

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **241354**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **438350**

(22) Data zgłoszenia: **05.07.2021**

(51) Int.Cl.

B22D 41/58 (2006.01)

C21C 5/48 (2006.01)

(54)

Kadź pośrednia

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

10.01.2022 BUP 02/22

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

19.09.2022 WUP 38/22

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA,
Częstochowa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

ADAM CWUDZIŃSKI, Częstochowa, PL

PL 241354 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kadź pośrednia, stosowana zwłaszcza do inhibitowania energii zasilającego strumienia ciekłej stali wypływającego z kadzi głównej i stymulowania struktury hydrodynamicznej w strefie zalewania kadzi pośredniej, podczas ciągłego odlewania stali.

Ciągłe odlewanie stali (COS) jest procesem, w którym wlewki ciągle mogą być odlewane w ramach jednej sekwencji z kolejnych następujących po sobie wytopów stalowniczych. W rejon maszyny do ciągłego odlewania dostarczana jest w kadzi stalowniczej wytopiona stal, uprzednio przygotowana w piecu kadziowym (korekta składu chemicznego i temperatury, rafinacja). Na wozie kadziowym znajduje się kadź pośrednia będąca urządzeniem pośredniczącym pomiędzy kadzią stalowniczą a krystalizatorami maszyny do ciągłego odlewania stali. Kadź pośrednia pozwala na sekwencyjne odlewanie kolejno po sobie partii ciekłego metalu różniących się nawet składem chemicznym. Przestrzeń wewnętrzna kadzi pośredniej wykonana jest z materiałów ceramicznych zapewniających trwałość kadzi i minimalizację strat ciepła poprzez ściany kadzi. Z zewnątrz kadź pośrednia wykonana jest z korpusu stalowego. Ze względu na swoje przeznaczenie kadź pośrednia posiada wystarczającą przestrzeń by móc montować w jej wnętrzu urządzenia sterujące przepływem (USP). Intensywny rozwój technologii ciągłego odlewania stali przyczynił się do powstania USP typu przegrody, przelewy, podstrumieniowe regulatory turbulencji, przegrody gazo-przepuszczalne, filtry ceramiczne. Głównym zadaniem urządzeń sterujących przepływem jest sterowanie strumieniem stali mające na celu minimalizację stref nieaktywnych i zwiększenie czasu przebywania stali w kadzi, jak również minimalizacja energii kinetycznej czy rafinacja ciekłej stali.

Znany jest z EP1154871A1 podstrumieniowy regulator turbulencji (inhibitor turbulencji) w formie skrzynki z materiału ogniotrwałego ceramicznego o specjalnie wyprofilowanej przestrzeni oddziałującej na strumień ciekłej stali w strefie zalewania. Część inhibitora turbulencji jest wykonana z ceramiki gazo-przepuszczalnej umożliwiającej wprowadzanie argonu do ciekłej stali. Przy czym ceramika gazo-przepuszczalna jest usytuowana na ścianach bocznych i kołnierzu regulatora, przez co iniekcja gazu obojętnego jest realizowana poza osią strumienia zasilającego kadź pośrednią wypływającego z kadzi głównej (stalowniczej). Podobnym rozwiązaniem jest rozwiązanie nr PCTEP2017/068349, w którym gaz obojętny jest doprowadzany do regulatora w formie skrzyni za pomocą dysz umieszczonych zarówno w jego ścianach bocznych jak i w dnie, przy czym również, w tym rozwiązaniu projektowym dysze gazowe znajdują się poza osią strumienia zasilającego wypływającego z kadzi głównej (stalowniczej).

