

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



URZĄD
PATENTOWY
RP

OPIS PATENTOWY 152 940

Patent dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 86 04 18 /P. 259038/

Pierwszeństwo ----

Zgłoszenie ogłoszono: 88 02 04

Opis patentowy opublikowano: 1991 08 30

Int. Cl.⁵ G01L 5/00
G01N 29/04

CZYTELNI
OGÓLNA

Twórcy wynalazku: Andrzej Brokowski, Julian Deputat, Krzysztof Mizerski

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

SPOSÓB POMIARU NAPRĘŻEŃ WŁASNYCH W MATERIALE BADANEGO PRZEDMIOTU

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru naprężeń własnych w materiale badanego przedmiotu, szczególnie w przedmiotach o powierzchni zakrzywionej przy jednostronnym dostępie do badanej powierzchni.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr 138 042 sposób ultradźwiękowych pomiarów naprężeń materiału badanych przedmiotów. Według tego sposobu wiązki co najmniej dwóch typów fal ultradźwiękowych wprowadza się skośnie do powierzchni badanego przedmiotu, które załamują się pod kątem 90° , po czym mierzy się czas przejścia impulsów każdego typu fal podpowierzchniowych przez znane drogi w materiale badanego przedmiotu i w odprężonym materiale wzorca. Następnie na podstawie różnicy czasów przejścia oblicza się bezwzględną wartość naprężenia materiału badanego przedmiotu.

Znany sposób i urządzenie do ultradźwiękowych pomiarów naprężeń własnych umożliwiające wyznaczenie wartości składowych podłużnych i poprzecznych tych naprężeń w badanych przedmiotach o płaskiej powierzchni. W przypadku badania przedmiotów o powierzchniach zakrzywionych znana metoda nie znajduje zastosowania.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu nie niszczących pomiarów naprężeń w materiale przedmiotów o powierzchniach zakrzywionych, znajdujących się w dwuosowym stanie naprężenia.

Sposób zgodnie z wynalazkiem polega na tym, że na powierzchni badanego przedmiotu walcowego w obszarze badania wprowadza się wiązki fal ultradźwiękowych trzech typów, które załamuje się pod kątem 90° . Następnie dokonuje się pomiaru czasu przejścia przez wyznaczony odcinek drogi fal podpowierzchniowych podłużnych i poprzecznych rozchodzących się w kierunku tworzącej oraz czasu przejścia przez wyznaczony odcinek drogi fal powierzchniowych rozchodzących się w kierunku tworzącej i/lub po obwodzie przedmiotu walcowego. Na podstawie

obliczonych różnic czasu przejścia ultradźwiękowych fal w materiale badanego przedmiotu walcowego i w odprężonym materiale wzorca oblicza się bezwzględne wartości składowych naprężeń w materiale badanym w kierunku rozchodzenia fal oraz w kierunku do niego prostopadłym.

Metoda według wynalazku umożliwia pomiar rozkładu naprężeń w przedmiotach walcowych.

Przykład. W materiale badanego przedmiotu mierzy się czas przejścia na znanej drodze fal podłużnych i poprzecznych rozchodzących się wzdłuż tworzącej i czas przejścia fal powierzchniowych przez taki sam odcinek drogi w kierunku tworzącej i po obwodzie cylindra, a następnie wykorzystując wyznaczone oddzielnie dla danego materiału wartości stałych elastoakustycznych dla odpowiednich typów fal i wartości czasów przejścia fal w materiale wzorca z tego samego gatunku lecz nie posiadającego naprężeń, oblicza się wartości składowych podłużnej i obwodowej naprężenia własnego. Dla fal powierzchniowych i podpowierzchniowych fal podłużnych rozchodzących się w kierunku tworzącej obowiązują zależności:

$$t_R = t_R^0 / 1 + \beta_{R\perp} \sigma_L + \beta_{R\perp} \sigma_\theta / -1 \quad / 1 /$$

$$t_L = t_L^0 / 1 + \beta_{L\parallel} \sigma_L + \beta_{L\perp} \sigma_\theta / -1 \quad / 2 /$$

