



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **363831**

(51) Int.Cl.
G01N 3/30 (2006.01)
G01N 3/06 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **02.12.2003**

(54) **Urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
13.06.2005 BUP 12/05

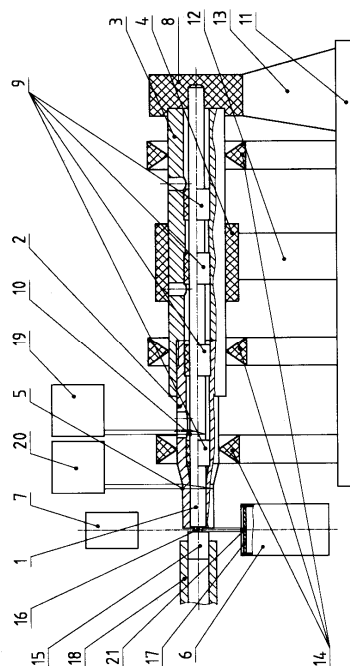
(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
27.02.2009 WUP 02/09

(73) Uprawniony z patentu:
**Instytut Podstawowych Problemów Techniki
PAN, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
Zbigniew Kowalewski, Wołomin, PL
Jan Malinowski, Warszawa, PL
Jerzy Kowalewski, Zielonka, PL

(74) Pełnomocnik:
Miszczak Maciej

(57) Urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych, posiadające sprężysty pręt pomiarowy osadzony i oparty tylnym końcem o hamownik oporowy, układ rejestracji sprężystej fali podłużnej naprężenia, zawierający dwa elektrooporowe tensometry zamocowane na bocznej powierzchni pręta pomiarowego, usytuowane symetrycznie względem jego wzdłużnej osi oraz optyczno-elektroniczny układ pomiaru prędkości w kierunku osiowym płaszczyzny stykających się czół pręta-pocisku miotanego z wyrzutni pneumatycznej, oraz próbki badanego materiału konstrukcyjnego, przytwierdzonej współosiowo do przedniego czoła pręta pomiarowego, zawierający źródło światła w postaci lasera i detektor światła w postaci fotodiody, **znamiennie tym**, że pręt pomiarowy (1) osadzony jest współosiowo w zespole przedniej tulei oporowej (2) i tylnej tulei oporowej (3) osadzonej tylnym końcem w gnieździe hamownika oporowego (8), przednie czoło przedniej tulei oporowej (2) wystaje przed przednie czoło pręta pomiarowego (1), a tylny koniec przedniej tulei oporowej (2) osadzony jest w gnieździe wykonanym w przedniej, czołowej części tylnej tulei oporowej (3), zaś środkowa część zewnętrznej, bocznej powierzchni tylnej tulei oporowej (3) obejmowana jest przez hamownik obwodowy (4), przy czym na zewnętrznej, bocznej powierzchni tulei oporowej (2) zamocowane są elektrooporowe tensometry (5), korzystnie dwa, na przeciw siebie, symetrycznie względem jej osi wzdłużnej, a ponadto prostokątny otwór (21) wykonany w centralnej części przesłony (17) lasera (6) i fotodiody (7) usytuowane są na przeciw siebie, na wspólnej osi prostopadłej do osi wzdłużnej pręta pomiarowego (1), na wysokości przedniego



Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych metodą ściskania przez bezpośrednie uderzenie w czoło walcowej próbki badanego materiału, opartej współosiowo o czoło sprężystego pręta pomiarowego, którego tylny koniec zamocowany jest w hamowniku oporowym.

Znane jest urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych metodą ściskania przez bezpośrednie uderzenie w badaną próbkę, przylegającą współosiowo do przedniego czoła sprężystego pręta pomiarowego, którego tylny koniec zamocowany jest w hamowniku oporowym, posiadające układ rejestracji sprężystej fali podłużnej naprężenia w pręcie pomiarowym za pomocą dwóch elektrooporowych tensometrów, zamocowanych na bocznej powierzchni pręta pomiarowego, symetrycznie względem jego osi wzdłużnej oraz posiadające optyczno-elektroniczny układ pomiaru prędkości w kierunku osiowym, stykających się płaszczyzn czoł pręta-pocisku miotanego z wyrzutni pneumatycznej i próbki badanego materiału.

