

LABORATORIUM METOD I TECHNIK BADAŃ MATERIAŁÓW

ĆWICZENIE NR 5

BADANIA DEFEKTOSKOPOWE

Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z zasadami badań defektoskopowych - radiologicznych, ultradźwiękowych, magnetycznych i penetracyjnych oraz ich zastosowaniem w praktyce przemysłowej.

Badania defektoskopowe pozwalają na wykrywanie wad powierzchniowych i wewnętrznych, takich jak: pęknięcia, pory, pęcherze, rzadzizny lub inne nieciągłości materiału, większe wtrącenia niemetaliczne, itp., bez niszczenia badanego elementu. Są one stosowane głównie do kontroli jakości materiałów, gdyż ich zaletą jest możliwość 100 procentowej kontroli, a nie wyrywkowej, jak w przypadku metod niszczących.

1. Badania magnetyczne

Przez metody magnetyczne rozumiemy te wszystkie sposoby i metody badań, w których w celu zbadania przedmiotu wykrywa się lub mierzy pola magnetyczne albo ich oddziaływanie dynamiczne, przy czym magnesuje się cały badany przedmiot lub tylko jego część.

Wykrywanie nieciągłości za pomocą metod opartych na działaniu linii sił, polega na wykrywaniu lub mierzeniu magnetycznych pól rozproszenia, które występują w badanych przedmiotach (namagnesowanych w odpowiedni sposób) wskutek lokalnych zmian przenikalności w miejscach nieciągłości i wad. Poszczególne metody różnią się między sobą głównie sposobem ujawniania pól rozproszenia.

Bliższa obserwacja przebiegu linii sił pola magnetycznego w namagnesowanym przedmiocie (rys.1), którego materiał zawiera niejednorodność lub nieciągłości magnetyczne w wyniku istnienia pęknięć lub wtrąceń materiałów słabo lub w ogóle niemagnetycznych wykazuje, że:

- a) największa część linii sił omija trudne dla nich do przezwyciężenia miejsce nieciągłości (wady) i obiera drogę przez pozostały przekrój przedmiotu; dlatego na brzegu pęknięcia dochodzi do zagęszczenia linii sił;
- b) część linii sił biegnie drogą początkową także i przez miejsce wadliwe;
- c) reszta linii sił, zazwyczaj bardzo niewielka, zostaje już w pewnej odległości od wady, odchylona od początkowego kierunku przez utworzone po obydwu stronach wady bieguny magnetyczne i wychodzi z powierzchni przedmiotu w pobliżu wady prawie prostopadle w otaczającą przedmiot przestrzeń powietrzną; zjawisko to określa się jako magnetyczny strumień rozproszenia i może być zaobserwowane np. na pęknięciu powierzchniowym ciała namagnesowanego. Strumień taki na danym pęknięciu jest znacznie szerszy niż samo pęknięcie, co ma decydujące znaczenie dla wykrywalności wad metodą strumienia rozproszenia.

Dla wytworzenia dobrze wykrywalnego strumienia rozproszenia jest jednakże konieczne, aby miejsce wadliwe znajdowało się bezpośrednio na powierzchni, lub przynajmniej tuż pod powierzchnią przedmiotu. Jakkolwiek pola rozproszenia tworzą się także i przy wadach usytuowanych wewnątrz materiału, to jednak są one o wiele słabsze i

dlatego nie da się ich wykryć na powierzchni. Wykrywalny strumień rozproszenia może się zazwyczaj wytworzyć tylko wtedy, gdy wada tworzy z kierunkiem magnetycznych linii sił kąt od 45 do 90°. (rys.2). Natężenie pola rozproszenia zależy przy tym zarówno od indukcji magnetycznej B, jak i od magnetycznych właściwości materiału. Najlepsze wyniki otrzymuje się, posługując się wartością indukcji, leżącą powyżej załamania na krzywej magnesowania, a więc przypadającą na początek nasycenia magnetycznego.

