

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **238631**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **434880**

(22) Data zgłoszenia: **03.08.2020**

(51) Int. Cl.

G01N 25/18 (2006.01)

G01K 17/00 (2006.01)

G01K 17/20 (2006.01)

(54) **Stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła
oraz przewodności cieplnej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
19.04.2021 BUP 08/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
20.09.2021 WUP 25/21

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL
JEREMIASZ OLGIERD ABRAXAS,
Wodzisław Śląski, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ZBIGNIEW BULIŃSKI, Knurów, PL
SEBASTIAN PAWLAK, Katowice, PL
WOJCIECH ADAMCZYK, Mikołów, PL
TOMASZ KRYSIŃSKI, Piekary Śląskie, PL
RYSZARD BIAŁECKI, Gliwice, PL
BARTŁOMIEJ PAWŁOWSKI, Tychy, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Magdalena Filipek-Marzec

PL 238631 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących.

Znane i powszechnie stosowane są stanowiska do pomiaru przewodności cieplnej ciał stałych, których układ pomiarowy zbudowany jest z dwóch metalowych brył (prostokątnych lub walcowych), przy czym jedna z tych brył jest nagrzewana a druga jest chłodzona. Pomiedzy tymi bryłami umieszczona jest na styk do nich próbka do badań, najczęściej wytworzona z typowych materiałów inżynierskich, takich jak metale i ich stopy, tworzywa sztuczne, ceramika, kompozyty. Jedna z tych brył jest nagrzewana zewnętrznym elementem grzewczym (grzejnikiem), a druga bryła jest chłodzona zewnętrznym elementem chłodzącym (chłodnicą). Zarówno element grzewczy jak i chłodzący przymocowane są do usytuowanych poziomo przeciwnych płyt mocujących (górnej i dolnej). Jedna z brył metalowych posadowiona jest na elemencie grzewczym a druga posadowiona jest na elemencie chłodzącym. Najczęściej jedna z płyt mocujących (płyta dolna) stanowi nieruchomą podstawę stanowiska badawczego, natomiast druga płyta mocująca (płyta górna) porusza się względem pionowych prowadnic lub kolumn prowadzących. Zastosowanie płyty ruchomej umożliwia umieszczanie próbki do badań na dolnej bryle metalowej oraz dostosowanie odległości metalowych brył do grubości tej próbki, tak aby możliwe było wykonywanie badań próbek w szerokim zakresie grubości. Ze względu na straty ciepła do otoczenia obie bryły metalowe są zaizolowane termicznie zewnętrzną izolacją. Opisana konstrukcja stanowiska oparta jest o wytyczne przedstawione m.in. w normie ASTM D5470-06 (Standard Test Method for Thermal Transmission Properties of Thin Thermally Conductive Solid Electrical Insulation Materials, ASTM International, 2006).

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL223459 sposób pomiaru przewodności cieplnej materiałów, polegający na przygotowaniu płaskiej próbki badanego materiału o danej powierzchni i grubości, dostarczeniu do jednej z powierzchni tej próbki (ze źródła ciepła) strumienia ciepła, zmierzeniu dwóch wartości temperatury na obu powierzchniach próbki, wyznaczeniu strumienia ciepła i obliczeniu przewodności cieplnej badanego materiału stosując znaną zależność. Sposób charakteryzuje się tym, że do wyznaczenia strumienia ciepła wykorzystuje się element termoelektryczny (moduł Peltiera), na którym położona jest bezpośrednio próbka badanego materiału, i tak dobiera się prąd tego elementu termoelektrycznego, aby różnica dwóch wartości temperatury między wartością temperatury jego powierzchni stykającej się z próbką badanego materiału i wartością temperatury jego przeciwległej powierzchni była równa zero. Strumień ciepła wyznacza się z podanej zależności, w której dwie z występujących wielkości stanowią parametry reprezentujące stałą Peltiera oraz elektryczną rezystancję, wewnętrzną zastosowanego elementu termoelektrycznego.

