



Patent tymczasowy dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 24.07.1971 (P. 149633)

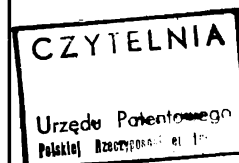
Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 30.05.1973

Opis patentowy opublikowano: 20.01.1975

Kl. 42k,45/91

MKP G01n 19/00



Twórca wynalazku: Andrzej Paweł Wilczyński

Uprawniony z patentu tymczasowego: Politechnika Warszawska, Warszawa (Polska)

Sposób wyznaczania stałych materiałowych

1

Wynalazek dotyczy sposobu wyznaczania stałych materiałowych, na przykład modułu sprężystości postaciowej i objętościowej, lub też funkcji materiałowych w przypadku gdy własności materiału są zależne od czasu, w oparciu o dwa kolejne lub jednoczesne pomiary odkształceń.

Spośród znanych sposobów wyznaczania stałych lub funkcji materiałowych najwygodniejszym jest sposób oparty na tensometrii elektrooporowej. Sposób ten polega na naklejeniu dwóch tensometrów oporowych na długości pomiarowej badanej próbki, zazwyczaj w kierunkach prostopadłych, przy czym za jeden z tych kierunków przyjmuje się kierunek największych naprężeń normalnych. Pomiar obciążenia za pomocą dynamometru oraz niezależny pomiar dwóch odkształceń prostopadłych, wskazywanych przez naklejone tensometry, a odczytywanych na mostku tensometrycznym, pozwala na wyliczenie stałych lub funkcji materiałowych badanego materiału.

W sposobie tym istnieje łatwość uzyskania na drodze elektrycznej praktycznie nieograniczonego wzmocnienia sygnału pomiarowego i możliwość zastosowania automatycznego zapisu. Zalety te miałyby rzeczywiste duże znaczenie gdyby istniała możliwość kilkakrotnego użycia tych samych tensometrów i tym samym porównania z sobą poświadczanych za ich pomocą pomiarów, gdy tymczasem tensometry tego rodzaju nadają się do przeprowadzenia tylko jednego pomiaru, a inne tenso-

2

metry z tej samej partii w żadnym razie nie dają w dostatecznej mierze porównywalnych wyników pomiaru, ponieważ rozbieżność czułości tensometrów z jednej partii dochodzi nawet do 3%.

5 Niedogodnym również jest czasochłonne przygotowywanie próbek dla tego sposobu pomiarów.

Inne znane sposoby wyznaczania stałych materiałowych wymagają na przykład stosowania dwóch odrębnych urządzeń pomiarowych, z których każde dostosowane jest do pomiaru odkształceń próbki w jednym kierunku. Oprócz niedogodności wynikającej ze stosowania tu dwóch różnych urządzeń pomiarowych powiększają się z tego powodu również i uchyby uzyskiwanych wartości pomiarowych.

15 W chwili obecnej nie są znane sposoby wyznaczania dwu stałych materiałowych w oparciu wyłącznie o pomiary wydłużeń w kierunku działania obciążenia a możliwe jest jedynie wyznaczanie tym sposobem modułu sprężystości podłużnej E.

$$E = \frac{3}{\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\kappa}}$$

25 gdzie μ i κ oznaczają odpowiednio moduły sprężystości postaciowej i objętościowej.

Do pomiaru drugiej stałej materiałowej, zazwyczaj współczynnika Poissona ν ,

$$\nu = \frac{1}{2} \frac{\kappa - 2\mu}{\kappa + \mu}$$

używa się rzadko spotykanych mechanicznych, elektrycznych bądź optycznych ekstensometrów specjalnych, mierzących zmianę wymiarów po-przeczných próbki i nie będących w typowym wyposażeniu laboratoriów pomiarowych; oraz nie-
praktycznych tensometrów elektrooporowych.

Do wyznaczania modułu sprężystości postaciowej (μ) można użyć niezbyt wygodnego w stosowaniu wahadła skrętnego.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu wyznaczenia stałej materiałowej lub stałych materiałowych, bądź funkcji materiałowych, pozbawionego wyżej wymienionych niedogodności, realizowanego za pomocą typowego wyposażenia laboratoriów wytrzymałościowych, nadającego się do wielokrotnego zastosowania i nie wymagającego długotrwałego przygotowania próbki pomiarowej.