Ilość wychodzących w powietrze linii rozproszenia określana jest przez oporność magnetyczną pozostałego przekroju przedmiotu. Im większa jest ta oporność, tym silniejsze jest pole rozproszenia. Po przekroczeniu największej stromizny krzywej magnesowania, odpowiednio do maksymalnej przenikalności, oporność magnetyczna rośnie ze zmniejszeniem się przekroju silniej niż poprzednio. Opór magnetyczny otaczającej przestrzeni nie zmienia się przy tym, wskutek czego rośnie ilość linii sił w polu rozproszenia.

2. Metody indukcyjne

Metody indukcyjne lub metody prądów wirowych stosowane w badaniach nieniszczących polegają na wykrywaniu różnic fizycznych właściwości materiału badanych elementów za pomocą zmiennego pola magnetycznego. W praktyce wykonuje się to w ten sposób, że badany element, o określonych wymiarach, wykonany z materiału o danej elektrycznej przewodności właściwej i przenikalności magnetycznej, wprowadza się zmienne pole magnetyczne cewki zasilanej prądem

zmiennym. Pod wpływem tego pola w elemencie indukują się prądy wirowe, które z kolei wytwarzają własne pole, skierowane zgodnie z regułą Lenza, przeciwnie do pola cewki. W rezultacie w obrębie cewki powstaje pole wypadkowe różne od pierwotnego. Zmiana, jakiej doznaje pole cewki wskutek wprowadzenia metalowego elementu zależy od elektrycznych i magnetycznych własności materiału tego elementu i jego wymiarów oraz od konstrukcji cewki i częstotliwości pola wzbudzającego. W zależności od rodzaju cewek rozróżnia się metodę cewki stykowej (rys. 3) i cewki przelotowej (rys.4).

W badanym elemencie, umieszczonym w cewce, indukują się prądy wirowe, których rozkład zostaje zakłócony w przypadku pojawienia się wady o charakterze nieciągłości materiału. Obecność takiej wady zmniejsza czynny przekrój dla przepływu prądów wirowych, dając w przybliżeniu efekt taki, jak zmniejszanie się przewodności właściwej w całym przekroju elementu.

Charakterystyczne dla rozkładu prądów wirowych jest to, że ich natężenie, największe na powierzchni elementu, zmniejsza się w miarę posuwania się w głąb i spada do zera w jego środku. Wskutek tego największe zakłócenia prądów wirowych powodowane są przez wady powierzchniowe, które z tego właśnie powodu są łatwiej wykrywalne od wad wewnętrznych.

Wielkość zakłócenia powodowanego przez wadę zależy od wielkości powierzchni przekroju prostopadłego do kierunku prądów wirowych, który nazywamy czynnym przekrojem wady. Nawet głęboka wada biegnąca w kierunku zgodnym z liniami prądów wirowych nie daje

prawie żadnego zakłócenia prądów wirowych, podczas gdy nawet płytka wada, ale prostopadła do linii prądów, zakłóca je bardzo znacznie.

3. Badania ultradźwiękowe

W badaniach ultradźwiękowych wykorzystuje się wpływ własności sprężystych i jednorodności struktury materiału na rozchodzenie się fal ultradźwiękowych. Badanie tego wpływu opiera się na obserwacji natężenia i zmian kierunku fal ultradźwiękowych w badanym materiale oraz na pomiarach czasu przejścia fal przez materiał.

Metody defektoskopii ultradźwiękowej dzielimy na metody: echa, cienia i rezonansu. W metodach tych falę ultradźwiękową biegnącą w ośrodku ciągłym (badanym detalu) wytwarzamy **za** pomocą przetworników przyłożonych do powierzchni ośrodka.