Niedogodnością przy stosowaniu znanych stanowisk pomiarowych jest utrudnione badanie przewodności cieplnej próbek w postaci past lub innych materiałów charakteryzujących się wysoką elastycznością. Głównym problemem jest przy tym rozszerzalność cieplna zarówno metalowych brył (nagrzewanej i chłodzonej), jak i elementu grzewczego oraz elementu chłodzącego. W efekcie rozszerzalności cieplnej (zmian długości) metalowych brył, elementu grzewczego i elementu chłodzącego, podczas zmian temperatury układu pomiarowego ulega zmianie odległość pomiędzy tymi bryłami i tym samym zmienia się grubość próbki badanej (w postaci pasty lub innego materiału o znacznej podatności do odkształceń pod niewielkim naciskiem). Grubość próbki badanej nie wynika więc wprost z ustawienia ruchomej płyty mocującej w zadanej pozycji (poruszanej typowo układem napędowym złożonym z silnika krokowego ze sprzęgłem), lecz wartość ta zależy od sumarycznej rozszerzalności cieplnej obu elementów umieszczonych jeden, na drugim, tj. bryły metalowej oraz grzejnika. Ze względu na to, że podczas wykonywanego pomiaru obie metalowe bryły są odizolowane termicznie od otoczenia zewnętrzną izolacją, nie ma możliwości bezpośredniego pomiaru grubości próbki badanej. W efekcie Lego przy obliczeniach przewodności cieplnej często podaje się błędną wartość grubości próbki, co prowadzi do zafałszowania wyniku. Natomiast wprowadzane korekty do obliczeń, uwzględniające rozszerzalność cieplną, są obarczone błędem, gdyż zmiany wymiarowe na skutek rozszerzalności cieplnej obejmują zarówno metalową bryłę, jak i element grzewczy.

Celem wynalazku jest opracowanie stanowiska do pomiaru przewodności cieplnej i oporu przepływu ciepła zwłaszcza past termoprzewodzących lub innych materiałów charakteryzujących się wysoką elastycznością, dla których jest to znacznie utrudnione stosując znane rozwiązania. W przypadku badań tego typu próbek dotychczasowe stanowiska i sposoby pomiarowe cechują się znaczącym stopniem błędów pomiarowych.

Istotą wynalazku jest stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących zwłaszcza w postaci past lub innych materiałów charakteryzujących się wysoką elastycznością. Układ jest w stanie zmierzyć przewodność cieplną materiału w zakresie wartości od 0,2 do 100 W/mK z dokładnością nie gorszą niż 5%.

