(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 243256 B1**

(12) # Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433080**
(22) Data zgłoszenia: **2020.02.28**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.08.30 BUP 22/2021**
(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.07.24 WUP 30/2023**

(51) MKP:
B23K 20/02 *(2006.01)*

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM.STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
DARIUSZ LEŚNIAK, Łapanów, PL
WOJCIECH LIBURA, Kraków, PL
JÓZEF ZASADZIŃSKI, Kraków, PL
TOMASZ LATOS, Deszno, PL

(74) Pełnomocnik:
Robert Klisowski, Kraków, PL

(54) Tytuł:
Sposób badania zgrzewalności metali lub stopów w warunkach wyciskania wyrobów na matrycach mostkowych

PL 243256 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób badania zgrzewalności metali lub stopów w warunkach wyciskania wyrobów na matrycach mostkowych, mający zastosowanie w laboratoryjnych testach podatności metali lub ich stopów do wyciskania zgrzewającego.

Powszechnie znana i stosowana jest technologia zgrzewania w celu trwałego spajania metali lub ich stopów w wyniku procesów tarciowych lub odkształcenia plastycznego. Technologia ta polega na rozgrzaniu stykających się powierzchni, a następnie na dociśnięciu ich do siebie po przejściu w stan plastyczny metalu, przy czym uplastycznieniu ulega tylko niewielka objętość metalu na granicy bezpośredniego styku. W zależności od stosowanej metody zgrzewania, najpierw następuje docisk powierzchniowy, a potem rozgrzewanie, albo odwrotnie – najpierw rozgrzewanie, a potem docisk powierzchniowy. Przykładowo, z amerykańskiego opisu patentowego US4078712A znany jest sposób zgrzewania stopów aluminium i magnezu. Zgrzew wytwarza się za pomocą obróbki plastycznej na gorąco z wykorzystaniem spęczania, podczas którego dochodzi do zwiększenia powierzchni czołowych łączonych materiałów. W tym znanym sposobie stosuje się dość znaczne odkształcenia plastyczne, niezbędne do oczyszczenia łączonych powierzchni z tlenków, które powstały wcześniej podczas nagrzewania tych materiałów. Pod wpływem wzrostu powierzchni styku obu materiałów wyjściowych następuje rozrywanie kruchej warstewki tlenkowej i stopniowe oddalanie się cząstek tlenków od siebie. Dopiero po dość znacznym odnowieniu powierzchni otrzymuje się odpowiednią jakość zgrzewów. W celu określenia najkorzystniejszych parametrów technologicznych zgrzewania badanych materiałów, próbki materiałowe ze zgrzewami wykonanymi w różnych temperaturach i stopniach odkształcenia plastycznego, poddawane są próbom rozciągania.

Do problemu badania zgrzewalności metali i stopów łączonych w warunkach zabezpieczenia przed utlenianiem zgrzewanych powierzchni odnosi się opis patentowy PL220476B1. Przedstawiony w tym opisie sposób badania zgrzewalności polega na tym, że nagrzewa się próbki wyjściowe mające płaskie powierzchnie, a następnie układa się co najmniej dwie nagrzane próbki wyjściowe ich płaskimi powierzchniami w styku ze sobą w zamkniętej obudowie. Następnie przecina się te próbki w kierunku poprzecznym do stykających się ich powierzchni w celu utworzenia płaskich powierzchni przeznaczonych do zgrzewania, po czym przemieszcza się względem siebie odcięte części próbek wyjściowych w kierunku poprzecznym do ich stykających się powierzchni doprowadzając do zetknięcia się ze sobą, powstałych po przecięciu powierzchni co najmniej jednej pierwszej próbki i powierzchni co najmniej jednej drugiej próbki. Następnie wywołuje się zwiększenie naprężeń dociskających zgrzewane powierzchnie stykających się części próbek wyjściowych pośrednio, poprzez wywieranie zwiększonego nacisku w kierunku cięcia i przemieszczania odciętych części próbek, co prowadzi do zgrzania tych powierzchni. Uzyskane próbki poddaje się badaniom wytrzymałości na rozciąganie i ocenia się zgrzewalność metali i stopów w nich zawartych odnosząc wyniki do wyników uzyskanych dla próbek litych z tych materiałów. Opis patentowy ujawnia również urządzenie do wytwarzania próbek badawczych do badania zgrzewalności metali i stopów, zawierające zespół do utrzymywania próbek obejmujący pojemnik z komorą przelotową, w której umieszcza się w styku ze sobą nagrzane w innym urządzeniu próbki wyjściowe do wytwarzania próbki badawczej. Urządzenie zawiera zespół do przecinania próbek wyjściowych i przemieszczania ich odciętych części względem siebie, obejmujący stemple tnące i przemieszczające wchodzące do tej komory po obu stronach próbek wyjściowych i przemieszczane osiowo w tej komorze. Te same stemple służą do wywoływania zwiększenia naprężeń dociskających zgrzewane powierzchnie stykających się części próbek wyjściowych po ich przecięciu i przemieszczeniu poprzez zwiększanie docisku wywieranego przez te stemple. Urządzenie zawiera zespół pomocniczy, umieszczony pod komorą do zgrzewania, który służy do pośredniego pomiaru wielkości nacisku wywieranego przez stemple poprzez wycinanie dodatkowego krążka pomocniczego.