3.1. Metoda echa

W metodzie tej wykorzystuje się zjawisko odbicia fali padającej na wadę materiałową (pęknięcie, pęcherze powietrza, wtrącenie niemetaliczne itp.) (rys.5). Odbicie następuje od granicy utworzonej przez ośrodek oraz wadę. Wada materiałowa jest, bowiem pewnym obszarem o akustycznej oporności falowej różniącej się na ogół znacznie od akustycznej oporności falowej badanego ośrodka. Jeżeli zatem stwierdzamy, że w badanym ośrodku występuje zjawisko odbicia fal, możemy stąd wnioskować o występowaniu nieciągłości. Ponadto, jeśli potrafimy zmierzyć czas, jaki upływa od chwili wysłania fali w badany ośrodek do chwili powrotu fali odbitej od nieciągłości, to znając prędkość rozchodzenia się fali możemy znaleźć drogę przebytą przez falę. W ten sposób jesteśmy w stanie wykryć

i zlokalizować wadę materiałową występującą w ośrodku ciągłym.

3.2. Metoda cienia

Zasada metody cienia polega na wprowadzeniu fal ultradźwiękowych z jednej strony badanego przedmiotu i na odbieraniu ich z drugiej strony, po przejściu fal przez przedmiot, przy równoczesnej obserwacji natężenia przechodzących ultradźwięków (rys.6). Każda nieciągłość na drodze fal ultradźwiękowych odbija je tworząc za sobą jak gdyby cień, co powoduje osłabienie natężenia fal przechodzących przez obszar z wadą.

3.3. Metoda rezonansu

Metoda rezonansu oparta jest podobnie jak metoda echa na zjawisku odbicia fal ultradźwiękowych od nieciągłości (wady) jednak, podczas gdy w impulsowej metodzie echa odbicie od wady obserwuje się oddzielnie od obrazu fal wysyłanych, to w metodzie rezonansowej obserwujemy nałożenie się na siebie fal padających i odbitych.

Naprężenia wywołane falami ultradźwiękowymi biegnącymi z różnych kierunków i spotykającymi się w danym miejscu ośrodka, dodają się do siebie. Jeżeli ciąg sinusoid naprężeń odbitych opóźniony jest względem ciągu sinusoid padających tak, że maksima tych naprężeń wypadają jednocześnie, mamy do czynienia z tzw. rezonansem amplitudy i obserwujemy największą amplitudę naprężenia w badanym materiale. Odbicie fal ultradźwiękowych między płaszczyznami równoległymi może

zachodzić wielokrotnie i możemy otrzymywać wielokrotne zwiększenie amplitudy w stosunku do amplitudy fal padających.

W defektoskopii ultradźwiękowej stosujemy dwie podstawowe odmiany metody rezonansowej: rezonans fali ciągłej i rezonans impulsowy.

4. Badania radiologiczne

Badania radiologiczne wykorzystują zjawisko absorpcji promieniowania rentgenowskiego lub promieniowania radioaktywnego przez materiały. Opierają się one na prostoliniowym przebiegu, które praktycznie nie ulegają załamaniu przy przejściu przez różne materiały, dzięki czemu można obserwować rzeczywisty obraz przedmiotu na kliszy lub ekranie (rys.7). Źródłem promieniowania X jest lampa rentgenowska, a źródłem promieniowania γ - radioaktywny preparat naturalny (np. rad) lub sztuczny (np. Co^{60} , Ir^{192}). Wiązka równoległych promieni przenika przez badany przedmiot, na którym zostaje częściowo rozproszona i absorbowana, częściowo zaś przepuszczona, dając na ekranie fluorescencyjnym lub kliszy fotograficznej obraz. Po przejściu wiązki przez warstwę o grubości d zmienia się jej natężenie zgodnie z zależnością:

$$I=I_0 e^{-\mu d}$$

d - grubość warstwy,

μ - współczynnik pochłaniania zależny od rodzaju materiału.