Istotą wynalazku jest stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących, posiadające płytę mocującą górną, płytę mocującą dolną płyty mocujące oraz płytę oporową, gdzie płyta mocująca górna poruszana jest względem prowadnic, a do płyty oporowej przymocowany jest napęd w postaci silnika krokowego ze sprzęgłem, charakteryzujące się tym, że posiada co najmniej jeden zespół termostatujący górny (A) lub dolny (B), gdzie zespół termostatujący górny (A) składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego górnego, chłodnicy górnej osadzonej na co najmniej jednym elemencie dociskowym górnym, korzystnie sprężynie, a zespół termoelektryczny dolny (B) składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego górnego dolnego, chłodnicy dolnej osadzonej na co najmniej jednym elemencie dociskowym dolnym, korzystnie sprężynie, przy czym zespół termostatujący górny (A) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym górnym, płytą mocującą górną i dwiema podporami bocznymi górnymi, a zespół termostatujący (B) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym dolnym, płytą mocującą dolną, dwiema podporami bocznymi dolnymi. Korzystnie moduły termoelektryczne górny i dolny stanowią moduły Peltiera. Korzystnie element dociskowy górny umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną a płytą mocującą górną, a moduł termoelektryczny górny umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną a blokiem pomiarowym górnym, lub element dociskowy dolny umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną a płytą mocującą dolną, a moduł termoelektryczny dolny umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną a blokiem pomiarowym dolnym. Korzystnie chłodnice górna i dolna stanowią chłodnice wodne, korzystnie aluminiowe, korzystnie o kształcie prostopadłościanu, posiadające wewnętrzny układ kanałów wodnych, przy czym każda z chłodnic posiada jeden króciec doprowadzający wodę oraz jeden króciec wylotowy. Korzystnie chłodnice górna i dolna stanowią, radiatory, korzystnie aluminiowe.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość zastosowania do nagrzewania i/lub chłodzenia modułu termoelektrycznego, korzystnie modułu Peltiera, gdyż rozszerzalność cieplna modułu termoelektrycznego i rozszerzalność cieplna przylegającej do niego chłodnicy kompensowane są poprzez dociskowy element sprężysty, a tym samym ich sumaryczna rozszerzalność cieplna nie ma wpływu na grubość badanej próbki. Zastosowanie elementu sprężystego umożliwia dołożenie w szeregu dodatkowego modułu termoelektrycznego, celem uzyskania wyższego spadku temperatury bryły chłodzonej, lub wyższego wzrostu temperatury bryły nagrzewanej. Dodatkową korzyścią jest brak wykonywania dodatkowych czynności wynikających z konieczności pomiaru grubości próbki, gdyż przy zastosowaniu stanowiska pomiarowego według wynalazku jest ona znana, co wynika z wprowadzenia do obliczeń jedynie korekty związanej z rozszerzalnością cieplną metalowych brył, które posiadają prostą geometrię. Stanowisko według wynalazku pozwala na zmianę obu zadanych wartości temperatury – bloku nagrzewanego i bloku chłodzonego – bez konieczności zdejmowania izolacji celem dokonania powtórnego pomiaru grubości próbki. Stosując stanowisko według wynalazku można wyznaczać przewodność cieplną materiałów charakteryzujących się znaczną podatnością do odkształceń pod niewielkim obciążeniem (pasty termoprzewodzące, elastomery, tworzywa spienione) oraz w szerokim zakresie wartości temperatury (możliwość uzyskania wysokiego gradientu wartości temperatury w efekcie zastosowania modułu termoelektrycznego ze względu na to, że temperatura metalowej bryły chłodzonej w miejscu styku z modułem termoelektrycznym może osiągać wartość poniżej zera stopnia Celsjusza). Dodatkową zaletą wynalazku jest możliwość budowy stanowisk pomiarowych o dowolnych wymiarach podstawy metalowych bloków, wymagających nagrzewania/chłodzenia większą liczbą modułów termoelektrycznych, gdyż – ze względu na odchyłki wymiaru grubości tych modułów – zastosowanie dociskającego elementu sprężystego powoduje kompensację różnic grubości (związanych z technologią wykonania) pomiędzy poszczególnymi modułami termoelektrycznymi. Ponadto stanowisko pomiarowe wg wynalazku umożliwia łatwą wymianę modułów termoelektrycznych, bez ingerencji w precyzyjne posadowienie metalowych brył względem płyt mocujących (brak konieczności każdorazowej obróbki ściernej celem uzyskania płaskorównoległości obu brył metalowych). Przedmiot wynalazku został uwidoczniiony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia stanowisko do badania z dwoma zespołami termostatującymi, fig. 2 i 3 – zespół termostatujący odpowiednio górny i dolny z dwoma sprężynami,

fig. 4 – stanowisko do badania z dwoma zespołami termostatującymi i pojedynczymi sprężynami, fig. 5 i 6 – zespół termostatujący odpowiednio górny i dolny z jedną sprężyną, fig. 7 i 8 – stanowisko z zespołem termostatującym u góry, fig. 9 i 10 – stanowisko z zespołem termostatującym na dole, a fig. 11 – chłodnicę.

P r z y k ł a d I. Stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących, posiada płytę mocującą górną (2), płytę mocującą dolną (1) oraz płytę oporową (3). Płyta mocująca górna (2) poruszana jest względem prowadnic pionowych (4), a do płyty oporowej (3) przy mocowany jest napęd (6) w postaci silnika krokowego ze sprzęgłem. Pomiedzy blokiem pomiarowym górnym (8a) i blokiem pomiarowym dolnym (8b) znajduje się próbka (5). Próbkę (5) stanowi pasta termoprzewodząca na bazie silikonu wypełniona cząstkami nanosrebra. Dookoła bloków pomiarowych górnego (8a) i dolnego (8b) znajduje się izolacja termiczna (7).