Wynalazek stwarza możliwość oddziaływania na strumień ciekłej stali zasilający kadź pośrednią bez potrzeby stosowania klasycznego podstrumieniowego regulatora turbulencji. W związku z tym zmniejszone zostanie ryzyko zanieczyszczenia ciekłej stali cząstkami materiału ogniotrwałego, z którego wykonuje się PRT, który pomimo dochowania wszelkich wymogów dotyczących jakości materiałów ogniotrwałych podlega permanentnej erozji w trakcie procesu ciągłego odlewania stali. Dodatkowe wyhamowanie pędu strumienia ciekłej stali przełoży się na wolniejsze jego płynięcie w objętości roboczej kadzi pośredniej poza strefą zalewania, również minimalizując zjawisko erozyjnego oddziaływania na warstwę roboczą. Obojętny charakter będzie intensyfikować proces rafinacji ciekłej stali i chronić ją przed wpływem atmosfery. Wynalazek pozwala na optymalizację pracy kadzi pośredniej i wzrost jej znaczenia w procesie ciągłego odlewania stali. Proponowane rozwiązanie powinno efektywnie oddziaływać na homogenizację chemiczną i cieplną odlewanej stali sposobem ciągłym.

Zastosowanie proponowanego rozwiązania konstrukcyjnego umożliwia zmniejszenie zużycia materiałów ogniotrwałych wyłożenia roboczego kadzi pośredniej w strefie jej zalewania przez zmniejszenie prędkości przepływu ciekłej stali w bezpośredniej bliskości warstwy roboczej kadzi. Oddziaływanie na strumień zasilający spowoduje modyfikację struktury hydrodynamicznej przepływu ciekłej stali w strefie zalewania kadzi pośredniej jak również w całej objętości roboczej kadzi pośredniej. Stymulacja warunków hydrodynamicznych ruchu ciekłej stali za pomocą kształtki gazo-przepuszczalnej w strefie strumienia zasilającego będzie intensyfikować wypływanie wtrąceń niemetalicznych do fazy żużlowej.

Istotą wynalazku jest kadź pośrednia składająca się z dna kadzi, ścian bocznych i wylewu osłonowego połączonego z kadzią główną znaną tym, że posiada kształtkę gazo-przepuszczalną osadzoną w dnie kadzi pośredniej pod wylewem osłonowym, gdzie oś pionowa kształtki pokrywa się z osią pionową wylewu osłonowego, a kształtka ma kształt walca o średnicy nie większej niż średnica wewnętrzna rury osłonowej, przy czym górna powierzchnia kształtki pokrywa się z górną powierzchnią warstwy roboczej ogniotrwałej dna kadzi pośredniej, a kształtka połączona jest przewodem doprowadzającym

z zasobnikiem gazu, gdzie przewód doprowadzający osadzony jest w ścianie bocznej. Korzystnie średnica wewnętrzna rury osłonowej wynosi od 5 cm do 21 cm w zależności od konstrukcji wylwu osłonowego. Korzystnie pomiędzy kształtką a zasobnikiem gazu na przewodzie doprowadzającym osadzony jest układ elektroniczny do regulacji natężenia przepływu gazu.

Wynalazek został uwidoczniiony na rysunku, na którym fig. 1 i fig. 2 przedstawia kadź pośrednią z kształtką, w widoku ogólnym.

W procesie COS stosuje się kształtki gazo-przepuszczalne w postaci przegród, które montuje się w dnie kadzi pośredniej. W bocznej ścianie przegrody lub w ścianie kadzi pośredniej znajduje się kanał doprowadzający gaz obojętny, który jest wdmuchiwany do kadzi pośredniej przez część dolną przegrody, umożliwiając swobodny przepływ pęcherzy gazu obojętnego przez przepływającą stal. Głównym zadaniem przegród gazo-przepuszczalnych jest wspomaganie mechanizmów związanych z usuwaniem ze stali zarówno gazów jak i wtrąceń niemetalicznych. Dodatkowo urządzenia te modyfikują przepływ stali i w stosunku do klasycznych przegród z racji ich montażu w dnie kadzi nie są tak silnie narażone na degradacyjne oddziaływanie strumienia stali, co nie oznacza, że nie podlegają zużyciu. Gazem powszechnie stosowanym w przegrodach, czy też kształtkach gazo-przepuszczalnych, jest argon ze względu na swój obojętny charakter, wyrażający się niską rozpuszczalnością tego gazu w ciekłej stali i żelazie poniżej 0,001 ppm. Argon wdmuchiwany przez dysze, kształtki lub przegrody gazo-przepuszczalne używany jest w metalurgii stali. Iniekcja argonu jest stosowana podczas wytapiania stali w konwertorach typu AOD (Argon-Oxygen-Decarburization) i TBM (Thyssen-Blast-Metallurgie), podczas tzw. obróbki pozapiecowej w kadziach stalowniczych, w procesach RH (Recirculatoir Degasser), REDA (Revolution Degassing Activator), VD (Tank Degasser), LF (Ladle Furnace) oraz w kadziach pośrednich podczas procesu ciągłego odlewania stali. Argon doskonale nadaje się jako ośrodek izolujący ciekłą stal od wpływu warunków zewnętrznych, zabezpieczając metal przed oddziaływaniem tlenu zawartego w powietrzu.