W polskim opisie patentowym PL230273B1 przedstawiono sposób badania zgrzewalności metali lub stopów i urządzenie do wytwarzania zgrzanych próbek do badania zgrzewalności metali lub stopów, zwłaszcza stopów aluminium przeznaczonych do wyciskania rur i kształtowników pustych na matrycach mostkowych. Sposób badania zgrzewalności metali lub stopów, obejmuje przygotowywanie próbki zgrzewanej z określonego co najmniej jednego metalu lub stopu i następnie kształtowanie z niej próbki badawczej, którą poddaje się badaniom wytrzymałości za pomocą prób rozciągania w kierunku poprzecznym do zgrzewu, oraz określanie zgrzewalności co najmniej jednego metalu lub stopu na podstawie osiągniętych wyników i stosowanych parametrów zgrzewania, w którym to sposobie przygotowanie próbki zgrzewanej obejmuje uformowanie co najmniej dwóch próbek wyjściowych, z których każda ma co najmniej

dwie płaskie równolegle do siebie powierzchnie; nagrzewanie tych próbek wyjściowych; ustawienie próbek wyjściowych w położeniu obok siebie i w ścisłym styku ze sobą zwróconych do siebie ich płaskich powierzchni; a następnie przecinanie próbek wyjściowych na gorąco, w kierunku poprzecznym do ich stykających się powierzchni wzdłuż płaszczyzny cięcia, do podzielenia każdej próbki wyjściowej na dwie odcięte części i utworzenia na przecięciu płaskich powierzchni do zgrzewania; przemieszczanie, w kierunku poprzecznym do stykających się powierzchni, odciętych części próbek wyjściowych usytuowanych po jednej stronie płaszczyzny cięcia względem odciętych części próbek wyjściowych usytuowanych po drugiej stronie płaszczyzny cięcia i doprowadzanie do zetknięcia się ze sobą powstałej na przecięciu, przeznaczonej do zgrzewania, powierzchni odciętej części co najmniej jednej próbki wyjściowej z usytuowaną po przeciwnej stronie płaszczyzny ciecia powierzchnią odciętej części sąsiedniej co najmniej jednej próbki wyjściowej do utworzenia co najmniej jednej próbki zgrzewanej składającej się z odciętych części różnych próbek wyjściowych; a następnie zgrzewanie tej co najmniej jednej próbki zgrzewanej, przy zwiększaniu naprężeń dociskających wywieranych na zgrzewane powierzchnie. Nagrzewanie próbek wyjściowych przeprowadza się po ustawieniu ich w położeniu obok siebie w ścisłym styku ze sobą w komorze grzewczej i w tej samej komorze grzewczej następnie przecina się próbki wyjściowe i przemieszcza ich odcięte części do utworzenia co najmniej jednej próbki zgrzewanej, po czym natychmiast zgrzewa się próbki zgrzewane w tej samej komorze grzewczej, a podczas zgrzewania zwiększa się naprężenia dociskające zgrzewane powierzchnie poprzez wywieranie siły bezpośrednio w kierunku, w przybliżeniu, prostopadłym do zgrzewanych powierzchni próbki zgrzewanej i przy tym jednocześnie rejestruje się oraz reguluje wielkość siły wywieranej w kierunku dociskania zgrzewanych powierzchni próbki zgrzewanej. Jest to w dużej mierze zgrzewanie tarciowe na skutek odkształcenia plastycznego sąsiadujących obszarów próbki 1 i próbki 2. Gdy połówki próbek znajdą się naprzeciwko siebie są już połączone, a docisk może jedynie wzmocnić połączenie.