Stanowisko posiada dwa zespoły termostatujące górny (A) i dolny (B). Zespół termostatujący górny (A) osadzony pomiędzy blokiem pomiarowym górnym (8a), płytą mocującą górną (2) i dwiema podporami bocznymi górnymi (12a), a zespół termostatujący dolny (B) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym dolnym (8b), płytą mocującą dolną (1) i dwiema podporami bocznymi dolnymi (1b). Zespół termostatujący górny (A), składa się z przylegających, do siebie modułu termoelektrycznego górnego (9a) oraz chłodnicy górnej (10a) osadzonej na jednym elemencie dociskowym górnym (11a), w postaci sprężyny. Element dociskowy górny (11a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a płytą mocującą górną (2), a moduł termoelektryczny górny (9a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a blokiem pomiarowym górnym (8a).

Zespół termostatujący dolny (B) składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego dolnego (9b) oraz chłodnicy dolnej (10b), osadzonej na jednym elemencie dociskowym dolnym (11b), w postaci sprężyny. Element dociskowy dolny (11b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a płytą mocującą dolną (1), a moduł termoelektryczny dolny (9b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a blokiem pomiarowym dolnym (8b). Moduły termoelektryczne górny (9a) i dolny (9b) stanowią moduły Peltiera. Obie chłodnice górna (10a) i dolna (10b) stanowią aluminiowe chłodnice wodne o kształcie prostopadłościanu, posiadające wewnętrzny układ kanałów wodnych, przy czym każda z chłodnic posiada jeden króciec doprowadzający wodę oraz jeden króciec wylotowy.

P r z y k ł a d II. Przykład II różni się od przykładu I tym, że chłodnice górna (10a) i dolna (10b) stanowi prostopadłościenny aluminiowy radiator, a element dociskowy górny (11a) i dolny (11b) stanowią dwie sprężyny. Próbkę (5) stanowi pasta termoprzewodząca na bazie silikonu wypełniona cząstkami grafenu.

P r z y k ł a d III. Stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących, posiada płytę mocującą górną (2), płytę mocującą dolną (1) oraz płytę oporową (3). Płyta mocująca górna (2) poruszana jest względem prowadnic pionowych (4), a do płyty oporowej (3) przymocowany jest napęd (6) w postaci silnika krokowego ze sprzęgłem. Pomiedzy blokiem pomiarowym górnym (8a) i dolnym (8b) znajduje się próbka (5). Próbkę (5) stanowi pasta termoprzewodząca na bazie silikonu wypełniona cząstkami nanosrebra. Dookoła bloków pomiarowych górnego (8a) i dolnego (8b) znajduje się zewnętrzna izolacja termiczna (7).

Stanowisko posiada jeden zespół termostatujący (A). Zespół termostatujący (A) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym górnym (8a), płytą mocującą górną (2) i dwiema podporami bocznymi (12). Sam zespół termostatujący górny (A), składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego górnego (9a) oraz chłodnicy górnej (10a) osadzonej na jednym elemencie dociskowym górnym (11a), w postaci sprężyny. Moduł termoelektryczny górny (9a) stanowi moduł Peltiera. Element dociskowy górny (11a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a płytą mocującą górną (2), a moduł termoelektryczny górny (9a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a blokiem pomiarowym górnym (8a). Chłodnicę górną (10) stanowi aluminiowa chłodnica wodna o kształcie prostopadłościanu, posiadająca wewnętrzny układ kanałów wodnych, oraz jeden króciec doprowadzający wodę oraz jeden króciec wylotowy.

P r z y k ł a d IV. Stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących, posiada płytę mocującą górną (2), płytę mocującą dolną (1) oraz płytę oporową (3). Płyta mocująca górna (2) poruszana jest względem prowadnic pionowych (4), a do płyty oporowej (3) przymocowany jest napęd (6) w postaci silnika krokowego ze sprzęgłem. Pomiedzy blokiem pomiarowym górnym (8a) i dolnym (8b) znajduje się próbka (5).

