



Patent dodatkowy
do patentu _____

Zgłoszono: 04.08.75 (P. 182535)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 14.02.77

Opis patentowy opublikowano: 30.08.1980

Int. Cl² G01N 29/00
G01B 17/00

BIBLIOTEKA

Urzędu Patentowego
Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej

Twórcy wynalazku: Julian Deputat, Andrzej Brokowski

Uprawniony z patentu: Polska Akademia Nauk, Instytut Podstawowych
Problemów Techniki, Warszawa (Polska)

Refraktometr ultradźwiękowy

1

Przedmiotem wynalazku jest refraktometr ultradźwiękowy służący do badania przebiegu kątowej zależności współczynnika odbicia fal ultradźwiękowych na granicy ciecz-ciało stałe, w celu określania własności fizycznych materiałów dla potrzeb naukowych i laboratoryjnych.

Do przeprowadzania opisanych badań akustycznych służy znany goniometr ręczny przedstawiony w patencie USA nr 3.364.732. Jest on zaopatrzony w klin akustyczny w postaci ćwiartki krążka, głowicę ultradźwiękową przystosowaną do przesuwania po cylindrycznej powierzchni tej ćwiartki krążka oraz w nadajnik i odbiornik ultradźwiękowy. Do pomiarów własności sprężystych badanego materiału wykorzystuje się kątowe zmiany poziomu amplitudy impulsu odbitego od naroża klina akustycznego. W opisanym goniometrze fala ultradźwiękowa biegnie od głowicy i dalej przez klin akustyczny, ulega odbiciu na granicy klin-materiał badany i powraca przez klin do głowicy. Goniometr mierzy maksimum energii odbitej od punktu padania na badany materiał przy krytycznym kącie padania.

W tym znanym urządzeniu poziom amplitudy echa od naroża klina oraz jego zmiany są ekstremalnie czułe na precyzję ustawienia środka wiązki ultradźwiękowej na krawędź naroża klina. Odczyt amplitudy musi się odbywać metodą punkt po punkcie, co jest uciążliwe. Dokładność odczytu kąta jest niewielka ze względu na brak kątomierza

2

optycznego. Urządzenie jest pozbawione monitora, który umożliwiłby zapis analogowy zmian poziomu echa od naroża klina. Brak jest również zespołów służących do rejestracji, a mianowicie: układu monitorowania kąta obrotu oraz układu generującego znaczniki kąta obrotu.

Wynalazek ma na celu skonstruowanie urządzenia, które przy wykorzystaniu znanych praw fizyki pozwalałoby na jednoczesny pomiar własności sprężystych i niesprężystych materiałów przy jednostronnym dostępie do badanego elementu i z dokładnością znacznie większą od dotychczas osiąganą.

Według wynalazku cel ten osiągnięto przez zbudowanie refraktometru ciecz-ciało stałe, zaopatrzonego w cieczowy goniometr ultradźwiękowy, nadajnik i odbiornik fal ultradźwiękowych z monitorem analogowym, zasilacz i dwukanałowy pisak X—Y. Goniometr ultradźwiękowy ma wypełnione cieczą naczynie cylindryczne z umocowaną w bocznej ścianie tego naczynia głowicą ultradźwiękową nadawczo-odbiorczą. W osi geometrycznej cylindrycznej powierzchni naczynia jest umocowana i przeprowadzona przez dno naczynia pionowa oś obrotowa. Na górnym końcu osi, wewnątrz naczynia, jest umocowany stolik pomiarowy, na którym ustawia się badaną próbkę. Poniżej naczynia do osi są przymocowane kątomierz i mechanizm napędowy. Mechanizm napędowy umożliwia ręczne i/lub mechaniczne wprowadzenie osi w ruch obro-

towy. Z tą samą osią są sprzężone obwód potencjometryczny, dający napięcie proporcjonalne do kąta obrotu osi, oraz układ fotoelektryczny znaczników kąta obrotu.

Oś głowicy nadawczo-odbiorczej jest ustawiona pod kątem prostym do osi naczynia cylindrycznego. Głowica ultradźwiękowa jest osadzona w bocznej ścianie naczynia cylindrycznego za pośrednictwem szczelnego uchwyty, który umożliwia jej wymianę i justację od zewnątrz naczynia.

Refraktometr według wynalazku jest przystosowany do współpracy z dowolnym defektoskopem ultradźwiękowym. Wspomniany kątomierz, osadzony na obrotowej osi, jest zaopatrzony w noniusz oraz w mikroskop odczytowy z oświetleniem.