Znany układ optyczno-elektroniczny składa się z kamery do wykonywania superszybkich zdjęć w systemie kadrowym, elementu refrakcyjnego, układu soczewek skupiających, lampy błyskowej oraz układu inicjującego działanie kamery i lampy błyskowej. Układ inicjujący działanie kamery i lampy błyskowej zawiera źródło światła w postaci lasera, zwierciadło, soczewkę oraz detektor światła w postaci fotodiody. Obiektyw kamery, element refrakcyjny, układ soczewek skupiających i lampa błyskowa usytuowane są współosiowo na wysokości badanej próbki. Kamera oraz lampa błyskowa są uruchamiane w chwili, gdy pręt-pocisk zaczyna przecinać uprzednio odbitą od zwierciadła wiązkę laserową na odcinku między fotodiody a soczewką. W chwili zetknięcia pręta-pocisku z próbką, kamera zaczyna rejestrować proces ściskania próbki, wykonując zdjęcia z ustaloną szybkością rzędu 106 zdjęć na sekundę. Jednocześnie tensometry mierzą naprężenia wywołane w pręcie pomiarowym przez siłę ściskającą.

Znane urządzenie nie zapewnia zachowania próbki ani pręta po zakończeniu pomiarów odkształcenia próbki, ponieważ po tym okresie poruszający się z dużą prędkością pręt-pocisk niszczy próbkę, oraz może także zniszczyć pręt pomiarowy. Zniszczenie pręta pomiarowego znacznie podwyższa koszty badań i praktycznie ogranicza maksymalną wartość możliwej do uzyskania prędkości odkształcenia próbki. Z kolei zniszczenie próbki uniemożliwia zbadanie zmian powstałych w strukturze jej materiału w wyniku działania dynamicznego obciążenia oraz uniemożliwia sprawdzenie po zakończeniu doświadczenia wartości odkształcenia próbki, wcześniej określonej na podstawie zarejestrowanych impulsów z tensometrów elektrooporowych.

Istota urządzenia będącego przedmiotem wynalazku polega na tym, że pręt pomiarowy osadzony jest współosiowo w zespole tulei oporowych przedniej oraz tylnej osadzonej tylnym końcem w hamowniku oporowym. Przednie czoło przedniej tulei oporowej wystaje przed przednie czoło pręta pomiarowego, a tylny koniec przedniej tulei oporowej osadzony jest w gnieździe wykonanym w przedniej, czołowej części tylnej tulei oporowej. Środkowa część zewnętrznej, bocznej powierzchni tylnej tulei oporowej obejmowana jest przez hamownik obwodowy. Na zewnętrznej, bocznej powierzchni przedniej tulei oporowej zamocowane są tensometry elektrooporowe, korzystnie dwa, na przeciw siebie, symetrycznie względem osi wzdłużnej tulei. Ponadto, prostokątny otwór znajdujący się w centralnej części przesłony lasera i fotodiody usytuowane są na przeciw siebie na wspólnej osi prostopadłej do osi wzdłużnej pręta pomiarowego, na wysokości przedniego czoła przedniej tulei oporowej, przy czym szerokość otworu przesłony lasera jest większa niż długość części próbki wystającej przed przednie czoło przedniej tulei oporowej. Szerokość rzutu powierzchni otworu przesłony lasera w kierunku osi układu laser-fotodiody na płaszczyznę prostopadłą do tej osi w całości zawiera długość wystającej części próbki. Szerokość wiązki światła lasera równa szerokości prostokątnego otworu w przesłonie jest większa od szerokości szczeliny pomiędzy czołami pręta-pocisku i przedniej tulei oporowej, w chwili zetknięcia pręta-pocisku z próbką. Wówczas szerokość tej szczeliny jest równa długości części badanej próbki wystającej przed czoło przedniej tulei oporowej i w całości zawiera się w szerokości wiązki światła. Pole przekroju poprzecznego wiązki światła przechodzącej przez szczelinę i padającej na fotodiody jest proporcjonalne do szerokości szczeliny. Szerokość szczeliny zmniejsza się z prędkością równą prędkości ruchu czoła pręta-pocisku stykającego się z uderzanym brzegiem próbki. Wynika stąd, że prędkość zmniejszania się napięcia z fotodiody jest proporcjonalna do prędkości ruchu czoła pręta-pocisku, a tym samym brzegu próbki. Zatem jeżeli poprzez skalowanie w warunkach statycznych określona zostanie zależność pomiędzy napięciem otrzymanym z fotodiody