Próbkę (5) stanowi pasta termoprzewodząca na bazie silikonu wypełniona cząstkami nanosrebra. Dookoła bloków pomiarowych górnego (8a) i dolnego (8b) znajduje się izolacja termiczna (7).

Stanowisko posiada jeden zespół termostatujący (A). Zespół termostatujący (A) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym dolnym (8b), płytą mocującą dolną (1) i dwiema podporami bocznymi (12). Sam zespół termostatujący (A), składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego od dolnego (9b) oraz chłodnicy dolnej (10b) osadzonej na jednym elemencie dociskowym dolnym (11b), w postaci sprężyny. Moduł termoelektryczny dolny (9b) stanowi moduł Peltiera. Element dociskowy dolny (11b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a płytą mocującą dolną (a), a moduł termoelektryczny dolny (9b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a blokiem pomiarowym dolnym (8b).

Oznaczenia

- A – zespół termostatujący górny
- B – zespół termostatujący dolny
- 1 – płyta mocująca dolna
- 2 – płyta mocująca górna
- 3 – płyta oporowa
- 4 – prowadnica pionowa
- 5 – próbka
- 6 – napęd
- 7 – izolacja termiczna
- 8a – blok pomiarowy górny
- 8b – blok pomiarowy dolny
- 9a – moduł termoelektryczny górny
- 9b – moduł termoelektryczny dolny
- 10a – chłodnica górna
- 10b – chłodnica dolna
- 11a – element dociskowy górny
- 11b – element dociskowy dolny
- 12a – podpory boczne górne
- 12b – podpory boczne dolne

Zastrzeżenia patentowe

1. Stanowisko do badania kontaktowego oporu przepływu ciepła oraz przewodności cieplnej zwłaszcza kontaktowych materiałów termoprzewodzących, posiadające płytę mocującą górną, płytę mocującą dolną płyty mocujące oraz płytę oporową, gdzie płyta mocująca górna poruszana jest względem prowadnic, a do płyty oporowej przymocowany jest napęd w postaci silnika krokowego ze sprzęgłem, **znamiennie tym**, że posiada co najmniej jeden zespół termostatujący górny (A) lub dolny (B), gdzie zespół termostatujący górny (A) składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego górnego (9a), chłodnicy górnej (10a) osadzonej na co najmniej jednym elemencie dociskowym górnym (11a), korzystnie sprężynie, a zespół termoelektryczny dolny (B) składa się z przylegających do siebie modułu termoelektrycznego górnego dolnego (9b), chłodnicy dolnej (10b) osadzonej na co najmniej jednym elemencie dociskowym dolnym (10b), korzystnie sprężynie, przy czym zespół termostatujący górny (A) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym górnym (8a), płytą mocującą górną (2) i dwiema podporami bocznymi, górnymi (12a), a zespół termostatujący dolny (B) osadzony jest pomiędzy blokiem pomiarowym dolnym (8b), płytą mocującą dolną (1), dwiema podporami bocznymi dolnymi (12b).
2. Stanowisko według zastrz. 1 **znamiennie tym**, że moduły termoelektryczne górny (9a) i dolny (9b) stanowią moduły Peltiera.
3. Stanowisko według zastrz. 1 i 2, **znamiennie tym**, że element dociskowy górny (11a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a płytą mocującą górną (2), a moduł termoelektryczny górny (9a) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą górną (10a) a blokiem pomiarowym

górnym (8a), lub element dociskowy dolny (11b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a płytą mocującą dolną (1), a moduł termoelektryczny dolny (9b) umieszczony jest pomiędzy chłodnicą dolną (10b) a blokiem pomiarowym dolnym (8b)

4. Stanowisko według zastrz. 1, 2 lub 3, **znamiennie tym**, że chłodnice górna (10a) i dolna (10b) stanowią chłodnice wodne, korzystnie aluminiowe, korzystnie o kształcie prostopadłościanu, posiadające wewnętrzny układ kanałów wodnych, przy czym każda z chłodnic posiada jeden króciec doprowadzający wodę oraz jeden króciec wylotowy.
5. Stanowisko według zastrz. 1, 2 lub 3, **znamiennie tym**, że chłodnice górna (10a) i dolna (10b) stanowią radiatory, korzystnie aluminiowe.

