

URZĄD
PATENTOWY
PRL



POLSKA
RZECZYPOSPOLITA
LUDOWA

OPIS PATENTOWY

138042

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

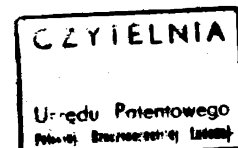
Zgłoszono: 82 03 26 (P. 235656)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 83 10 10

Opis patentowy opublikowano: 1987 04 30

Int. Cl.⁴ G01N 29/00
G01L 5/10



Twórcy wynalazku: Andrzej Brokowski, Julian Deputat, Krzysztof Mizerski, Wiktor Stańczyk

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

Sposób oraz przyrząd do ultradźwiękowych pomiarów naprężeń materiału badanych przedmiotów

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru naprężeń w materiale badanych przedmiotów wzdłużnych w takich jak szyny, belki, w których istnieje dostęp do jednej powierzchni oraz przyrząd do ultradźwiękowych pomiarów naprężeń, znajdujący zastosowanie w technice nieniszczących badań w przemyśle.

Znany jest z opisu patentowego USA nr 4210028 sposób i przyrząd do badania naprężeń w niewielkich obszarach elementów płasko-równoległych, np. złącz spawanych. Według tej metody na powierzchni badanego przedmiotu umieszcza się przetwornik mozaikowy, w którym każdy element pizoelektryczny jest zakończony stożkowym falowodem i może pełnić rolę punkowego nadajnika i odbiornika fal ultradźwiękowych. Za pomocą układu elektronicznego mierzy się czas przejścia fal ultradźwiękowych podłużnych na znanych drogach między elementami pizoelektrycznymi, pełniącymi rolę nadajników, a przeciwną powierzchnią badanego przedmiotu i elementami pizoelektrycznymi przetwornika pełniącymi rolę odbiorników w różnych konfiguracjach.

Wyniki pomiaru czasu przejścia są przetwarzane na odpowiadające rozkłady prędkości fal ultradźwiękowych w materiale badanego przedmiotu. Za pomocą komputera z algorytmem tomograficznym określa się z rozkładów prędkości odpowiadający rozkład naprężeń.

2

Znana metoda uniemożliwia uwzględnianie lokalnych własności sprężystych badanego materiału ani miejscowych różnic grubości. Wyniki przedstawiają rozkłady względnych wartości naprężeń.

5 Do pomiaru naprężeń za pomocą fal ultradźwiękowych znany jest również przyrząd z polskiego opisu patentowego 99399. Przyrząd wyposażony jest w głowicę ultradźwiękową z zamocowanym w niej przetwornikiem oraz obciążnikiem. Za pomocą tego przyrządu dokonuje się pomiarów naprężeń materiałów tylko w elementach płasko-równoległych o określonej grubości.

15 Znane głowice ultradźwiękowe nie pozwalają na wprowadzanie ultradźwiękowych fal podłużnych i poprzecznych do materiału tak, aby rozchodziły równoległe do powierzchni, z której zostały wprowadzone. Uniemożliwia to badanie rozkładu naprężeń w przedmiotach wzdłużnych takich jak szyny, belki czy pręty, w których dostępna jest tylko jedna powierzchnia.

20 Ponadto znane dotychczas sposoby pomiaru naprężeń za pomocą fal ultradźwiękowych nie uwzględniają indywidualnych własności sprężystych materiału badanego przedmiotu. Przy znacznych różnicach własności sprężystych w takich samych nominalnie materiałach nie jest możliwe dokonywanie pomiarów bezwzględnych wartości naprężeń, a tylko na śledzenie zmian naprężeń w wyniku zmian obciążenia.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu i konstrukcji przyrządu do pomiaru naprężeń materiału badanych przedmiotów przy wyeliminowaniu niekorzystnego wpływu różnic tłumienia fal ultradźwiękowych związanych z odmiennymi stanami naprężenia na dokładność wyników, a także możliwość uwzględnienia indywidualnych różnic własności sprężystych materiału.

Sposób według wynalazku polega na tym, że wiązki co najmniej dwóch typów fal ultradźwiękowych wprowadza się skośnie do powierzchni materiału badanego przedmiotu, które załamuje się pod kątem 90° . Na podstawie pomiarów czasów przejścia impulsów ultradźwiękowych przez znane drogi w materiale badanego przedmiotu i w odprężonym materiale wzorca oblicza się bezwzględną wartość naprężenia.