Czas przejścia podpowierzchniowych fal poprzecznych rozchodzących się w kierunku tworzącej i spolaryzowanych w kierunku promieniowym nie zależy od naprężenia i można przyjąć $t_T = t_T^0$. Różnica czasu przejścia fal podłużnych rozchodzących się w pozbawionym naprężenia materiale badanego przedmiotu i w materiale wzorca bez naprężeń wykonanym z tego samego gatunku materiału co badany przedmiot wyraża się przez różnicę czasu przejścia fal poprzecznych:

$$t_L^0 - t_L^W = K_L / t_T - t_T^W / \quad / 3 /$$

Podobnie dla fal powierzchniowych:

$$t_R^0 - t_R^W = K_R / t_T - t_T^W / \quad / 4 /$$

Z zależności / 1 / i / 2 /, uwzględniając zależności / 3 / i / 4 / można wyliczyć wartości naprężeń σ_L i σ_θ :

$$\sigma_L = \frac{\beta_{L\perp} t_L / t_R^0 - t_R / - \beta_{R\perp} t_R / t_L^0 - t_L /}{\beta_{R\parallel} \beta_{L\perp} - \beta_{R\perp} \beta_{L\parallel}} / t_R \quad t_L \quad / 5 /$$

$$\sigma_\theta = \frac{\beta_{R\parallel} t_R / t_L^0 - t_L / - \beta_{L\parallel} t_L / t_R^0 - t_R /}{\beta_{R\parallel} \beta_{L\perp} - \beta_{R\perp} \beta_{L\parallel}} / t_R \quad t_L \quad / 6 /$$

gdzie we wzorach / 1 / - / 6 / poszczególne symbole oznaczają:

t_R = czas przejścia fal powierzchniowych rozchodzących się w kierunku tworzącej w badanym przedmiocie przez ustalony odcinek drogi, t_R^0 = czas przejścia fal powierzchniowych rozchodzących się w badanym materiale gdyby nie było w nim naprężeń przez ten sam odcinek drogi, $\beta_{R\parallel}$ = współczynnik elastoakustyczny badanego gatunku materiału dla fal powierzchniowych rozchodzących się równoległe do kierunku naprężenia, $\beta_{R\perp}$ = współczynnik elastoakustyczny badanego gatunku materiału dla fal powierzchniowych rozchodzących się w kierunku prostopadłym do kierunku naprężenia, σ_L = składowa naprężenia w kierunku tworzącej walca, σ_θ = składowa obwodowa naprężenia, t_L = czas przejścia podpowierzchniowych fal podłużnych w materiale badanego przedmiotu przez ustalony odcinek drogi, t_L^0 = czas przejścia podpowierzchniowych fal podłużnych przez ten sam odcinek drogi w badanym materiale, gdyby nie było w nim naprężeń, $\beta_{L\parallel}$ = współczynnik elastoakustyczny materiału dla fal podłużnych rozchodzących się w kierunku naprężenia, $\beta_{L\perp}$ = współczynnik elastoakustyczny materiału dla fal podłużnych rozchodzących się w kierunku prostopadłym do kierunku naprężenia, t_T = czas przejścia podpowierzchniowych fal poprzecznych w materiale badanego przedmiotu przez ustalony odcinek drogi, t_T^0 = czas przejścia podpowierzchniowych fal poprzecznych przez ten sam odcinek drogi w badanym materiale gdyby nie było naprężeń, t_L^W = czas przejścia podpowierzchniowych fal podłużnych przez taki

sam odcinek drogi w materiale wzorca bez naprężeń, t_T^W - czas przejścia podpowierzchniowych fal poprzecznych przez taki sam odcinek drogi w materiale wzorca bez naprężeń, K_L - współczynnik proporcjonalności między zmianami czasu przejścia fal poprzecznych i fal podłużnych w danym gatunku materiału, t_R^W - czas przejścia fal powierzchniowych przez taki sam odcinek drogi w materiale wzorca bez naprężeń, K_R - współczynnik proporcjonalności między zmianami czasu przejścia fal poprzecznych i fal powierzchniowych w danym gatunku materiału.