Wspomniany obwód potencjometryczny, dający napięcie proporcjonalne do kąta obrotu osi głównej, pozwala na wybór przedziału kąta, w którym ma być rejestrowany przebieg kątowych zmian współczynnika odbicia. Fotoelektryczny układ znaczników kąta obrotu umożliwia dobór elementarnej działki znacznika w szerokim zakresie wartości kąta.

W refraktometrze według wynalazku fala ultradźwiękowa biegnie drogą od głowicy przez ciecz wypełniającą naczynie cylindryczne do badanej próbki, po odbiciu od niej przez ciecz do wewnętrznej powierzchni naczynia cylindrycznego, a po odbiciu od tej powierzchni powtórnie do próbki i po odbiciu od niej wraca przez ciecz do głowicy. Refraktometr daje kątową zależność współczynnika odbicia, z której to zależności można odczytać prędkość fal podłużnych, poprzecznych i powierzchniowych oraz tłumienie występujące w badanym materiale. Tak więc refraktometr pozwala na jednoczesny pomiar własności sprężystych i niesprężystych przy jednostronnym dostępie do badanego elementu. W wyniku pomiaru uzyskuje się informacje o własnościach cienkiej warstwy przypowierzchniowej, a uzyskiwana dokładność pomiarów prędkości fal sięga 2 m/sek. Stanowi to znaczny postęp w porównaniu do dokładności rzędu 100 m/sek., uzyskiwanej w znanych urządzeniach.

Przedmiot wynalazku jest dokładniej opisany na przykładzie wykonania w związku z rysunkiem, na którym fig. 1 przedstawia schemat urządzenia, a fig. 2 — schemat drogi fali ultradźwiękowej.

Jak uwidoczniło na rysunku, podstawowym zespołem refraktometru jest goniometr ultradźwiękowy zaopatrzony w cylindryczne naczynie 1. W bocznym otworze ścianki naczynia 1 jest umieszczona ultradźwiękowa głowica 2 uszczelniona za pomocą uchwyty 3, umożliwiającego precyzyjną regulację położenia osi wiązki ultradźwiękowej. Wewnątrz naczynia 1, na osi głównej, przechodzącej przez otwór w środku dna naczynia, jest umocowany obrotowy pomiarowy stolik 4, pozwalający na justację położenia badanej próbki. Stolik 4 jest osadzony na osi połączonej z napędowym mechanizmem 5 złożonym z silnika elektrycznego i układu bezłuzowych kół zębatach. Na tej samej osi, poniżej naczynia 1, jest osadzony optyczny kątomierz 6 z noniuszem. Ponadto ze wspomnianą osią jest sprzężony potencjometryczny obwód 7, dający

na wyjściu napięcie proporcjonalne do kąta obrotu, z możliwością wyboru przedziału zmian kąta oraz fotoelektryczny układ 8 znaczników kąta obrotu z możliwością doboru elementarnej działki znacznika. W napędowym zespole 5 jest umieszczone sprzęgło 9, umożliwiające włączanie napędu mechanicznego lub ręcznego. Napęd mechaniczny jest zaopatrzony w układ 10 sterowania. Optyczny kątomierz z noniuszem jest dodatkowo wyposażony w odczytowy mikroskop 11 ze źródłem światła.

Z głowicą 2 goniometru jest połączony zespół 12, zawierający nadajnik N i odbiornik O fal ultradźwiękowych z analogowym monitorem M. Ponadto refraktometr ma zasilacz 13 z połączeniami pokazanymi na rysunku oraz dwukanałowy pisak 14.

Wspomniany ultradźwiękowy nadajnik N służy do wytwarzania impulsów elektrycznych wysokiego napięcia, pobudzających do drgań przetwornik piezoelektryczny głowicy 2. Impulsy nadajnika mogą być wypełnione drganiami sinusoidalnymi o regulowanej częstotliwości lub mogą być niewypełnione. Zmiana częstotliwości fali ultradźwiękowej może być realizowana przez zmianę ultradźwiękowej głowicy 2 lub przez zmianę częstotliwości impulsu pobudzającego przetwornik na którąś z nieparzystych wielokrotności częstotliwości podstawowej użytego przetwornika. Odbiornik O stanowi szerokopasmowy wzmacniacz napięcia zmiennego. Monitor M daje na wyjściu napięcie proporcjonalne do amplitudy ciśnienia impulsu ultradźwiękowego odebranego przez głowicę 2. W przypadku pobudzania przetwornika impulsem niewypełnionym, zadania zespołu 12, obejmującego nadajnik, odbiornik i monitor, mogą spełniać odpowiednio zespoły typowych defektoskopów ultradźwiękowych.