Do czasów przejścia impulsów ultradźwiękowych uwzględnionych w obliczeniach bezwzględnych wartości naprężeń stosuje się poprawki uwzględniające różnice temperatury oraz ewentualnie różnice własności sprężystych materiału wzorca i materiału badanego przedmiotu.

Zgodnie z wynalazkiem ultradźwiękowy przyrząd do pomiarów rozkładu naprężeń zawiera przynajmniej po jednym zespole głowic ultradźwiękowych, sprzęganych z powierzchnią badanego przedmiotu, do wytwarzania ultradźwiękowych fal podpowierzchniowych podłużnych i poprzecznych. Zespół głowic składa się przynajmniej z jednej głowicy nadawczej i co najmniej dwóch głowic odbiorczych, które to głowice ustawione są w zadanych położeniach względem siebie wzdłuż jednej linii.

Głowice nadawcze każdego zespołu połączone są z układem nadawczym, a głowice odbiorcze każdego zespołu połączone są z układem odbiorczym oraz przełączane układem komutacji. Układ nadawczy i układ odbiorczy połączone są z układem wizualizacji impulsów, z którym połączony jest układ synchronizacji połączony z układem pomiaru czasu. Natomiast zespół głowic połączony jest ponadto z układem kompensacji temperatury połączonym z układem pomiaru czasu.

Układ pomiaru czasu zawiera układ znacznika wyposażony w generator przestrajany impulsu prostokątnego o tak dobranym czasie trwania, że impuls ten po przejściu przez wzmacniacz ma kształt litery „V”. Wyjście układu znacznika jest połączone z układem wizualizacji impulsów ultradźwiękowych w taki sposób, że następuje sumowanie przebiegów.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia pomiar rozkładu naprężeń w badanych przedmiotach wzdłużnych, w których dostępna jest tylko jedna powierzchnia. Zespoły skośnych głowic ultradźwiękowych, w które wyposażony jest przyrząd według wynalazku umożliwia wytworzenie fal podpowierzchniowych podłużnych i poprzecznych w materiale badanego przedmiotu.

Przyrząd według wynalazku umożliwia dokładne pomiary czasu przejścia fal z wizualizacją odbieranego impulsu oraz z dokładnym naprowadzeniem znacznika czasu w położenie, do którego mierzy się czas przejścia.

Sposób pomiaru według wynalazku umożliwia uwzględnienie indywidualnych różnic własności sprężystych materiału badanego przedmiotu, a więc możliwość pomiarów bezwzględnych wartości naprężenia, dzięki zastosowaniu pomiarów czasu przejścia przez badany odcinek materiału dwóch typów fal ultradźwiękowych.

Przyrząd do ultradźwiękowych pomiarów rozkładu naprężeń, według wynalazku, jest przedstawiony schematycznie w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat blokowy przyrządu, a fig. 2 przedstawia zespół głowic ultradźwiękowych sprzężony akustycznie z badanym przedmiotem. Przyrząd zawiera jeden zespół do wytwarzania i odbierania fal ultradźwiękowych podłużnych i drugi zespół do wytwarzania i odbierania fal ultradźwiękowych poprzecznych. Zespół 1 składa się z głowicy nadawczej N_g i dwóch głowic odbiorczych O_1, O_2 . Głowice N_g połączone są z układem nadawczym N , a głowice O_1 i O_2 połączone są z układem odbiorczym O . Głowice N_g, O_1, O_2 połączone są z układem 3 nadawczo-odbiorczym, poprzez układ komutacji 2, połączony z układem 7 pomiaru czasu. Z układem 3 nadawczo-odbiorczym połączony jest układ 4 wizualizacji impulsów, z którym połączony jest układ synchronizacji 5 połączony również z układem 3 nadawczo-odbiorczym. Z układem synchronizacji 5 połączony jest układ pomiaru czasu 7, z którym połączony jest układ 6 kompensacji temperatury połączony z zespołem 1 głowic ultradźwiękowych. Głowica nadawcza N_g i głowice odbiorcze O_1, O_2 zespołu 1 ustawione są w szereg wzdłuż linii. Jak pokazano na fig. 2 są to głowice skośne z klinami sprzęgającymi z tworzywa sztucznego i przetwornikami pizoelektrycznymi o częstotliwości 4 MHz.

Kąty padania wytworzonych przez przetworniki głowic nadawczych N_g wiązek ultradźwiękowych na powierzchnie materiału badanego przedmiotu są tak dobrane, że po załamaniu fale podłużne i fale poprzeczne rozchodzą się równoległe do jego powierzchni.