Cel ten został osiągnięty opracowaniem sposobu dokonywania pomiarów według wynalazku, do którego realizacji wykonuje się w części pomiarowej próbki koncentrator naprężeń w postaci na przykład wytworzonej nieciągłości kształtu części pomiarowej próbki, lub też wykonanej w tej części pomiarowej szczeliny, bądź otworu prostopadłego do powierzchni pomiarowej próbki i usytuowanego w podłużnej jej płaszczyźnie symetrii, po czym próbkę tę poddaje się rozciąganiu, lub zginaniu i dokonuje pomiarów jej odkształceń równocześnie za pomocą dwóch niezależnych przyrządów pomiarowych, z których jeden mierzy odkształcenia na części próbki zawierającej koncentrator naprężeń, zaś drugi — na części bez koncentratora naprężeń. Uzyskane tym sposobem wartości liczbowe odkształceń próbki, łącznie z odpowiadającymi im wartościami obciążeń, wykorzystuje się, w oparciu o znane zależności teoretyczne, do wyznaczania poszukiwanej stałej materiałowej lub stałych materiałowych, względnie funkcji materiałowych gdy własności materiału są zależne od czasu jego obciążenia, jak to ma np. miejsce z tworzywami sztucznymi.

W odmianach sposobu według wynalazku również stosuje się koncentrator naprężeń w próbkach. W jednej odmianie sposobu pomiaru dokonuje się dwukrotnie na dwóch z osobna próbkach, wykonanych z tego samego materiału, z których jedna ma wykonany koncentrator naprężeń.

W drugiej odmianie sposobu pomiaru dokonuje się również dwukrotnie, ale tylko na jednej próbce, za pierwszym razem bez koncentratora naprężeń a następnie po raz drugi po wykonaniu koncentratora naprężeń w tej próbce.

Sposób według wynalazku umożliwia wyznaczenie od razu dwóch stałych lub funkcji materiałowych w warunkach nawet skromnie wyposażonego w sprzęt pomiarowy laboratorium wytrzymałościowego.

Wyznaczenie dalszych stałych odbywa się bez trudności na podstawie znanych zależności teoretycznych.

Przygotowywanie próbek, jak i pomiary według wynalazku są szybkie i nie sprawiają trudności, nie bez znaczenia jest tu fakt zdejmowania pomiarów wzdłuż obciążeń próbki. Istnieje całkowita możliwość kontrolnego powtarzania pomiarów. Na

skutek tego, że badania można przeprowadzić za pomocą tego samego sprzętu pomiarowego na jednej i tej samej próbce unikając błędów wynikających z niejednorodności badanego materiału co ma zasadnicze znaczenie przy badaniu takich materiałów jak tworzywa sztuczne.

W przypadku użycia elektrycznych urządzeń do pomiaru odkształceń, jak np. ekstensometrów elektrycznych, istnieje możliwość dowolnego wzmocnienia sygnałów pomiarowych i zastosowania wygodnej rejestracji na drodze elektrycznej.

Sposób wyznaczania stałych materiałowych według wynalazku jest objaśniony bliżej na niżej podanych przykładach, przy zastosowaniu próbek zilustrowanych na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia próbkę przeznaczoną do prób na rozciąganie, z uwidocznioną jej powierzchnią pomiarową, a fig. 2 — próbkę zginaną.

Jak przedstawiono na fig. 1 próbka o przekroju prostokątnym, o grubości h i szerokości $2b$ ma wykonany koncentrator naprężeń 1 w postaci kołowego otworu o promieniu r , przewierconego prostopadle do powierzchni pomiarowej próbki i w płaszczyźnie przesuniętej przez oś symetrii próbki. Długość pomiarowa ekstensometru, nie uwidoczniona na rysunku, wynosi $2L$.

Przedstawiona na fig. 2 próbka o długości 1 ma przekrój prostokątny o poprzecznych wymiarach również określonych jako h i $2b$, również z jej koncentrator naprężeń 1 w postaci prostopadłego usytuowanego względem próbki otworu kołowego o promieniu r . Koncentrator ten znajduje się w odległości c od miejsca przyłożenia siły zginającej P .

Przykład I. Rozważa się próbkę rozciąganą przedstawioną na fig. 1.

