

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **224036**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391486**

(51) Int.Cl.  
**G01N 3/08 (2006.01)**  
**G01N 3/26 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **18.05.2010**

---

(54) **Sposób badania mechanicznych właściwości materiałów w postaci próbek poddawanych jednoczesnemu działaniu momentu skręcającego oraz siły osiowej**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**21.11.2011 BUP 24/11**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**30.11.2016 WUP 11/16**

(73) Uprawniony z patentu:  
**INSTYTUT TRANSPORTU  
SAMOCHODOWEGO, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**ZBIGNIEW LUDWIK KOWALEWSKI,  
Zielonka, PL**  
**TADEUSZ SZYMCZAK, Białystok, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**recz. pat. Maciej Miszczak**

---

**PL 224036 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób badania mechanicznych właściwości materiałów w postaci próbek poddawanych jednoczesnemu działaniu momentu skręcającego oraz siły osiowej. W ramach niniejszego sposobu badana próbka usytuowana jest w uchwytach serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej, przy czym do badanej próbki materiałowej za pomocą siłownika serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej przykłada się jednocześnie moment skręcający monotonicznie narastający, powodujący skręcanie próbki do uzyskania przez nią ustalonego odkształcenia postaciowego oraz siłę osiową o charakterze cyklicznym rozciąganie-ściskanie do uzyskania określonego odkształcenia osiowego próbki, rejestrując w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału badanej próbki w postaci krzywej naprężenie-styczne próbki – odkształcenie postaciowe próbki.

Znany jest sposób – przedstawiony w czasopiśmie naukowym pt. „Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering”, Nr 17, 1–2, str. 109–112, 2006 r. – badania właściwości mechanicznych materiałów poddawanych równoczesnemu działaniu monotonicznie narastającego obciążenia w postaci siły powodującej ściskanie próbki materiałowej umocowanej między talerzami maszyny wytrzymałościowej w wyniku przemieszczania jej siłownika ze stałą prędkością stanowiącą sygnał sterujący, wynoszącą opcjonalnie 0,6 mm/s bądź 0,15 mm/s, oraz działaniu momentu skręcającego o charakterze rewersyjnym, przy sterowaniu kątem obrotu siłownika o amplitudzie  $\pm 6^\circ$  i ustalonej częstotliwości przyjmującej wartości 0,4 Hz albo 1,6 Hz. Według tego sposobu proces obciążania badanej próbki materiałowej może być realizowany do jej zniszczenia, bądź do określonej wartości odkształcenia osiowego wynoszącego 70%. Podczas procesu obciążania rejestruje się jednocześnie odpowiedź materiału (próbki) w postaci zmiany naprężenia osiowego (średniego ciśnienia) w funkcji odkształcenia osiowego próbki w czasie rzeczywistym (krzywa naprężenie-odkształcenie). Na podstawie krzywej naprężenie-odkształcenie można wnioskować o wartości granicy proporcjonalności, umownej granicy plastyczności, wytrzymałości na ściskanie oraz ciągliwości materiału. Mocowanie próbki materiałowej w maszynie wytrzymałościowej odbywa się bez udziału szcęk hydraulicznych maszyny, a jedynie z udziałem talerzy do ściskania. Takie zamocowanie powoduje nieuwzględnianie sztywności próbki w układzie obciążającym maszyny, co ma istotny wpływ na poprawność procesu obciążenia oraz dokładność otrzymanych wyników.

Zastosowanie w znanej metodzie znacznego momentu skręcającego (wywołanego kątem obrotu siłownika o amplitudzie  $\pm 6^\circ$ ) powoduje uzyskiwanie dużych wartości odkształcenia postaciowego badanej próbki materiałowej w kierunku działania momentu skręcającego, co prowadzi do powstania w niej naprężeń resztkowych przyczyniających się do istotnych zmian właściwości mechanicznych badanego materiału próbki.

Znane są również według japońskiego opisu patentowego JPH 04106452 oraz czeskiego opisu wzoru użytkowego CZ 20394 urządzenia stosowane do badania próbek materiałowych w stanie złożonych obciążeń.