Odległość między głowicami odbiorczymi O_1 i O_2 na fale podłużne wynosi 196 mm, a na fale poprzeczne wynosi 106 mm. Przy tak dobranych odległościach wartości czasu przejścia fal podłużnych i fal poprzecznych między głowicami odbiorczymi O_1 i O_2 są bliskie sobie i wynoszą około 33 μs , a temperaturowe zmiany czasów przejścia praktycznie nie różnią się od siebie i dla każdego zespołu 1 wynoszą 3 ms na jeden stopień.

W obudowie zespołu 1 głowic ultradźwiękowych umieszczony jest czujnik temperatury TR do pomiaru temperatury materiału badanego przedmiotu.

W układzie 7 pomiaru czasu przejścia generator przestrajany wytwarza drgania, które są kierowane do układu 5 selektora impulsów. Selektor impulsów wytwarza sygnał wyzwolenia nadajnika N , sygnał wyzwolenia podstawy czasu, sygnał znacznika i sygnał bramki. Sygnał wyzwolenia nadajnika N powoduje pobudzenie przetwornika głowicy nadawczej N_g i wysłanie impulsu ultradźwiękowego w materiale badanego przedmiotu. Okres pobudzania nadajnika N wynosi 100 T. Po upływie czasu rów-

negó 9 T wyzwalana jest podstawa czasu oscyloskopu układu wizualizacji 5. Czas ten jest dobrany tak, aby na ekranie oscyloskopu można było obserwować odpowiednio rozciągnięty sygnał ultradźwiękowy odebrany przez przetwornik odbiornika O. Na odebrany sygnał ultradźwiękowy widoczny na ekranie oscyloskopu nakłada się sygnał znacznika czasu, pojawiający się po czasie 10 T od momentu wyzwolenia nadajnika N. Przez precyzyjne strojenie generatora dobiera się tak jego okres drgań, że znacznik czasu znajdzie się w wybranym miejscu na obrazowaniu odebranego impulsu ultradźwiękowego (np. na pierwszym przejściu przez maksimum). Wtedy czas przejścia fali ultradźwiękowej od momentu pobudzenia przetwornika głowicy nadawczej Ng, do momentu wskazanego znacznikiem fragmentu impulsu odebranego przetwornikiem głowicy odbiorczej 0₁, 0₂ będzie równy 10 T. Przez zliczenie w czasie równym 10⁴ T sygnał bramki impulsów generatora wzorcowego 10 MHz i zaokrągleniu wskazania ostatniego licznika pomiar czasu zostanie dokonany z dokładnością ±1 ns.

Przy innej prędkości fali, albo przy innej odległości między głowicami 0₁, 0₂ dla nałożenia znacznika czasu na ten sam fragment obrazowania odebranego impulsu ultradźwiękowego dobiera się okres generatora o zmiennej częstotliwości. Licznik układu 7 pomiaru czasu wskazuje czas przejścia fali między przetwornikami głowicy nadawczej Ng i odbiorczymi 0₁, 0₂. Do układu 7 miernika czasu może być dołączony układ przetwarzania danych, który pozwala na wyświetlenie wartości naprężenia.

Impulsy elektryczne nadajnika N powodują wytwarzanie impulsów ultradźwiękowych w głowicach nadawczych Ng. Rozchodzące się pod powierzchnią materiału badanego przedmiotu impulsy ultradźwiękowe są rejestrowane kolejno przez głowice 0₁ i 0₂. Układ 7 pomiaru czasu rejestruje czas przejścia fali przez drogę między głowicami odbiorczymi 0₁ i 0₂.

Czujnik temperatury TR dokonuje pomiaru temperatury powierzchni materiału badanego przedmiotu w obszarze pomiarowym, w którym przechodzą fale ultradźwiękowe.

Czas przejścia fal ultradźwiękowych podłużnych wyznacza się z zależności uwzględniającej wpływ temperatury:

$$T_L = f(1_L, E, K, \beta_L, t, \delta) \quad (1)$$

gdzie: T — czas przejścia fal podłużnych, 1_L — długość odcinka drogami między głowicami odbiorczymi, E — moduł sprężystości podłużnej, K — moduł sprężystości poprzecznej, β_L — współczynnik elastoakustyczny materiału badanego przedmiotu, t — temperatura, σ — naprężenia w kierunku rozchodzenia się fal ultradźwiękowych.