Rysunki

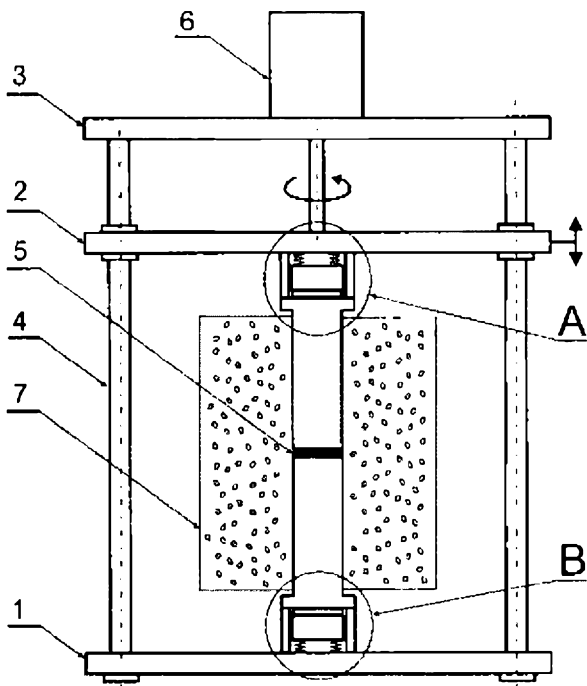


Fig. 1

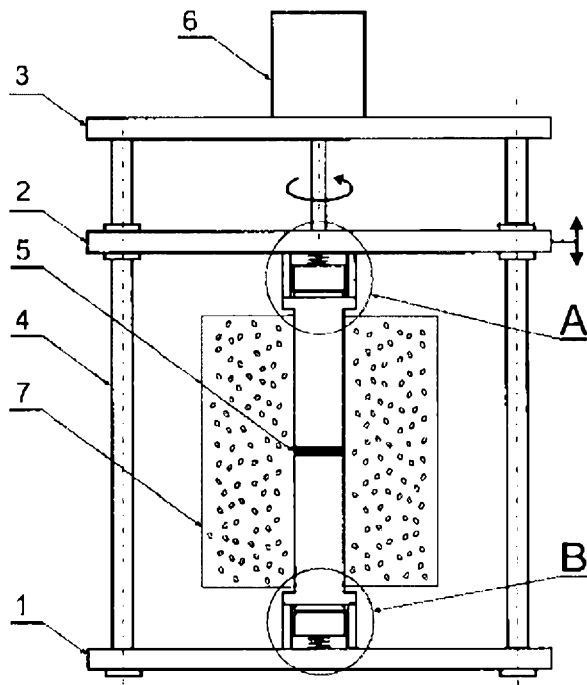


Fig. 4

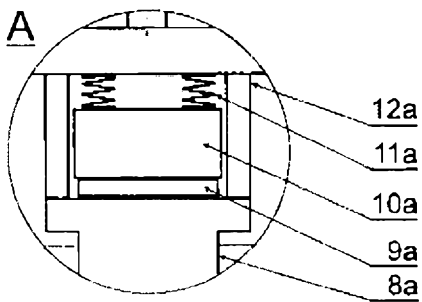


Fig. 2

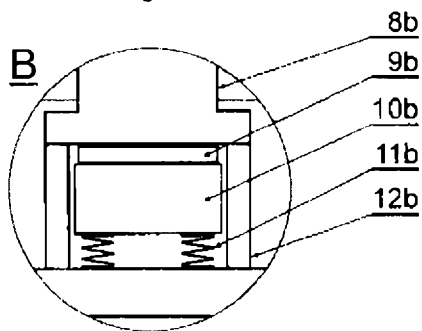