Celem wynalazku jest opracowanie metody rozdzielenia, a następnie połączenia powrotnego metalu w sposób imitujący warunki panujące w procesach przemysłowego wyciskania na prasach współbieżnych z uwzględnieniem różnych warunków temperaturowo-naprężeniowych, panujących podczas zgrzewania w układzie zamkniętym prasy.

Sposób według wynalazku, polega na zgrzewaniu próbek tego samego lub dwóch różnych materiałów wyjściowych za pomocą przeróbki plastycznej na gorąco oraz wykonaniu badań wytrzymałości połączenia zgrzewanego za pomocą prób jednoosiowego rozciągania w kierunku prostopadłym do powierzchni zgrzewu, a następnie na odniesieniu uzyskanych wyników do wyników prób jednoosiowego rozciągania próbek litych z tych materiałów. Zgrzewanie materiałów wyjściowych wykonuje się w taki sposób, że co najmniej dwie próbki materiałów wyjściowych, układa się względem siebie równolegle, tworząc pakiet, który poddaje się najpierw poprzecznemu ścinaniu na gorąco, tak aby w wyniku ścięcia oraz poprzecznego przemieszczenia części pakietu, powierzchnie ścięcia próbek dwóch zgrzewanych materiałów znalazły się w bezpośrednim kontakcie, a następnie na przylegające odcinki próbek dwóch materiałów wyjściowych wywiera się siłę osiową o zadanej wartości, wywołując ich docisk i utworzenie zgrzewu na uprzednio ściętych powierzchniach. **Istota** sposobu badania zgrzewalności metali lub stopów polega na tym, że ścinany pakiet jednorodnych próbek z materiałów wyjściowych tworzy się wprowadzając dodatkowo pomiędzy próbkę a próbkę sztywną przekładkę, dzieloną poprzecznie na dwie części tak, że jej powierzchnia podziału pokrywa się z powierzchnią ścinania całego pakietu, a ścięte odcinki próbek są od siebie odseparowane przed rozpoczęciem procesu zgrzewania.

Korzystnym jest, gdy stosuje się przekładkę ze stali, o grubości zbliżonej lub większej niż grubość próbek z materiałów wyjściowych i o sztywności zbliżonej lub większej od sztywności próbek z materiałów wyjściowych.

Również korzystnym jest, kiedy pozycjonowanie elementów pakietu oraz jego ścinanie i zgrzewanie odcinków przeprowadza się w przyrządzie do wytwarzania próbek badawczych, który pełni rolę kasety grzewczej oraz zawiera układ ścinania oraz układ wstępnego docisku i ściskania zgrzewającego.

Ponadto korzystnym jest, gdy zgrzaną próbkę, przed testem jednoosiowego rozciągania poddaje się odrębnemu zabiegowi obróbki cieplnej obejmującemu przesycanie w wyniku schłodzenia po ponownym nagrzaniu w piecu i starzenie, a także obróbki mechanicznej.

Sposób badania zgrzewalności według wynalazku zostanie wyjaśniony z uwzględnieniem opisu działania przykładowego przyrządu do wytwarzania próbek badawczych, przedstawionego na schematycznym rysunku. Poszczególne figury rysunku przedstawiają: fig. 1 – pakiet przygotowany do ścinania, fig. 2 – pakiet w trakcie ścinania, fig. 3 – ścięty pakiet wraz ze ściskaniem siłą osiową odcinków próbek zgrzewanych, fig. 4 – próbkę ze zgrzewem, przeznaczoną do testu jednoosiowego rozciągania,

fig. 5 – wygląd przyrządu do wytwarzania próbek badawczych w ujęciu perspektywicznym, fig. 6 – przekrój wzdłużny przez przyrząd do wytwarzania próbek badawczych, fig. 7 – przekrój poprzeczny przez przyrząd do wytwarzania próbek, w płaszczyźnie β, przechodzącej przez ścinany pakiet, a fig. 8 – przekrój poprzeczny przez przyrząd do wytwarzania próbek, w płaszczyźnie γ, przechodzącej przez główkę stempla ściskającego i dociskacz.