Według opisu patentowego JPH 04106452 badaną próbkę materiałową mocuje się w przyrządzie usytuowanym w przestrzeni badawczej maszyny wytrzymałościowej pracującej w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego, do którego bezpośrednio przykłada się za pomocą siłownika maszyny wytrzymałościowej siłę osiową, która powoduje deformację wzdłużną (osiową) oraz jednocześnie dzięki mechanizmowi śrubowemu przyrządu umożliwia wytworzenie momentu skręcającego, którego działanie skutkuje wystąpieniem deformacji postaciowej w próbce.

Według opisu czeskiego wzoru użytkowego CZ 20394 znane jest urządzenie serwohydrauliczne do zadawania złożonych obciążeń mechanicznych do próbek materiałowych poprzez stosowanie różnych kombinacji sił osiowej i momentu skręcającego, kontrolowanych sygnałami przemieszczenia lub obciążenia.

Znane urządzenia/maszyny wytrzymałościowe nie wykorzystują sygnałów odkształcenia badanej próbki do zadawania definiowalnego ruchu elementu roboczego urządzenia/maszyny wytrzymałościowej. A zatem, w ramach tych urządzeń/maszyn wykorzystywane są standardowe rodzaje sterowania ich pracą/obciążeniem.

Istota sposobu badania mechanicznych właściwości materiałów w postaci próbek poddawanych jednoczesnemu działaniu momentu skręcającego oraz siły osiowej, w ramach którego badana próbka usytuowana jest w uchwytach serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej, przy czym do badanej próbki materiałowej za pomocą siłownika serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej pracującej w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego przykłada się jednocześnie moment skręcający

monotonicznie narastający powodujący skręcanie próbki do uzyskania przez nią ustalonego odkształcenia postaciowego oraz siłę osiową o charakterze cyklicznym rozciąganie-ściskanie do uzyskania określonego odkształcenia osiowego próbki, rejestrując w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału badanej próbki w postaci krzywej naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe do uzyskania ustalonego odkształcenia postaciowego, polega na tym, że serwohydrauliczna maszyna wytrzymałościowa sterowana jest sygnałami z badanej próbki, mającymi postać monotonicznie narastającego odkształcenia postaciowego oraz cyklicznie zmiennego odkształcenia osiowego o amplitudzie nie przekraczającą  $\pm 1\%$  i częstotliwości mieszczącej się w przedziale od 0,5 Hz do 1,0 Hz.

Sposób według wynalazku umożliwia sterowanie w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego maszyną wytrzymałościową sygnałami odkształcenia osiowego i postaciowego próbki. A zatem, sygnały te stanowią „generator” definiowalnych i kontrolowanych przebiegów sygnałów odkształcenia osiowego i postaciowego próbki sterujących obciążeniem zadawanym poprzez siłownik maszyny wytrzymałościowej. Ponadto, sposób według wynalazku uwzględnia sztywność próbki w procesie wysterowania serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej, co zapewnia poprawność zaprogramowanego przebiegu obciążenia oraz dokładność otrzymywanych wyników.

Sposób według wynalazku umożliwia również zbadanie wytrzymałości badanego materiału w warunkach obciążenia stanowiącego kombinację momentu skręcającego oraz siły osiowej o charakterze cyklicznym rozciąganie-ściskanie a także określenie zdolności materiału do osłabiania się poprzez porównanie otrzymanych krzywych z krzywą naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe, uzyskaną w wyniku działania jedynie monotonicznie narastającego momentu skręcającego. Proponowany sposób umożliwia określenie obniżenia granicy proporcjonalności, granicy plastyczności oraz wytrzymałości materiałów badanych, w stosunku do wartości tych parametrów wyznaczonych na podstawie próby skręcania.

Zastosowanie w sposobie według wynalazku siły osiowej o charakterze cyklicznym rozciąganie-ściskanie w postaci zmian odkształcenia osiowego próbki w zakresie  $\pm 1\%$  zapobiega powstawaniu istotnych naprężeń resztkowych w materiale, niekorzystnych ze względu na jego późniejszą obróbkę bądź zastosowanie. Kompleksowa rejestracja oraz wizualizacja przebiegu procesu odkształcania materiału próbki przyczyni się do tworzenia nowych bądź rozwijania już istniejących równań konstytutywnych opisujących zachowanie się materiału.