Fig. 3

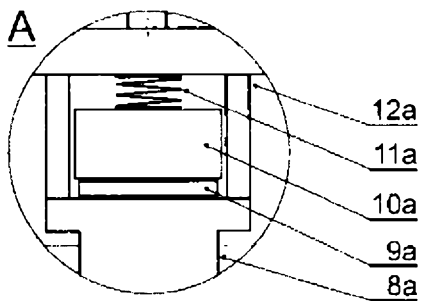


Fig. 5

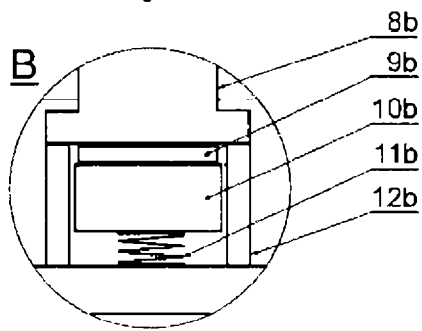


Fig. 6

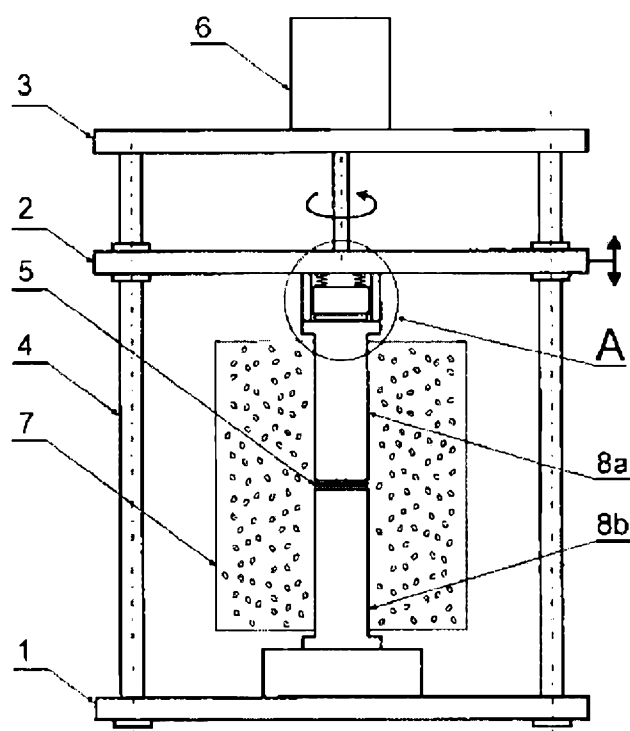


Fig. 7