i szerokością szczeliny, a następnie określona zostanie w trakcie ściskania próbki zależność napięcia z fotodiody od czasu, wówczas poprzez eliminację napięcia z wyżej wymienionych zależności otrzymuje się zależność pomiędzy szerokością szczeliny a czasem. Z zależności tej określa się pochodną szerokości szczeliny względem czasu, która reprezentuje prędkość uderzanego brzegu próbki.

Wyżej opisane usytuowanie pręta pomiarowego w zespole przedniej i tylnej tulei oporowej, oraz tylnej tulei w hamowniku obwodowym zapewnia kontrolowany zakres odkształcenia próbki na skutek uderzenia w nią pręta-pocisku, hamowanie pręta-pocisku oraz odprowadzenie i tłumienie jego energii kinetycznej. W konsekwencji nie następuje uszkodzenie pręta pomiarowego, ani dalsza deformacja próbki prowadząca do jej zniszczenia. Zamontowanie tensometrów na przedniej tulei oporowej umożliwia zarejestrowanie chwili zetknięcia pręta-pocisku z czołem przedniej tulei oporowej, określającej czas zakończenia procesu ściskania badanej próbki. Przy znanej długości wystającej części próbki przed czoło przedniej tulei oporowej oraz dzięki znajomości czasu rozpoczęcia i zakończenia procesu ściskania próbki (czasy rejestrowane przez tensometry zamocowane na pręcie pomiarowym) możliwe jest określenie średniej prędkości ruchu stykających się czoł pręta-pocisku i próbki.

Urządzenie zapewnia, więc dwie niezależne, wzajemnie sprawdzające się metody pomiaru prędkości ruchu uderzanego brzegu próbki. Prędkość drugiego brzegu próbki, opierającego się o sprężysty pręt pomiarowy, jak również siłę ściskającą próbkę można określić na podstawie impulsu z tensometrów zamocowanych na pręcie pomiarowym. Znajomość prędkości ruchu brzegów próbki oraz siły ściskającej próbką umożliwia określenie prędkości odkształcenia, odkształcenia i naprężenia w funkcji czasu dla badanej próbki. Z powyższego wynika, że urządzenie będące przedmiotem wynalazku zapewnia zachowanie próbki po wykonaniu badania oraz umożliwia ponowne zastosowanie pręta pomiarowego do dalszych badań. Ponadto, daje ono możliwość zastąpienia kosztownych superszybkich kamer do wykonywania zdjęć kadrowych stosunkowo prostym i niezawodnym układem do rejestracji procesu ściskania próbki. Niniejsze zalety urządzenia według wynalazku wyraźnie podnoszą poziom jakości dynamicznych badań wytrzymałościowych oraz powodują, iż badania te są znacznie tańsze niż wykonane z użyciem superszybkich kamer.