Sposób według wynalazku zostanie bliżej objaśniony na podstawie trzech następujących przykładów realizacji.

#### Przykład 1

Próbkę materiałową w postaci cienkościennej próbki rurkowej wykonanej ze stopu aluminium mocuje się w uchwytych programowalnej, serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej pracującej w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Przy sterowaniu odkształceniem próbki przykładą się do niej za pomocą siłownika maszyny wytrzymałościowej jednocześnie moment skręcający monotonicznie narastający w postaci zmian odkształcenia postaciowego z prędkością wynoszącą 0,013%/s powodującego skręcanie próbki do ustalonego odkształcenia o wartości 1%, oraz siłę osiową o charakterze symetrycznych cykli rozciąganie-ściskanie do uzyskania ustalonej amplitudy odkształcenia osiowego próbki, wynoszącego  $\pm 0,3\%$ , przy czym zmiana siły osiowej ma ustaloną częstotliwość wynoszącą 0,5 Hz. Podczas badania rejestruje się w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału w postaci krzywej naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe.

#### Przykład 2

Próbkę materiałową w postaci cienkościennej próbki rurkowej wykonanej ze stopu aluminium mocuje się w uchwytych programowalnej, serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej pracującej w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Przy sterowaniu odkształceniem próbki przykładą się do niej za pomocą siłownika maszyny wytrzymałościowej jednocześnie moment skręcający monotonicznie narastający w postaci zmian odkształcenia postaciowego z prędkością wynoszącą 0,013 %/s powodującego skręcanie próbki do ustalonego odkształcenia o wartości 1%, oraz siłę osiową o charakterze symetrycznych cykli rozciąganie-ściskanie do uzyskania ustalonej amplitudy odkształcenia osiowego próbki, wynoszącego  $\pm 0,5\%$ , przy zmianie siły osiowej ma ustaloną częstotliwość wynoszącą 0,5 Hz. Podczas badania rejestruje się w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału w postaci krzywej naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe.

#### Przykład 3

Próbkę materiałową w postaci cienkościennej próbki rurkowej wykonanej ze stopu aluminium mocuje się w uchwytych programowalnej, serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej pracującej

w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego. Przy sterowaniu odkształceniem próbki przykłada się do niej za pomocą siłownika maszyny wytrzymałościowej jednocześnie moment skręcający monotonicznie narastający w postaci zmian odkształcenia postaciowego z prędkością wynoszącą 0,013%/s powodującego skręcanie próbki do ustalonego odkształcenia o wartości 1%, oraz siłę osiową o charakterze symetrycznych cykli rozciąganie-ściskanie do uzyskania ustalonej amplitudy odkształcenia osiowego próbki, wynoszącego  $\pm 0,7\%$ , przy zmianie siły osiowej ma ustaloną częstotliwość wynoszącą 0,5 Hz. Podczas badania rejestruje się w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału w postaci krzywej naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe.

### Zastrzeżenie patentowe

Sposób badania mechanicznych właściwości materiałów w postaci próbek poddawanych jednoczesnemu działaniu momentu skręcającego oraz siły osiowej, polegający na tym, że badana próbka usytuowana jest w uchwytach serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej, przy czym do badanej próbki materiałowej za pomocą siłownika serwohydraulicznej maszyny wytrzymałościowej, pracującej w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego przykłada się jednocześnie moment skręcający monotonicznie narastający, powodujący skręcanie próbki do uzyskania przez nią ustalonego odkształcenia postaciowego oraz siłę osiową o charakterze cyklicznym rozciąganie-ściskanie, do uzyskania określonego odkształcenia osiowego próbki, rejestrując w czasie rzeczywistym przebieg odpowiedzi materiału badanej próbki w postaci krzywej naprężenie styczne – odkształcenie postaciowe, do uzyskania ustalonego odkształcenia postaciowego, **znamienny tym**, że serwohydrauliczna maszyna wytrzymałościowa sterowana jest sygnałami z badanej próbki, mającymi postać monotonicznie narastającego odkształcenia postaciowego oraz cyklicznie zmiennego odkształcenia osiowego o amplitudzie nie przekraczającej  $\pm 1\%$  i częstotliwości mieszczącej się w przedziale od 0,5 Hz do 1,0 Hz.