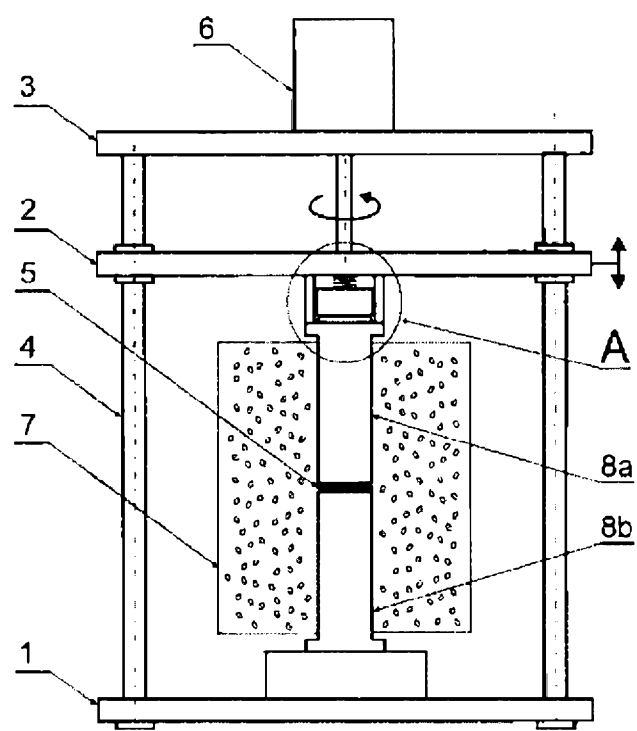


Fig. 8

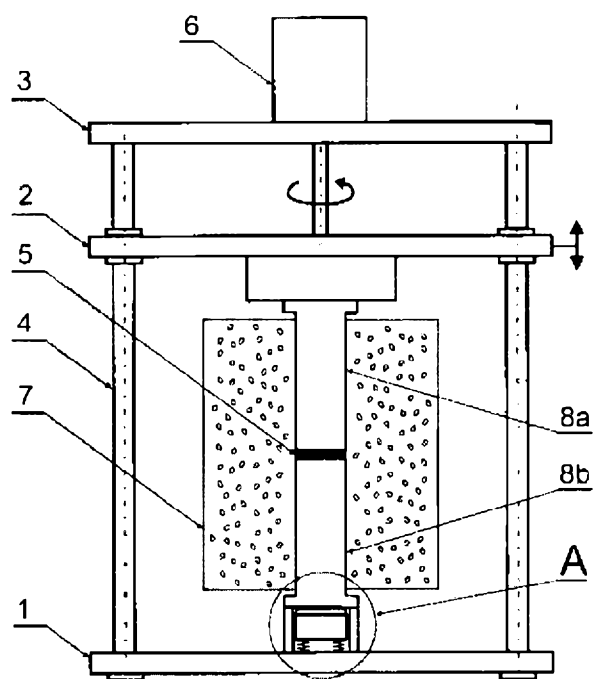


Fig. 9

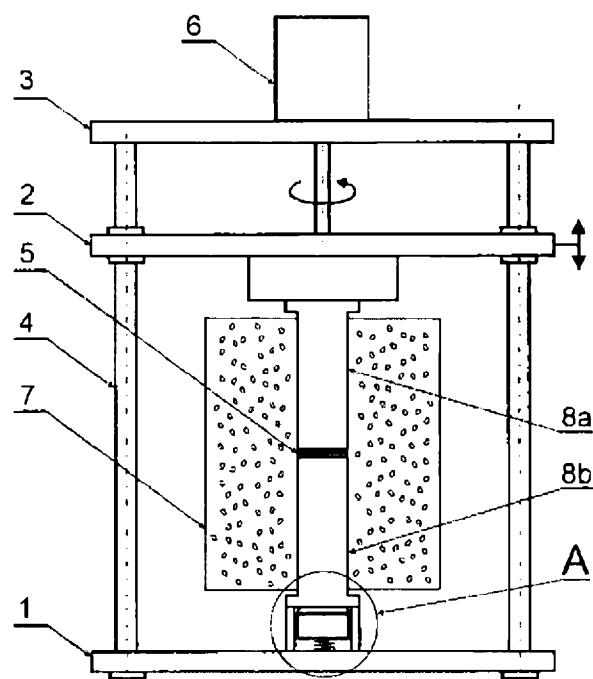


Fig. 10

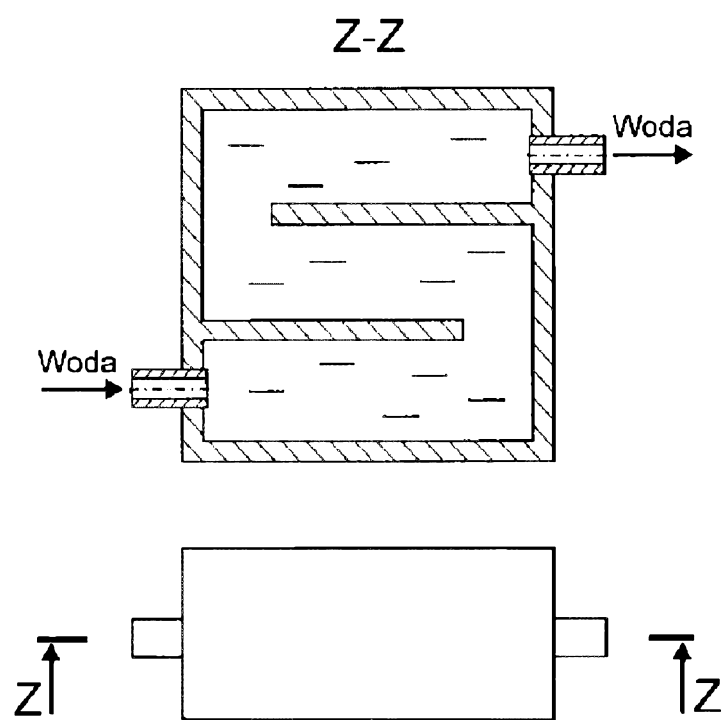


Fig. 11