Przykładowe urządzenie według wynalazku pokazane jest na schematycznym rysunku przedstawiającym je w konfiguracji z wyrzutnią pneumatyczną, po uprzednim zamocowaniu badanej próbki na pręcie pomiarowym, w chwili zetknięcia z próbką pręta-pocisku wystrzelonego z wyrzutni. Urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych, według wynalazku, zbudowane jest ze stalowego, sprężystego pręta pomiarowego 1 o przekroju kołowym, osadzonego w zespole przedniej tulei oporowej 2 i tylnej tulei oporowej 3, zaś swym tylnym końcem wraz z tylną tuleją oporową 3 oparteo i osadzonego w gnieździe hamownika oporowego 8. Przednia czołowa część przedniej tulei oporowej 2 wystaje przed przednie czoło pręta pomiarowego 1. Przednia tuleja oporowa 2 osadzona jest swą tylną częścią w przednim, czołowym gnieździe tylnej tulei oporowej 3. Przednia i tylna tuleja oporowa 2 i 3 połączone są gwintem. Pręt pomiarowy 1 ułożyskowany jest wewnątrz tulei oporowych 2 i 3 czterema teflonowymi tulejkami 9. Na środkowym odcinku zewnętrznej, bocznej powierzchni tylnej tulei oporowej 3 osadzony jest hamownik obwodowy 4. Na zewnętrznej, bocznej powierzchni przedniej tulei oporowej 2 zamocowane są symetrycznie względem jej osi wzdłużnej dwa elektrooporowe tensometry 5, zaś na powierzchni bocznej pręta pomiarowego 1, w odległości równej siedmiu średnicom pręta pomiarowego 1, licząc od jego czoła, zamocowane są symetrycznie względem osi wzdłużnej pręta pomiarowego 1 dwa elektrooporowe tensometry 10. Pręt pomiarowy 1 wraz z tulejami oporowymi 2 i 3 oraz hamownikami 4 i 8 zamocowany jest na podstawie 11 poprzez podpory 12 i 13 podpierające odpowiednio hamownik obwodowy 4 i hamownik oporowy 8 oraz trzy podpory 14 podpierające i regulujące położenie pręta pomiarowego 1 wraz z tulejami oporowymi 2 i 3. Urządzenie posiada również optyczno-elektroniczny układ pomiaru prędkości płaszczyzny stykających się czoł pręta-pocisku 15 i próbki 16 w kierunku osiowym. Układ optyczno-elektroniczny składa się z lasera 6 emitującego wiązką światła czerwonego o średnicy 5 mm, posiadającego przesłonę 17 z otworem 21 w kształcie prostokąta formującego wiązką światła laserowego o przekroju prostokątnym oraz fotodiody 7. Otwór 21 przesłony 17 oraz fotodiody 7 usytuowane są współosiowo, na przeciw siebie, prostopadle do osi wzdłużnej pręta pomiarowego 1, na wysokości przedniego czoła przedniej tulei oporowej 2. Szerokość wiązki światła lasera 6 równa szerokości prostokątnego otworu 21 w przesłonie 17, jest większa od szerokości szczeliny pomiędzy czołami pręta-pocisku 15 oraz przedniej tulei oporowej 2 i pokrywa w całości szerokość szczeliny.

Po przytwierdzeniu próbki 16 do powierzchni czołowej pręta pomiarowego 1 i załadowaniu prętem-pociskiem 15 wyrzutni pneumatycznej 18 następuje wystrzelenie pręta-pocisku 15, który nie opuszczając całkowicie lufy (prowadnicy), swym przednim czołem uderza w przednie czoło próbki 16.

