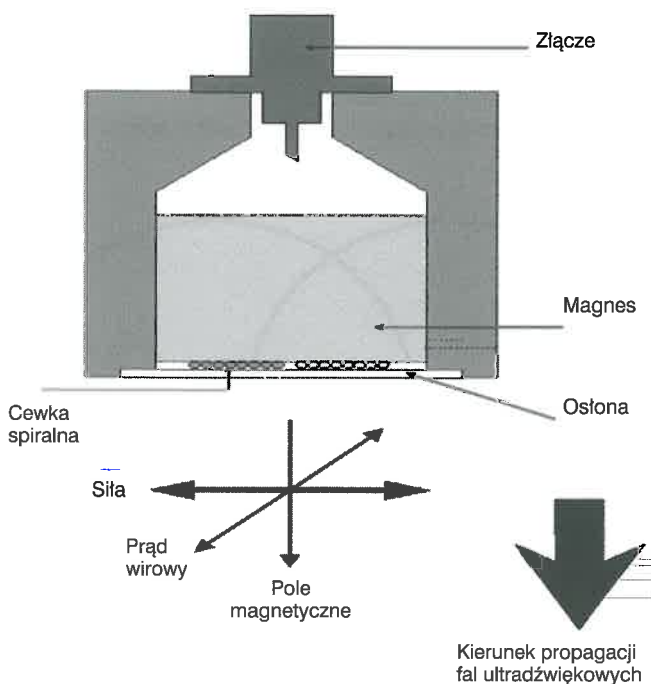
Zasada działania przetworników EMAT

Pomiar grubości z wykorzystaniem przetworników EMAT prowadzony jest najczęściej metodą echa w sposób podobny jak przy użyciu klasycznych grubościomierzy ultradźwiękowych z głowicami piezoelektrycznymi.

Impulsowa metoda echa polega na pomiarze czasu, po którym wygenerowany impuls fali ultradźwiękowej powraca do powierzchni, przez którą został wprowadzony, po co najmniej dwukrotnym przejściu przez badany materiał i odbiciu od jego przeciwległych powierzchni.

Metoda EMA jest zdolna do wzbudzenia i wykrycia fal ultradźwiękowych w przewodzie przez małą szczelinę powietrzną dlatego też możemy wykonywać pomiary ultradźwiękowe bez płynu sprężającego oraz na nie oczyszczonych powierzchniach.

Głównymi elementami głowicy z przetwornikiem EMAT (Electromagnetic Acoustic Transducer) są: cewka wzbudzająca oraz magnes stały lub elektromagnes (rys.1).



Rys.1. Schemat przetwornika EMAT

Cewka jest zasilana prądem o dużej częstotliwości, w zakresie od 100 kHz do 4 MHz. Wskutek oddziaływania pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez cewkę w powierzchniowej warstwie obiektu są indukowane prądy wirowe. W obszarze, w którym płyną prądy wirowe, przez magnes jest wytwarzane stałe pole magnetyczne. Wynikiem oddziaływania stałego pola magnetycznego na prądy wirowe jest siła Lorentza. Powoduje ona drgania powierzchni obiektu rozchodzące się w głąb tego obiektu zgodnie z częstotliwością prądu wzbudzającego.

W wyniku drgań przewodzącego ośrodka w stałym polu magnetycznym w ośrodku tym indukowane są prądy wirowe. Prądy te wytwarzają zmienne pole magnetyczne, które indukuje napięcie na cewce odbiorczej lub na cewce wzbudzającej w przypadku zastosowania tylko jednej cewki.

Opisana zasada elektromagnetycznego wzbudzania i odbioru fal ultradźwiękowych dotyczy materiałów nieferromagnetycznych. Natomiast w przypadku materiałów ferromagnetycznych sytuacja staje się bardziej skomplikowana. Wynika to głównie z faktu, że w materiałach ferromagnetycznych istnieją inne, niż wynikające z siły Lorentza, mechanizmy przetwarzania energii fali elektromagnetycznej na energię pola ultradźwiękowego. Oprócz siły Lorentza występują tu również; siła magnetyczna wynikająca z własności magnetycznych materiału oraz siła wynikająca z zjawiska magnetostrykcji.

Wzbudzanie fal ultradźwiękowych w metalach ferromagnetycznych następuje za pomocą tej samej konfiguracji przetwornika jak w przypadku metali nieferromagnetycznych. Prąd zmienny przepływający przez cewkę wzbudzającą wytwarza w badanym ferromagnetyku zmienne pole magnetyczne, które jest źródłem powyżej omówionych sił. Siły te, do powstawania których nie jest konieczny przepływ prądów wirowych, tak jak siła Lorentza w materiałach nieferromagnetycznych powodują drgania powierzchni materiału.