W celu zbadania zgrzewalności dwóch metali, wykonane zostały z nich prostopadłościenne, jednorodne próbki A i B z materiałów wyjściowych o wymiarach $10 \times 10 \times 80$ mm, które ułożono równolegle i rozdzielono stalową przekładką C, dzieloną na dwa równe odcinki C1 i C2. Utworzony w ten sposób pakiet P (fig. 1), umieszczono w stalowym przyrządzie do wytwarzania próbek badawczych (fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8), który pełni rolę kasety grzewczej oraz zawiera układ ścinania oraz układ wstępnego docisku i ściskania zgrzewającego.

Pakiet P umieszczony został między stalowymi płytami 1a i 1b, w taki sposób, że połowa jego długości znajduje się w dopasowanej wnęce. Płyty 1a i 1b połączono, nasuwając na nie górną szynę 2, oraz dolną szynę 3. Do wystającej z wnęki części pakietu P, poprzecznie do osi podłużnych tworzących go próbek, przyłożono od góry stempel ścinający 4, którego powierzchnia czołowa o wymiarach 10×40 mm przylega na połowie długości górnej próbki A, będącej elementem pakietu P. Stempel ścinający 4 wraz ze sworzniem 5 tworzą ruchomy układ ścinania. Z kolei układ wstępnego docisku oraz ściskania zgrzewającego stanowi stempel ściskający 7 o osi równoległej do osi podłużnych próbek, tworzących pakiet P.

Stempel ściskający 7 posiada główkę o czołowej powierzchni kwadratowej 10×10 mm, która przylega do podstawy dolnej próbki B w pakiecie P. Ponadto, na sworzniu stempla ściskającego 7 osadzony jest współosiowo dociskacz 6, który połączony z nim mechanicznie w sposób równoległy za pomocą sprężyny 8, osadzonej również współosiowo na sworzniu stempla ściskającego 7, a której końce znajdują się pomiędzy kołnierzem i obejmą na sworzniu ściskającym 7 a kołnierzem i obejmą na dociskaczu 6.

Przygotowany przyrząd został zamontowany w prasie hydraulicznej i nagrzany wraz ze znajdującym się w nim pakietem P. W trakcie nagrzewania, za pomocą dodatkowego układu hydraulicznego, działającego na sworzeń stempla ściskającego 7 wywołano nieznaczny, wstępny docisk osiowy górnej części dociskacza 6 na próbkę górną A i przekładkę C pakietu P bez wywierania nacisku osiowego główki stempla ściskającego na dolną próbkę B pakietu P i wyzerowano wskazanie siły N działającej na stempel ściskający 7. Po osiągnięciu zakładanej temperatury, do sworznia 5 stempla ścinającego 4 przyłożono założoną siłę T nacisku prasy hydraulicznej na sworzeń 5 stempla ścinającego 4. W wyniku przemieszczenia stempla ścinającego 4, pakiet P został ścięty w taki sposób, że powierzchnia podziału α przekładki C pokrywa się z powierzchnią ścięcia π pakietu P (fig. 2). Po przemieszczeniu stempla ścinającego 4 oraz poprzecznym przemieszczeniu połowy pakietu P, składającego się z odcinków próbek A2 oraz B2, przedzielonych odcinkiem przekładki C2, do pozycji takiej, że odcinek A2 znalazł się na miejscu odciętego odcinka B2 (fig. 3), zwiększono nacisk na sworzeń stempla ściskającego 7 do założonej wartości siły N, wywołując docisk i utworzenie zgrzewu na uprzednio ściętych powierzchniach.

Po ściśnięciu próbki wycofano układ ścinania oraz układ wstępnego docisku i ściskania zgrzewającego i wysunięto przyrząd z obszaru grzewczego, a następnie rozebrano go i wyjęto próbkę B1-A2 złożoną ze zgrzanych odcinków B1 i A2 (fig. 4), która została poddana procesowi obróbki cieplnej obejmującej przesycanie w wyniku schłodzenia po ponownym nagrzaniu w piecu oraz starzenie, a także procesowi obróbki mechanicznej, w celu ujednolicenia jej kształtu i wymiarów z kształtami i wymiarami próbek jednorodnych, wykonanych z materiału A albo B.