Jeżeli stosunek wymiarów

$$\frac{r}{b} \leq 0,1$$

wówczas z dokładnością do 0,5% zaburzenie rozkładu naprężenia, opisane wzorami Kirsta, zachodzi w okręgu o promieniu b .

Pomiar odkształcenia na obszarze niezaburzonym pozwala, przy jednoczesnym pomiarze siły obciążającej na wyznaczenie siły dwóch stałych materiałowych μ i κ z zależności

$$\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\kappa} = 3 \frac{\epsilon''}{\sigma_0} \quad (\text{wzór 1})$$

gdzie μ i κ oznaczają odpowiednio moduły sprężystości postaciowej i objętościowej, ϵ'' , jednostkowe odkształcenie wzdłużne próbki na długości pomiarowej, a σ_0 naprężenie nominalne, uzyskane przez podzielenie siły obciążającej próbkę przez jej przekrój.

Dokonując drugiego pomiaru w ten sposób aby długość pomiarowa $2L$ ekstensometru obejmowała symetrycznie koncentrator znajduje się

$$\frac{1}{\mu} (1 + \alpha) + \frac{1}{\kappa} (1 + \beta) = 3 \frac{\epsilon''}{\sigma_0} \quad (\text{wzór 2})$$

gdzie α i β są współczynnikami liczbowymi niezależnymi od geometrii układu.

Dla stosunku

$$\frac{r}{b} = 0,1$$

5

współczynniki te wynoszą

$$\begin{aligned} \alpha &= 0,0077 \operatorname{tg} \gamma \\ \beta &= 0,014 \operatorname{tg} \gamma \end{aligned} \quad (\text{wzór 3})$$

gdzie

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{b}{L} \quad (\text{wzór 4})$$

Dla innych stosunków wymiarowych współczynniki liczbowe wyznacza się w zależności

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{4} \pi \left(\frac{r}{b} \right)^2 \left[1 - 2 \left(\frac{r}{b} \right)^2 \right] \operatorname{tg} \gamma \\ \beta &= \frac{3}{8} \left(\frac{r}{b} \right)^2 \left[1 - \frac{17}{6} \left(\frac{r}{b} \right)^2 + 3 \left(\frac{r}{b} \right)^4 - \frac{3}{2} \left(\frac{r}{b} \right)^6 \right] \operatorname{tg} \gamma \end{aligned} \quad (\text{wzór 5})$$

Do pomiaru odkształceń używa się dowolnego ekstensometru o dużej czułości i małej bazie pomiarowej. Dobre wyniki daje zastosowanie do tego celu mikrokatora Johanssona.

Przykład II. Jako próbki użyto beleczki zginanej wspornikowo, obciążonej siłą skupioną na końcu. Przekrój beleczki jest prostokątem o wymiarach $2b \times h$ a powstałe wymiary beleczki dobrane są tak, aby spełnione były wymagania elementarnej teorii zginania. Sprowadza się to do zachowania stosunków wymiarowych.

$$\begin{aligned} \frac{r}{b} &\leq 0,1 \\ \frac{f}{l} &\leq 0,1 \\ \frac{h}{c} &\leq 0,1 \\ \frac{b}{l} &\leq 0,025 \end{aligned} \quad (\text{wzór 6})$$

gdzie symbole oznaczono na fig. 2. Pomiar strzałki ugięcia f_0 po obciążeniu siłą P końca beleczki pozwala wyznaczyć wyrażenie

$$\frac{1}{\mu} + \frac{1}{\kappa} = 9 \frac{If_0}{Pl^3} \quad (\text{wzór 7})$$

gdzie I oznacza moment bezwładności przekroju beleczki względem warstwy obojętnej a f_0 pomiarzoną strzałkę ugięcia w beleczce pomiarowej bez koncentratora.

Drugi pomiar należy wykonać po wywierceniu otworu o promieniu r w beleczce w odległości c od punktu przyłożenia siły. Różnica pomiarów strzałek ugięcia mierzonych raz z koncentratorem naprężeń a drugi raz bez tego koncentratora pozwala na wyznaczenie wyrażenia

$$\frac{\alpha}{\kappa} + \frac{\beta}{\mu} = \frac{3}{4} \frac{J(f-f_0)}{Pbc^2} \quad (\text{wzór 8})$$

gdzie do wyrażeń α i β należy podstawić $\operatorname{tg} \gamma = 1$

6

a f oznacza pomierzoną wartość strzałki ugięcia beleczki pomiarowej z wykonanym w niej czołowym koncentratorem naprężeń.