Właściwości metody EMA

Metoda elektromagnetyczno-akustyczna EMA posiada jedną niekwestionowaną zaletę w stosunku do metod ultradźwiękowych a mianowicie, możliwość bezstykowego pomiaru grubości rur kotłowych, co pozwala na szybsze i dokładniejsze określenie stanu tych elementów. Porównanie korzyści metody EMA do konwencjonalnej metody ultradźwiękowej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1
Zestawienie cech dwóch metod oceny stanu rur kotłowych

Wyszczególnienie	Konwencjonalna metoda ultradźwiękowa	EMA
Rusztowanie	Wszystkie obszary objęte pomiarami	Wszystkie obszary objęte pomiarami
Przygotowanie powierzchni	Dokładne oczyszczenie miejsc pomiaru	Tylko pobieżne
Zasięg	Ograniczony nagrzanymi powierzchniami	Ograniczony nagrzanymi powierzchniami
Dokładność	Zależna od przygotowania powierzchni	Do 0,1 mm
Szybkość	Czasochłonne przygotowanie powierzchni	Szybka
Koszt aparatury	Niski	Niski
Umiejętności obsługi	Niskie	Średnie

Należy tu jednak również przybliżyć kilka innych istotnych właściwości przetworników EMAT.

Pomimo, że wierzchnia warstwa rurek kotła głównie jest pokryta tlenkami (magnetyt hematyt), które powodują dodatkowo zwiększenie odbieranego sygnału to również znajdują się na niej różne produkty niecałkowitego spalania oraz innych procesów zachodzących w palenisku kotła. Ta zmienność składu chemicznego i stopnia przylegania do podłoża warstwy pokrywającej powierzchnie rur kotłowych może spowodować zakłócenia odbieranego sygnału. Z tej przyczyny powierzchnie rurek należy wstępnie oczyścić (np. przez szczotkowanie) z osadów.

Drugą wadą metody EMA jest mała dokładność, amplituda sygnałów odbieranych przez układ nadawczo-odbiorczy przetwornika EMAT jest o 40 – 50 dB mniejsza niż przetworników piezoelektrycznych. Jednak w przypadku pomiaru grubości wada ta jest mało istotna gdyż już wynoszący np. tylko 6 dB odstęp napięciowy sygnału od szumu wystarcza często na przeprowadzenie tego pomiaru.

Kolejną wadą jest duża strefa martwa przetworników EMAT, zwłaszcza że nie jest możliwe opóźnienie chwili wejścia sygnału nadawczego do badanego materiału, co jest często stosowane w przetwornikach piezoelektrycznych. Duża strefa martwa wynika z konieczności zasilania cewki prądem o wysokim napięciu sięgającym kilowoltów co jest spowodowane małą dokładnością metody EMA. Taki stan rzeczy powoduje, że przez co najmniej kilka mikrosekund (w czasie którym opadnie napięcie z cewki) nie jest możliwy odbiór żadnych ech gdyż napięcie w cewce zagłusza odbierany sygnał z obiektu badanego. W wyniku tego zjawiska minimalna grubość mierzona za pomocą grubościomierzy EMAT opartych na metodzie echa wynosi od 3 mm do 7 mm. Częściowo problem ten można rozwiązać stosując do pomiaru grubości analizę widma odbieranych impulsów lub wykorzystując fale płytowe, które charakteryzują się silną zależnością prędkości tych fal od częstotliwości. Natomiast najprostszym sposobem jest zastosowanie dwóch odrębnych cewek nadawczej i odbiorczej. Dziś niektóre firmy produkujące sondy twierdzą, że są w stanie wykrywać wady materiałów już od głębokości 0,7 mm.

Niekorzystny wpływ na dokładność pomiaru za pomocą metody EMA ma również zmiana amplitudy odbieranego sygnału przy zmianie odległości przetwornika od badanego obiektu (zjawisko unoszenia). Zmiana amplitudy sygnału odbieranego powoduje błąd określenia chwili pojawienia się impulsu co w przypadku impulsowej metody echa jest bardzo istotne. Ponadto zarówno amplituda fali ultradźwiękowej wytwarzanej przez przetwornik EMAT, jak i amplituda sygnału indukowanego w przetworniku odbiorczym, zmniejszają się wykładniczo ze wzrostem odległości przetwornika od powierzchni metalu. Efekt unoszenia powoduje, że odległość przetwornika od badanego obiektu może sięgać najwyżej wartości 1 – 2 mm.