Wykonano 10 próbek zgrzanych B1-A2 oraz po 10 próbek jednorodnych z materiału A oraz B. Następnie wykonano próby jednoosiowego rozciągania próbek B1-A2 i odniesiono naprężenia zrywające wywołane siłą R z wynikami naprężeń zrywających próbek jednorodnych z tych materiałów.

Dzięki zastosowaniu przekładki dzielonej przekładki stalowej C, następuje całkowite oddzielenie połówek próbek A i B bez ich kontaktu w trakcie procesu ścinania. Odcinek próbki A2 przesuwa się względem odcinka próbki B1 i dopiero po całkowitym ścięciu i wyrównaniu ich położenia następuje zgrzewanie, co pozoruje rozdzielenia materiału pomiędzy poszczególne kanały w matrycy mostkowo-komorowej i ponowne ich połączenie pod wpływem docisku jak w komorze zgrzewania. Kolejną zaletą wynalazku jest możliwość otrzymania próbek zgrzewanych zawierających wysokojakościowe zgrzewy dzięki łączeniu czystych, nieutlenionych powierzchni, otrzymanych na gorąco za pomocą plastycznego ścinania, realizowanego bezpośrednio przed rozpoczęciem procesu zgrzewania. Przy tym wszystkie

operacje, tj. nagrzewanie, przecinanie i zgrzewanie odciętych i doprowadzonych do styku ze sobą części próbek wyjściowych, są prowadzone w jednym urządzeniu bez wahania temperatury podczas ich przenoszenia. Ponadto dzięki jednoczesnemu pomiarowi i regulacji docisku zgrzewanych powierzchni próbek jest możliwa precyzyjna regulacja naprężeń dociskających w zgrzewanych powierzchniach.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób badania zgrzewalności metali lub stopów, polegający na zgrzewaniu próbek tego samego lub dwóch różnych materiałów wyjściowych za pomocą przeróbki plastycznej na gorąco oraz wykonaniu badań wytrzymałości połączenia zgrzewanego za pomocą prób jednoosiowego rozciągania w kierunku prostopadłym do powierzchni zgrzewu, a następnie na odniesieniu uzyskanych wyników do wyników prób jednoosiowego rozciągania próbek jednorodnych z tych materiałów, przy czym zgrzewanie materiałów wyjściowych wykonuje się w taki sposób, że co najmniej dwie próbki materiałów wyjściowych, układa się względem siebie równolegle, tworząc pakiet, który poddaje się najpierw poprzecznemu ścinaniu na gorąco, tak aby w wyniku ścięcia oraz poprzecznego przemieszczenia części pakietu, powierzchnie ścięcia próbek dwóch zgrzewanych materiałów znalazły się w bezpośrednim kontakcie, a następnie, na przylegające odcinki próbek dwóch materiałów wyjściowych wywiera się siłę osiową o zadanej wartości, wywołując ich docisk i utworzenie zgrzewu na uprzednio ściętych powierzchniach, **znamienny tym**, że ścinany pakiet (P) jednorodnych próbek (A i B) z materiałów wyjściowych tworzy się wprowadzając dodatkowo pomiędzy próbkę (A) a próbkę (B) sztywną przekładkę (C), dzieloną poprzecznie na dwie części (C1 i C2) tak, że jej powierzchnia podziału (α) pokrywa się z powierzchnią ścinania całego pakietu (π), a ścięte odcinki (B1 i A2) próbek (A i B) są od siebie odseparowane przed rozpoczęciem procesu zgrzewania.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się przekładkę (C) ze stali, o grubości zbliżonej lub większej niż grubość jednorodnych próbek (A i B) z materiałów wyjściowych i o sztywności zbliżonej lub większej od sztywności próbek (A i B) z materiałów wyjściowych.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pozycjonowanie elementów pakietu (P) oraz jego ścinanie i zgrzewanie odcinków (B1 i A2) przeprowadza się w przyrządzie do wytwarzania próbek badawczych, który pełni rolę kasety grzewczej oraz zawiera układ ścinania oraz układ wstępnego docisku i ściskania zgrzewającego.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zgrzaną próbkę, przed testem jednoosiowego rozciągania poddaje się odrębnemu zabiegowi obróbki cieplnej obejmującemu przesycanie w wyniku schłodzenia po ponownym nagrzaniu w piecu i starzenie, a także obróbki mechanicznej.