Czas przejścia fal ultradźwiękowych poprzecznych wyznacza się z zależności uwzględniającej wpływ temperatury:

$$T = f(1_T, E, K, t) \quad (2)$$

gdzie: T — czas przejścia fal poprzecznych, 1_T — długość odcinka drogi między głowicami odbiorczymi, E — moduł sprężystości podłużnej, K — moduł sprężystości poprzecznej, t — temperatura.

Zmierzone w materiale badanego przedmiotu czasy przejścia fal podłużnych i poprzecznych są

podstawą do wyznaczenia bezdźwiękowej wartości naprężenia z zależności:

$$\sigma = \sigma(T_L, T_T) \quad (3)$$

gdzie: σ — wartość naprężenia, T_L — czas przejścia fal podłużnych, T_T — czas przejścia fal poprzecznych.

Zależność (3) ma postać analityczną:

$$\delta = \frac{1}{\beta_L} \cdot \frac{T_L^0 - T_L^\delta}{T_L^\delta} \quad (4)$$

gdzie: β_L — współczynnik elektroakustyczny materiału dla fal podłużnych, T_L⁰ — czas przejścia fal podłużnych w materiale, gdy naprężenia nie występują, T_L^δ — czas przejścia fal podłużnych w materiale badanego przedmiotu.

W zależności (4) nie jest znany czas przejścia fal podłużnych w materiale, gdy nie występują naprężenia. Wartość tę oblicza się korzystając z pomiarów czasów przejścia fal poprzecznych w materiale badanego przedmiotu i materiale odprężonym wzorca.

Fale poprzeczne rozchodzące się w kierunku naprężenia nie zmieniają prędkości przy zmianach naprężenia, a ich prędkość zależy tylko od własności sprężystych materiału i temperatury.

W materiałach walcowanych tego samego gatunku różnice własności sprężystych wynikają głównie z odmiennych odkształceń plastycznych. Z tego wynika, że moduł sprężystości objętościowej materiałów walcowanych jest stały, natomiast zmieniają się tylko moduł sprężystości podłużnej i poprzecznej. W tym przypadku otrzymuje się zależność:

$$\frac{\Delta C_L}{\Delta C_T} = \frac{1}{3} \cdot \frac{C_T}{C_L} \quad (5)$$

gdzie: C_L — prędkość fal podłużnych, C_T — prędkość fal poprzecznych, Δ — różnice własności sprężystych.

Z zależności (5) otrzymuje się związek między zmianami czasu przejścia fal podłużnych i poprzecznych, który określony jest zależnością:

$$T_L^0 = T_L^\delta + a [T_T^\delta - T_T^w + \Delta t \alpha_T] \frac{t_L^\delta}{t_T} \quad (6)$$

gdzie: T_L⁰ — czas przejścia fal podłużnych w materiale próbki T_L^δ — czas przejścia fal podłużnych w materiale, w którym mierzone są naprężenia, T_T^δ — czas przejścia fal poprzecznych w badanym materiale, T_T^w — czas przejścia fal poprzecznych w materiale wzorca, Δt — różnica temperatur wzorca i próbki, α_T — temperaturowy współczynnik zmian czasu przejścia fal poprzecznych.

Uwzględniając zależność (6) we wzorze (4) oblicza się bezwzględną wartość naprężenia. W przypadku innych przedmiotów niż stalowe walcowane wyrażenia na poprawkę uwzględniającą sprężyste w obszarze badanym materiału są różne od podanych.

Sposób i przyrząd jest stosowany do badań przemysłowych przy pomiarze rozkładu podłużnych naprężeń własnych szyn.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób ultradźwiękowych pomiarów naprężeń materiału badanych przedmiotów wzdłużnych, w których istnieje dostęp tylko do jednej powierzchni, polegający na tym, że wprowadza się do materiału badanego przedmiotu fale ultradźwiękowe, po czym dokonuje się pomiarów czasu przejścia fal na znanej drodze w badanym przedmiocie, znamieny tym, że wiązki co najmniej dwóch typów fal ultradźwiękowych wprowadza się skośnie do powierzchni badanego przedmiotu, które to fale załamuje się pod kątem 90° , po czym mierzy się czas przejścia impulsów każdego typu fal podpowierzchniowych przez znane drogi w materiale badanego przedmiotu i w odrębnym materiale wzorca, a następnie na podstawie różnicy czasów przejścia oblicza się bezwzględna wartość naprężenia badanego przedmiotu.