Zasilacz 13 jest źródłem regulowanego napięcia zasilania silnika w napędowym zespole 5, napięcia zasilania styczników układu 10 sterowania, napięcia zasilającego fotoelektryczny układ 8 znaczników kąta obrotu, napięcia oświetlenia pola widzenia odczytowego mikroskopu 11, wzorcowego napięcia zasilającego potencjometryczny obwód 7 oraz napięcia zasilającego zespół 12.

Dwukanałowy pisak 14 jest urządzeniem o budowie konwencjonalnej, dostępnym na rynku.

Refraktometr według wynalazku działa w następujący sposób.

Ultradźwiękowa głowica 2, pobudzana impulsami elektrycznymi nadajnika N, wysyła impulsy fal ultradźwiękowych w kierunku badanego materiału. Impulsy te po odbiciu na granicy ciecz-badana próbka padają na wewnętrzną cylindryczną powierzchnię naczynia 1 i po odbiciu od niej powracają tą samą drogą do głowicy 2. Głowica przetwarza impulsy ultradźwiękowe na impulsy elektryczne o amplitudzie proporcjonalnej do ciśnienia impulsów ultradźwiękowych. Po wzmocnieniu i detekcji na wyjściu monitora M otrzymuje się napięcie proporcjonalne do amplitudy ciśnienia wybranego impulsu ultradźwiękowego. Napięcie to jest rejestrowane na tarczy Y pisaka 14.

Obrot próbki wokół własnej osi powoduje zmianę kąta padania wiązki fal ultradźwiękowych na

powierzchnię próbki. Rejestrowane w torze Y_1 zmiany amplitudy impulsu ultradźwiękowego w funkcji kąta obrotu próbki są spowodowane zmianami wartości współczynnika odbicia na granicy ciecz-próbka.

Z obrotem osi główicy goniometru jest sprzężony obrót optycznego kątomierza 6, obrót potencjometru 7 w układzie monitorowania kąta obrotu oraz obrót tarczy modulacyjnej w fotoelektrycznym układzie 8 znaczników kąta obrotu. Obrót osi głównej powoduje powstanie napięcia proporcjonalnego do kąta obrotu. Napięcie to jest doprowadzone do toru X pisaka 14. Generowane w układzie 8 znaczników kąta obrotu impulsy elektryczne są doprowadzane do toru Y_2 pisaka. Pisak rejestruje więc kątowy rozkład wartości współczynnika odbicia fal ultradźwiękowych na granicy ciecz-badane ciało stałe. Potencjometryczny układ 7 umożliwia wybranie dowolnego zakresu zmian kąta padania i rozciągnięcie go na całej szerokości pola roboczego pisaka 14.

W refraktometrze według wynalazku istnieje możliwość ręcznego napędu obrotu osi głównej goniometru i odczytywania bezpośrednio z optycznego kątomierza 6 wartości kątów padania dla charakterystycznych wartości amplitudy wybranego impulsu odbitego od powierzchni badanej próbki.

Na zarejestrowanej za pomocą pisaka 14 krzywej, przedstawiającej zmiany wartości współczynnika odbicia R w funkcji padania kąta α , występują charakterystyczne punkty odpowiadające krytycznym wartościom kąta padania, przy których kąty załamania poszczególnych rodzajów fal są równe 90° . Z krzywej $R(\alpha)$ wyznacza się wartości kątów krytycznych. Następnie z zależności:

$$C_2 = \frac{C_1}{\sin \alpha_{\text{cryt}}}$$

gdzie: c_1 — prędkość fali podłużnej w cieczy, c_2 — prędkość modułu, dla którego przy kącie padania α_{cryt} kąt załamania jest równy 90° , wyznacza się prędkości poszczególnych rodzajów fal w próbce, mianowicie: podłużnych c_L , poprzecznych c_T , powierzchniowych c_R , a także poszczególnych typów fal Lamba. Ze znanych zależności pomiędzy prędkościami fal wylicza się współczynnik Poissona i moduły sprężystości materiału próbki. Z jednego przebiegu $R(\alpha)$ wyznacza się wartości wszystkich modułów sprężystości 2 rzędu.