Rysunki

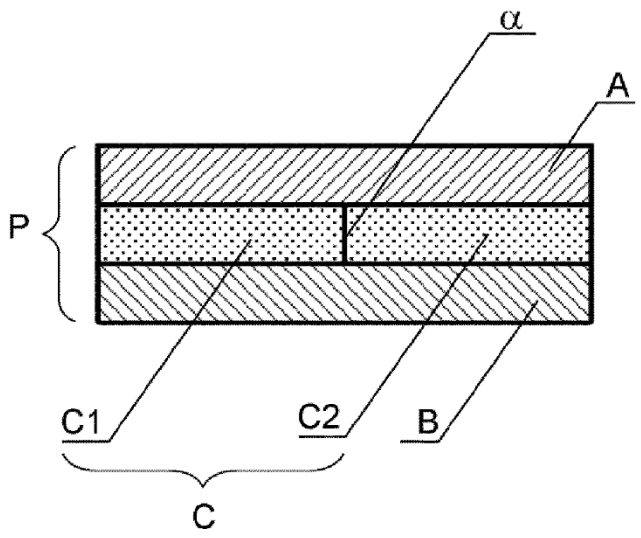

Fig. 1

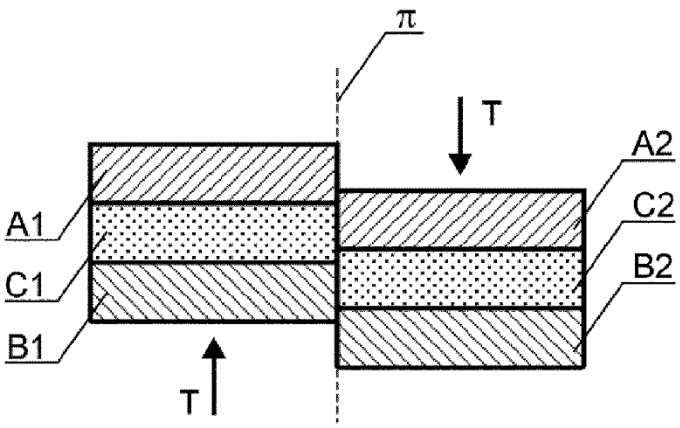

Fig. 2

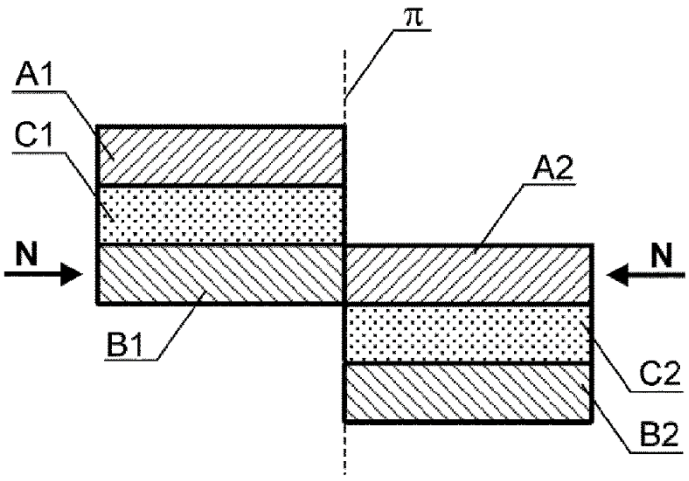