W chwili zetknięcia się płaszczyzn czoł pręta-pocisku 15 i próbki 16 zostaje w niej wygenerowana sprężysto-plastyczna fala podłużna, która przechodząc przez próbką 16 dochodzi i propaguje się w pręcie pomiarowym, 1 jako fala sprężysta, docierając do pary tensometrów 10, które odbierają impuls sprężystej fali naprężenia. Sygnał z tensometrów 10, po wzmocnieniu jest rejestrowany na oscyloskopie 19. Podczas procesu ściskania próbki 16 w wyniku uderzenia pręta-pocisku 15 przesłaniającego wiązkę lasera 6, zmniejszeniu ulega wielkość strumienia światła laserowego docierającego do fotodiody 7, a zatem - napięcia z fotodiody 7 od określonej ustalonej wielkości do wartości zerowej, co odnosi się do okresu liczonego od zetknięcia pręta-pocisku 15 z próbką 16, do chwili zetknięcia pręta-pocisku 15 z przednią tuleją oporową 2. W chwili zetknięcia pręta-pocisku 15 z przednią tuleją oporową 2 zostaje wygenerowana w niej sprężysta fala podłużna, która docierając do pary tensometrów 5, jest przez nieodbierana, jako impuls naprężeniowy. Impuls naprężeniowy z tensometrów 5, po wzmocnieniu jest rejestrowany na oscyloskopie 20. A zatem, dzięki optyczno-elektronicznemu układowi pomiaru możliwe jest zarejestrowanie zmian prędkości przemieszczania płaszczyzny styku (płaszczyzny brzegowej) pręta-pocisku 15 i próbki 16 w funkcji czasu, zaś dzięki zastosowaniu dwóch układów tensometrów 5 i 10 możliwe jest określenie średniej prędkości przemieszczania w/w powierzchni styku. Ponadto, dzięki w/w układom pomiarowym możliwe jest określenie naprężeń wywołanych w sprężystym pręcie pomiarowym 1 przez propagujące się w nim sprężyste fale podłużne i na tej podstawie określenie siły ściskania próbki 16 wywołanej uderzeniem pręta-pocisku 15.

Zastrzeżenie patentowe

Urządzenie do badania dynamicznej wytrzymałości materiałów konstrukcyjnych, posiadające sprężysty pręt pomiarowy osadzony i oparty tylnym końcem o hamownik oporowy, układ rejestracji sprężystej fali podłużnej naprężenia, zawierający dwa elektrooporowe tensometry zamocowane na bocznej powierzchni pręta pomiarowego, usytuowane symetrycznie względem jego wzdłużnej osi oraz optyczno-elektroniczny układ pomiaru prędkości w kierunku osiowym płaszczyzny stykających się czoł pręta-pocisku miotanego z wyrzutni pneumatycznej, oraz próbki badanego materiału konstrukcyjnego, przytwierdzonej współosiowo do przedniego czoła pręta pomiarowego, zawierający źródło światła w postaci lasera i detektor światła w postaci fotodiody, **znamiennie tym**, że pręt pomiarowy (1) osadzony jest współosiowo w zespole przedniej tulei oporowej (2) i tylnej tulei oporowej (3) osadzonej tylnym końcem w gnieździe hamownika oporowego (8), przednie czoło przedniej tulei oporowej (2) wystaje przed przednie czoło pręta pomiarowego (1), a tylny koniec przedniej tulei oporowej (2) osadzony jest w gnieździe wykonanym w przedniej, czołowej części tylnej tulei oporowej (3), zaś środkowa część zewnętrznej, bocznej powierzchni tylnej tulei oporowej (3) obejmowana jest przez hamownik obwodowy (4), przy czym na zewnętrznej, bocznej powierzchni tulei oporowej (2) zamocowane są elektrooporowe tensometry (5), korzystnie dwa, na przeciw siebie, symetrycznie względem jej osi wzdłużnej, a ponadto prostokątny otwór (21) wykonany w centralnej części przesłony (17) lasera (6) i fotodioda (7) usytuowane są na przeciw siebie, na wspólnej osi prostopadłej do osi wzdłużnej pręta pomiarowego (1), na wysokości przedniego czoła przedniej tulei oporowej (2), przy czym szerokość otworu (21) jest większa niż długość części próbki (16) wystającej przed przednie czoło przedniej tulei oporowej (2), a szerokość rzutu powierzchni otworu (21) w kierunku osi układu laser (6) - fotodioda (7) na płaszczyznę prostopadłą do tej osi w całości zawiera długość wystającej części próbki (16).

Rysunek