2. Sposób według zastrz. 1, znamieny tym, że w pomiarach czasów przejścia impulsów uwzględnianych w obliczeniach bezwzględnych wartości naprężeń stosuje się poprawki różnic temperatury oraz ewentualnie różnic własności sprężystych materiału wzorca i materiału badanego przedmiotu w obszarze pomiarowym.

3. Przyrząd do ultradźwiękowych pomiarów naprężeń materiału badanych przedmiotów, wyposażony w nadajnik i odbiornik impulsów ultradźwię-

kowych połączone z układem przetwarzania danych pomiarowych, znamieny tym, że zawiera przynajmniej po jednym zespole (1) głowic ultradźwiękowych (N_g , θ_1 i θ_2) sprzęganych z powierzchnią badanego przedmiotu, na fale powierzchniowe podłużne i poprzeczne, przy czym zespół (1) składa się przynajmniej z jednej skośnej głowicy nadawczej (N_g) i co najmniej dwóch głowic odbiorczych (θ_1 , θ_2), które to głowice (N_g , θ_1 i θ_2) ustawione są obok siebie wzdłuż jednej linii natomiast nadawcza głowica (N_g) połączona jest z układem nadawczym (N), a głowice odbiorcze (θ_1 , θ_2) z układem odbiorczym (O), poprzez układ komutacji (2), połączony z układem nadawczo-odbiorczym (3), z którym połączony jest układ wizualizacji impulsów (4) połączony z układem synchronizacji (5), połączonym z układem pomiaru czasu (7), natomiast zespół głowic (1) połączony jest z układem kompensacji temperatury (6), połączonym z układem pomiaru czasu (7), który ponadto połączony jest z układem komutacji (2).

4. Przyrząd według zastrz. 1, znamieny tym, że układ pomiaru czasu (7) zawiera układ znacznika wyposażony w generator przestrajany impulsu prostokątnego o tak dobranym czasie trwania, że impuls ten po przejściu przez wzmacniacz ma kształt litery „V”, przy czym wyjście układu znacznika jest połączone z układem wizualizacji (4), w taki sposób, że następuje sumowanie przebiegów.

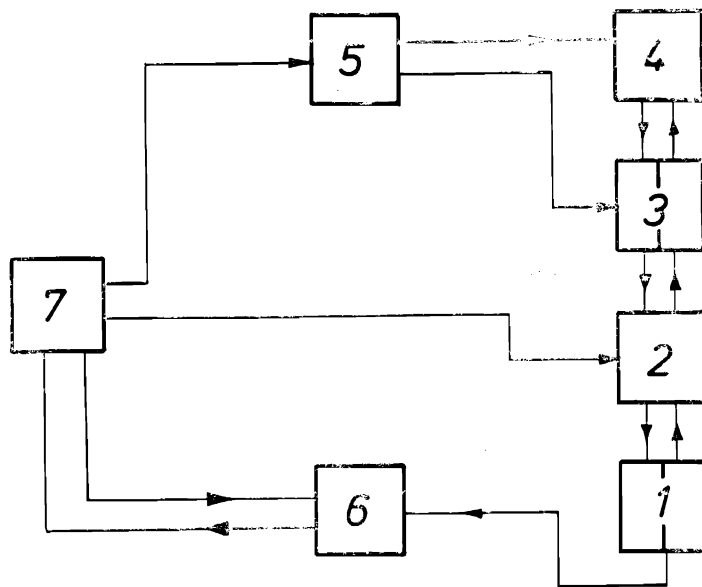


Fig. 1

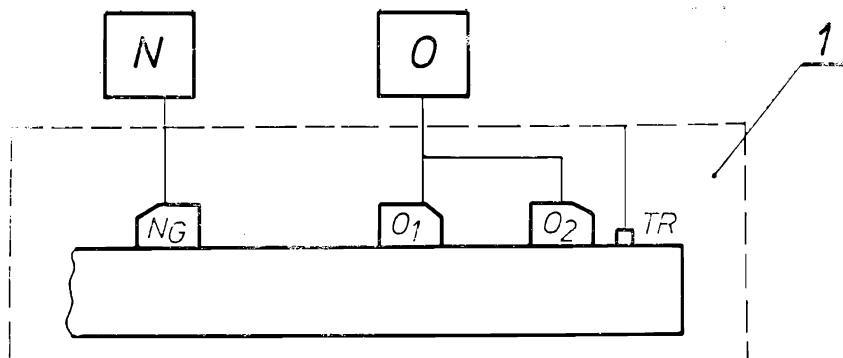


Fig. 2