Fig. 3

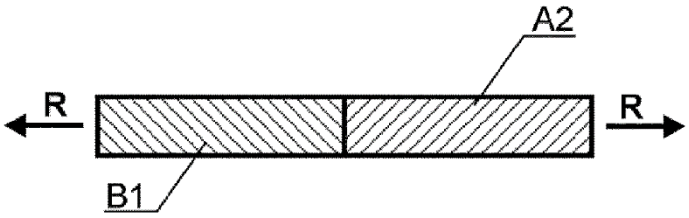

Fig. 4

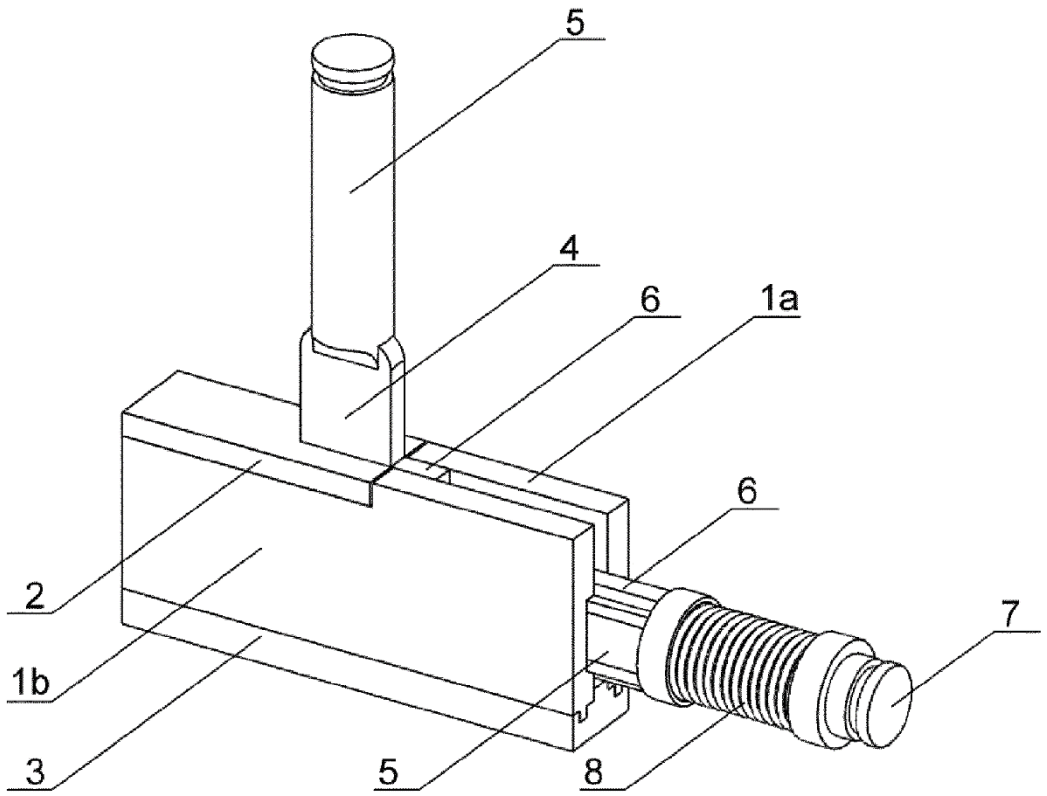

Fig. 5