Zamiast zależności /1/ i /2/ można wykorzystywać zależność dla fal podłużnych rozchodzących się w kierunku tworzącej walca /2/ i zależność /7/ dla fal powierzchniowych rozchodzących się po obwodzie walca:

$$t_{R\Theta} = t_{R\Theta}^0 / 1 + \beta_{R\parallel} \delta_{\Theta} + \beta_{R\perp} \delta_L /^{-1} \quad / 7 /$$

gdzie: $t_{R\Theta}$ - czas przejścia fal powierzchniowych przez ustalony odcinek drogi wzdłuż obwodu badanego walca, $t_{R\Theta}^0$ - czas przejścia fal powierzchniowych przez ten sam odcinek drogi wzdłuż obwodu badanego walca.

Sposób został zastosowany do pomiaru naprężeń własnych w obrabianym cieplnie stalowym przedmiocie walcowym. Za pomocą znanego miernika czasu przejścia impulsów ultradźwiękowych dokonano pomiarów czasu przejścia podłużnych, poprzecznych i powierzchniowych fal na odcinku drogi o ustalonej długości wzdłuż tworzącej walca. Na odcinku drogi o takiej samej długości dokonano pomiarów czasu przejścia fal podłużnych, poprzecznych i powierzchniowych w odprężonym materiale wzorca z tego samego gatunku stali, z którego wykonany był badany przedmiot walcowy. Korzystając z próbek tego samego gatunku stali wyznaczono wartości stałych elastoakustycznych dla poszczególnych typów fal rozchodzących się w kierunku naprężenia i w kierunku prostopadłym do kierunku naprężenia. Wszystkie wartości czasu przejścia sprowadzono do temperatury 18°C.

Uzyskano następujące dane. Wyniki pomiarów badanego przedmiotu walcowego:

$$t_L = 33820 \text{ ns}$$

$$t_T = 61554 \text{ ns}$$

$$t_R = 64823 \text{ ns}$$

Wyniki pomiarów wzorca:

$$t_L^W = 33685 \text{ ns}$$

$$t_T^W = 61581 \text{ ns}$$

$$t_R^W = 65276 \text{ ns}$$

Stałe elastoakustyczne materiału:

$$\beta_{L\parallel} = -1,24 \cdot 10^{-5} \text{ MPa}^{-1}$$

$$\beta_{L\perp} = 0,10 \cdot 10^{-5} \text{ MPa}^{-1}$$

$$\beta_{R\parallel} = 0,87 \cdot 10^{-5} \text{ MPa}^{-1}$$

$$\beta_{R\perp} = -1,27 \cdot 10^{-5} \text{ MPa}^{-1}$$

Wartość czasów przejścia fal podłużnych i powierzchniowych obliczone według zależności /3/ i /4/ w materiale badanego elementu gdyby nie było naprężeń miałyby wartości:

$$t_L^0 = 33685 - 0,55 / 61554 - 61581 / = 33700 \text{ ns}$$

$$t_R^0 = 65276 - 1,06 / 61554 - 61581 / = 65305 \text{ ns}$$

Po podstawieniu otrzymanych wartości do wzorów /5/ i /6/ otrzymuje się $\sigma_L = 253 \text{ MPa}$, $\sigma_{\Theta} = -412 \text{ MPa}$.

Z a s t r z e ż e n i e p a t e n t o w e

Sposób ultradźwiękowych pomiarów naprężeń w materiałach przedmiotów o powierzchniach zakrzywionych, polegający na wprowadzaniu wiązek fal ultradźwiękowych na powierzchnię badanego przedmiotu i załamaniu ich, a następnie na pomiarze czasu przejścia impulsów fal na

wyznaczonym odcinku w materiale badanego przedmiotu i w odprężonym materiale wzorca po czym obliczeniu bezwzględnych wartości naprężeń w materiale badanym, z n a m i e n n y t y m, że w obszarze badanego materiału przedmiotu wprowadza się jednocześnie przynajmniej trzy typy fal - podpowierzchniowe, podłużne i poprzeczne rozchodzące się w kierunku tworzącej oraz fale powierzchniowe rozchodzące się w jednym kierunku wzdłuż tworzącej i/lub po obwodzie przedmiotu, następnie po dokonaniu pomiaru czasu przejścia impulsów tych fal na wyznaczonych odcinkach z wzajemnych relacji wartości czasów przejścia wyznacza się wartość naprężenia w kierunku równoległym do kierunku rozchodzenia się fal i w kierunku do niego prostopadłym.