I – natężenie wiązki po przejściu przez badany materiał

I_0 – natężenie wiązki pierwotnej

Jeżeli więc promienie przechodząc przez metal natrafią np. na pęcherz gazowy, to w miejscu tym tracą mniej na intensywności niż przechodząc przez metal. Odwrotnie, gdy przechodząc natrafią na wtrącenie o większym współczynniku pochłaniania niż metal osnowy (np. wtrącenie ołowiu w stopie miedzi), to zostaną bardziej osłabione po przejściu przez wtrącenie, niż przez osnowę. Obecność wad powoduje, więc różny stopień zaczernienia kliszy fotograficznej.

Pomiar fotometryczny intensywności zaczernienia kliszy w miejscu zdrowym i w miejscu wady umożliwia określenie jej grubości w kierunku równoległym do promieniowania. Jednak określenie dokładnych rozmiarów i położenia wady wymaga prześwietlenia przedmiotu w dwóch prostopadłych kierunkach.

Istotnym zagadnieniem w badaniach rentgenowskich jest wykrywalność wad, czyli czułość radiogramu. W celu określenia wykrywalności stosuje się wzorce kontrolne w postaci pręcików o grubości od 0,10 do 4 mm wykonane z aluminium, żelaza, miedzi (stosuje się je zależnie od badanego materiału). Wzorce układa się na przedmiocie prześwietlanym. Są one widoczne na radiogramie w postaci jasnych pasków. Wykrywalność metody sprawdza się obecnością śladów pręcików na radiogramie. Średnica najmniejszego widocznego wzorca odpowiada wykrywalności wady, co oznacza, że wszystkie wady o rozmiarach mniejszych są nieujawnione podczas badania. Wykrywalność powinna mieścić się w granicach 1,5 do 2% i grubości badanego przedmiotu.

5. Badania penetracyjne

Badania penetracyjne polegają na wykorzystaniu własności wnikania

pewnych cieczy w najdrobniejsze powierzchniowe szczeliny, pęknięcia i pory. Zaletą badań penetracyjnych jest ich prostota, łatwość przeprowadzania w dowolnych warunkach otoczenia i niezależność od rodzaju materiału badanego przedmiotu. Za pomocą badań penetracyjnych można wykryć pęknięcia, pory i szczeliny, jeżeli wady te wychodzą na powierzchnię badanego przedmiotu.

Badania penetracyjne polegają na wykonaniu następujących czynności :

- naniesieniu płynu penetracyjnego na badaną powierzchnię
- odczekaniu czasu potrzebnego na wniknięcie penetranta w szczeliny
- usunięciu penetranta z badanej powierzchni
- naniesieniu wykrywacza na badaną powierzchnię, który wywabia ze szczelin penetrant na powierzchnię
- oględzinach miejsc badanych i ujawnieniu wad
- usunięciu wykrywacza.

6. Wyposażenie stanowiska:

- defektoskop ultradźwiękowy
- zestaw odczynników do badań penetracyjnych
- negatoskop
- klisze fotograficzne i elementy przeznaczone do badań

7. Przebieg ćwiczenia

7.1. Badania radiologiczne

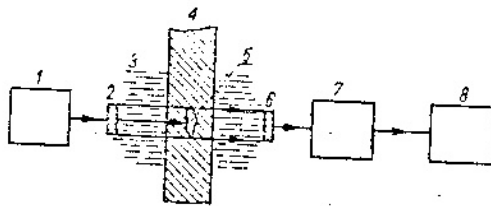
Opierając się na wskazówkach prowadzącego dokonać obserwacji na ekranie podświetlanym przykładowych błon rentgenograficznych. Następnie wykonać szkice obrazów, zaznaczyć i scharakteryzować występujące na nich wady.

7.2. Badania ultradźwiękowe

Wykonać szkice próbki prostopadłościowej z zaznaczonymi wadami oraz szkice obrazów na oscyloskopie w poszczególnych obszarach badań. Z obrazu oscyloskopowego wyznaczyć położenie wad i wyniki porównać z rzeczywistym umiejscowieniem wad w przedmiocie.