Wraz z wchodzeniem na rynek metody EMA, której zastosowanie jest umiejscowione w tym samym obszarze co metoda ultradźwiękowa, powstaje pytanie, która z tych metod ma większe walory techniczno-ekonomiczne. Biorąc pod uwagę powyżej omówione wady metody EMA oraz porównanie z metodą ultradźwiękową (tab.1) trzeba powiedzieć, że pomimo tych wad metoda EMA posiada bardzo kuszącą zaletę (bezstykowy pomiar), która w przypadku badań doraźnych oraz pomiarze grubości ścianki zdaje się być nieoceniona. Ponadto należy tu jeszcze wspomnieć, iż jest ona w stanie zmierzyć grubość warstwy pokrywającej badany materiał jeżeli oczywiście jest ona grubsza niż minimalny zakres stosowania tych przetworników. Jednak konwencjonalna metoda ultradźwiękowa będzie miała większe zastosowanie w przypadku badań dokładnych gdy konieczne jest precyzyjne określenie wymiarów wady w materiale.

Dr inż. Roman Martyna
Laboratorium „LRM”¹⁾

Nowe technologie w diagnostyce rur stalowych

Znaczący rozwój technik diagnostycznych, elektroniki i informatyki pozwolił na opracowanie nowych urządzeń i technologii NDT / NDE do diagnostyki zużycia rur stalowych w czasie ich eksploatacji.

W niniejszym artykule przedstawiono dwie nowe metody diagnostyczne dla badań rur stalowych:

- metodę EMAT – w której wykonuje się pomiar grubości ścianek rur kotłów opalanych węglem kamiennym lub brunatnym bez konieczności ich czyszczenia
- metodę MFL – przewidującą wykrywanie i pomiar wielkości wad wewnątrz jak i na zewnątrz oraz pocienienia ścianek rur wymienników ciepła.

Obie metody nie są jeszcze stosowane w Polsce, choć przeszły pozytywnie testowanie w Elektrowni Jaworzno III, natomiast są powszechnie stosowane zarówno w wysoko rozwiniętych krajach świata takich jak USA, Japonia, Anglia, jak i wielu innych jak Singapur, Meksyk, Argentyna, Szwecja.

Autor niniejszego artykułu i jego laboratorium „LRM” produkuje i dostarcza do wyżej wymienionych krajów specjalizowane sondy LRM-EMAT i próbki odniesienia (wzorce pomiarowe) do pomiaru grubości ścianek rur kotłowych od strony opalanej, oraz SYSTEM DIAGNOSTYCZNY LRM-XXI do badania stalowych rurek wymienników ciepła i lin stalowych.

¹⁾ www.lrm.com.pl

LITERATURA:

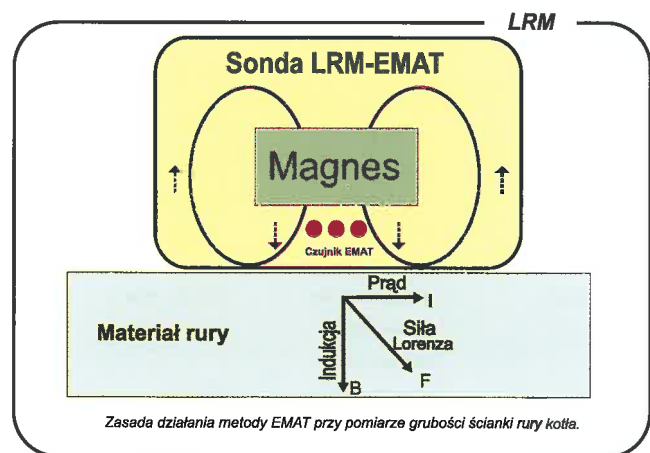
- [1] Lewińska-Romicka A.: Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii. WNT, Warszawa 2001
- [2] Filus Z.: Przetworniki elektromagnetyczno-akustyczne. Teoria i zastosowania. Praca habilitacyjna. Gliwice, Pol. Śląska, 1997
- [3] Lant T. Nacera Le Mat Hamata: Use of innovative NDE in boiler component life assessment. VII Sympozjum informacyjno-szkoleniowe. Ustroń, październik 2005



Autor miał okazję prowadzić takie badania w USA i szkolić badających w różnych krajach.

Metoda Emeat

Sondy LRM-EMAT współpracują z typowymi grubościomierzami ultradźwiękowymi generującymi falę prostokątną o amplitudzie minimum 300V. Pomiar grubości nie wymaga czyszczenia, a tym bardziej piaskowania rur, oraz sprzężenia ciekłego między sondą a rurą, co znacznie zmniejsza koszt przeprowadzonych pomiarów.



Rys. 1. Zasada działania sond LRM-EMAT