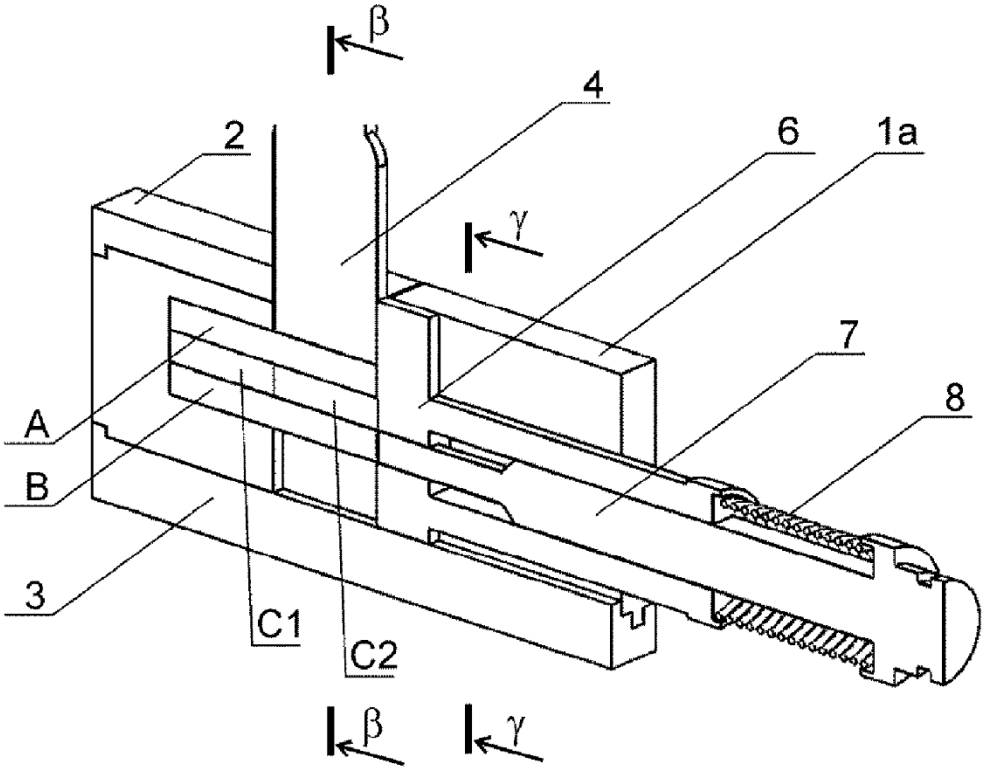

Fig. 6

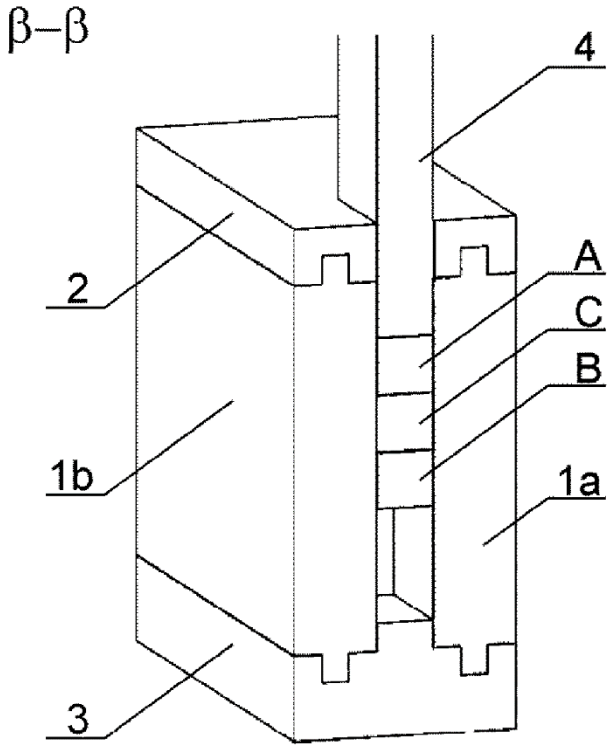

Fig. 7

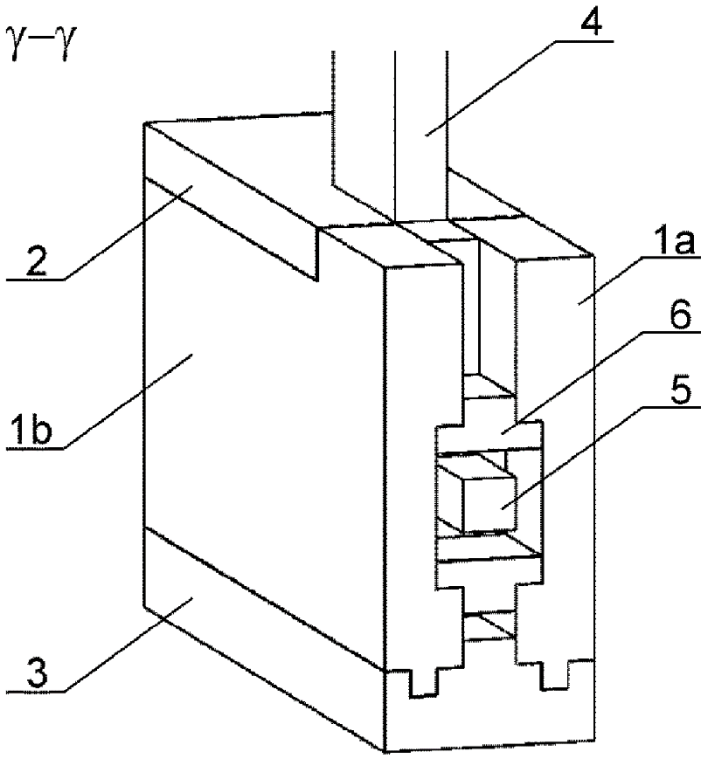

Fig. 8