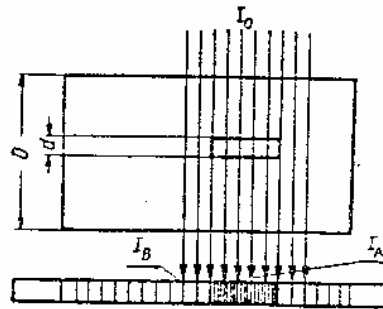
7.3. Badania penetracyjne

Przeprowadzić badania penetracyjne wału korbowego oraz wykonać jego szkic z zaznaczeniem wykrytych wad.

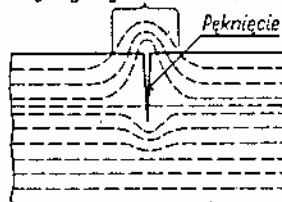


Schemat metody cienia defektoskopii ultradźwiękowej:
 1 — nadajnik (generator lampowy), 2 — ultradźwiękowy przetwornik nadawczy, 3 — ciecz sprzęgająca, 4 — materiał badany, 5 — wada w materiale badanym, 6 — ultradźwiękowy przetwornik odbiorczy, 7 — wzmacniacz (lampowy), 8 — wskaźnik natężenia ultradźwięków przechodzących przez badany materiał

Rys. 7. Schemat przejścia promieni rentgenowskich przez płytę metalową o grubości D i pęcherz gazowy o grubości d : I_0 — natężenie promieniowania rentgenowskiego padającego ze źródła, I_A — natężenie promieniowania po przejściu przez płytę w miejscu pęcherza gazowego, I_B — w miejscu metalu bez wad

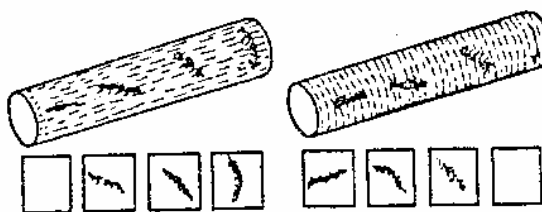


Magnetyczny strumień rozproszenia

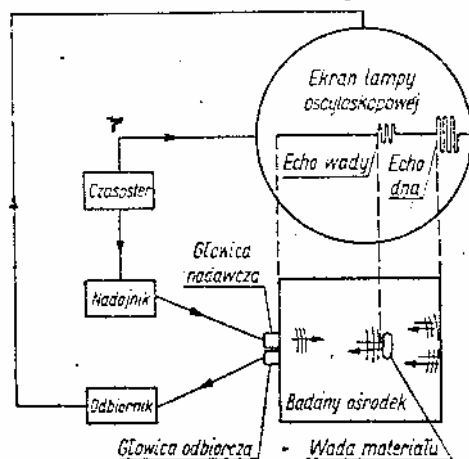
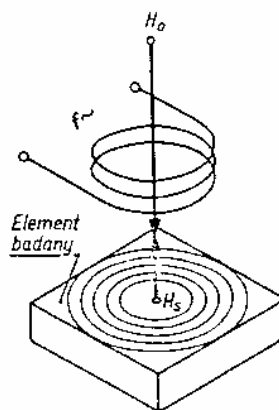


Rys. 4. Rozproszenie strumienia magnetycznego w sąsiedztwie pęknięcia powierzchniowego

Rys. 2. Zależność wyrazistości wady badanej metodą magnetyczną od ukierunkowania wady względem pola magnetycznego



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie metody cewki stykowej H_0 - pole pierwotne wytwarzane przez cewkę, H_s - pole wtórne wytwarzane przez prądy wirowe



Rys. 5. Ogólny schemat defektoskopu ultradźwiękowego zastosowanego do metody echa