Najbardziej charakterystycznym na krzywej $R(\alpha)$ jest minimum odpowiadające kątowi padania α_{cryt} , przy którym fale powierzchniowe mają największą amplitudę. Wartość α_{cryt} wiąże się z własnościami sprężystymi warstwy przypowierzchniowej próbki o grubości rzędu długości wzbudzonych fal powierzchniowych. Głębokość i kształt minimum na krzywej $R(\alpha)$ wiąże się z własnościami niesprężystymi (tłumieniem) bada-

nego materiału. Wyznaczenie wartości α_{cryt} i kształtu minimum na krzywej $R(\alpha)$ pozwala na badanie wartości lub zmian wartości parametrów sprężystych i niesprężystych w procesach różnych oddziaływań, którym została poddana próbka. W szczególności przez pomiar α_{cryt} przy użyciu refraktometru według wynalazku bada się: naturalną anizotropię własności sprężystych ciał stałych, albo anizotropię wywołaną przez obróbkę plastyczną lub przez przyłożenie naprężeń; zmiany własności sprężystych i niesprężystych materiałów konstrukcyjnych spowodowane przez obróbkę cieplną, chemiczną, mechaniczną itp.; własności warstw dyfuzyjnych i galwanicznych; wpływ kumulacji uszkodzeń w procesie zmęczenia oraz orientację ziaren (teksturę).

Uzyskane dane pozwalają także na rozróżnianie gatunków materiałów konstrukcyjnych, wyznaczenie wartości stałych sprężystości II rzędu, a dla pewnych grup materiałów kruchych, takich jak: żeliwo szare, betony, niektóre tworzywa ceramiczne, w których występuje zależność między własnościami sprężystymi i wytrzymałościowymi, można wyznaczać wytrzymałość doraźną.

Zastrzeżenia patentowe

1. Refraktometr ultradźwiękowy zaopatrzony w goniometr z główicą ultradźwiękową oraz nadajnik i odbiornik ultradźwiękowy, **znamienny tym**, że cylindryczne naczynie (1) z umocowaną w otworze bocznej ścianki ultradźwiękową główicą (2) ma w osi powierzchni cylindrycznej umocowaną i przeprowadzoną przez dno pionową oś obrotu, na której górnym końcu, wewnątrz naczynia (1), jest umocowany pomiarowy stolik (4), a poniżej naczynia są do tej osi przymocowane kątomierz (6) i mechanizm (5) ręcznego i/lub mechanicznego napędu ruchu obrotowego oraz są z nią sprzężone potencjometryczny obwód (7) dający napięcie proporcjonalne do kąta obrotu osi i fotoelektryczny układ (8) znaczników kąta obrotu.

2. Refraktometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że oś nadawczo-odbiorczej główicy (2) jest ustawiona prostopadle do osi cylindrycznego naczynia (1).

3. Refraktometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że główica (2) jest umieszczona w uszczelnionym uchwycie (3) umożliwiającym jej wymianę i justację z wewnątrz cylindrycznego naczynia (1).

4. Refraktometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że jest przystosowany do współpracy z dowolnym defektoskopem ultradźwiękowym.

5. Refraktometr według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kątomierz (6) jest zaopatrzony w noniusz oraz w odczytowy mikroskop (11) ze źródłem światła.

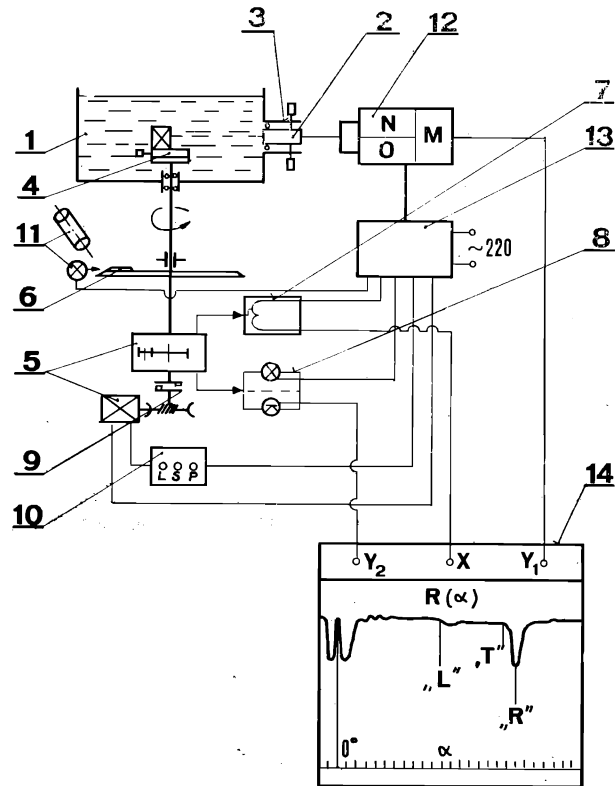


FIG. 1

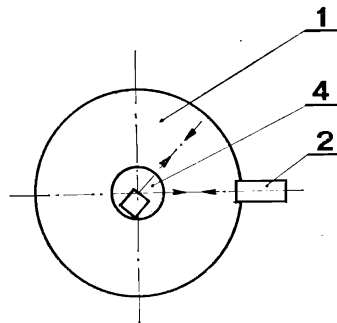


FIG. 2