Dla stosunku

$$\frac{r}{b} = 0,1$$

Wzór (8) przyjmuje postać

$$\frac{0,077}{\kappa} + \frac{0,14}{\mu} = 7,5 \frac{J(f-f_0)}{Pbc^2} \quad (\text{wzór 9})$$

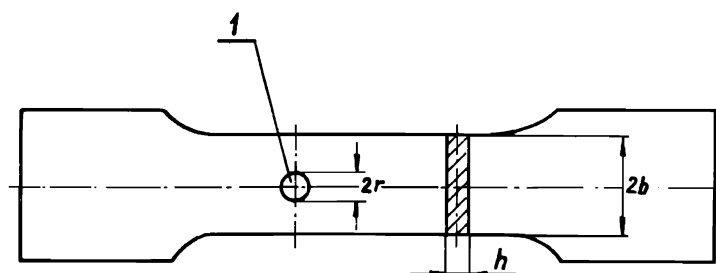
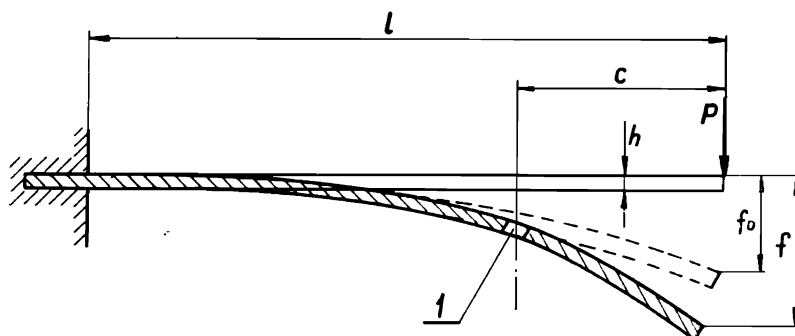
Wykorzystanie wzorów (7) i (8) pozwala na wyznaczenie wartości stałych materiałowych μ i κ . Do pomiaru przemieszczeń końca beleczki można użyć czujnika zegarowego o dokładności $1 \mu\text{m}$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania stałych materiałowych za pomocą pomiarów odkształceń próbki poddawanej rozciąganiu lub zginaniu, **znamienny tym**, że wykonuje się w części pomiarowej próbki koncentrator naprężeń (1) w postaci na przykład wytworzonej nieciągłości kształtu części pomiarowej próbki, lub też wykonanej w tej części pomiarowej szczeliny, bądź otworu prostopadłego do powierzchni pomiarowej próbki i usytuowanego w podłużnej jej płaszczyźnie symetrii, po czym próbkę tę poddaje się rozciąganiu, lub zginaniu i dokonuje pomiarów jej odkształceń równocześnie za pomocą dwóch niezależnych przyrządów pomiarowych, na przykład ekstensometrów, z których jeden mierzy odkształcenia na części próbki zawierającej koncentrator naprężeń, zaś drugi — na części bez koncentratora naprężeń, a uzyskane tym sposobem wartości liczbowe odkształceń próbki, łącznie z odpowiadającymi im wartościami obciążeń, wykorzystuje się, w oparciu o znane zależności teoretyczne, do wyznaczenia poszukiwanej stałej materiałowej lub stałych materiałowych, względnie funkcji materiałowych gdy własności materiału są zależne od czasu jego obciążenia.

2. Odmiana sposobu według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pomiaru dokonuje się dwukrotnie na dwóch z osobna próbkach wykonanych z tego samego materiału, z których jedna ma wykonany koncentrator naprężeń.

3. Odmiana sposobu według zastrz. 1, **znamienna tym**, że pomiaru dokonuje się dwukrotnie na jednej próbce, za pierwszym razem bez koncentratora naprężeń a następnie po raz drugi po wykonaniu w tej próbce koncentratora naprężeń.

**Fig. 1.****Fig. 2.****Errata do opisu patentowego nr 73 718**

Łam 5, wzór 7

$$\text{jest: } = 9 \frac{If_0}{Pl^3}$$

$$\text{powinno być: } = 9 \frac{Jf_0}{Pl^3}$$

Łam 5, wiersz 41

jest: gdzie I

powinno być: gdzie J