Drugim ważnym USP montowanym w kadzi pośredniej jest podstrumieniowy regulator turbulencji, powszechnie stosowany do inhibitowania energii strumienia zasilającego. Podstrumieniowy regulator turbulencji (PRT) jest urządzeniem podobnym do „skrzyni” o specjalnie wyprofilowanych ścianach i krawędziach górnych, dzięki którym możliwa jest zmiana kierunku strumienia stali wlewanej do kadzi. PRT wykonuje się z materiałów ogniotrwałych cechujących się znaczną wytrzymałością na cieplne i mechaniczne erozyjne oddziaływanie strumienia zasilającego. PRT są zawsze montowane w osi strumienia zasilającego w dnie kadzi pośredniej, tuż pod wylewem osłonowym kadzi stalowniczej dostarczającej ciekły metal na stanowisko COS. Strumień stali wpływający do kadzi pośredniej z kadzi stalowniczej uderza o dno i brzegi regulatora, powodując zawrócenie przepływu w kierunku przeciwnym do kierunku wpływającego strumienia stali. W efekcie strumień stali jest wyhamowany, a energia strumienia zasilającego skupiona w obszarze oddziaływania PRT. W związku z oddziaływaniem PRT przepływ ciekłej stali w objętości roboczej kadzi pośredniej poza strefą montażu PRT zostaje spowolniony. Dodatkowo poprzez zastosowanie PRT chronione jest wyłożenie ogniotrwałe kadzi pośredniej w rejonie zalewowym kadzi. Mankamentem stosowanego urządzenia jest jego stopniowe zużywanie się w trakcie odlewania, co wpływa na zanieczyszczanie ciekłej stali kawałkami wypłukiwanego z PRT materiału ogniotrwałego.

P r z y k ł a d

Kadź pośrednia o kształcie klina z obniżonym dnem w strefie wylewowej. Całkowita wysokość kadzi od strony strefy wylewowej 1430 mm. Całkowita wysokość kadzi pośredniej od strony strefy zalewania 1210 mm. Zewnętrzna górna szerokość kadzi pośredniej od strony strefy wylewowej 3365 mm. Zewnętrzna dolna szerokość kadzi pośredniej od strony strefy wylewowej 2840 mm. Zewnętrzna górna szerokość kadzi pośredniej od strony strefy zalewania 1500 mm. Zewnętrzna dolna szerokość kadzi pośredniej od strony strefy zalewania 1150 mm. Grubość ściany kadzi pośredniej z materiału ogniotrwałego 180 mm. Z zewnątrz kształt kadzi pośredniej wyznacza pancerz stalowy. Wewnętrzna ściana ceramiczna jest dodatkowo chroniona masą ceramiczną o grubości 40 mm. Długość całkowita kadzi 4700 mm. Kadź pośrednia wyposażona jest w rynnę przelewową o długości 700 mm i szerokości 900 mm umożliwiającą swobodny odpływ żużla lub metalu w sytuacjach awaryjnych. Poziom przelewowy znajduje się na wysokości 880 mm. Obniżenie dna od wewnętrznej dolnej krawędzi kadzi pośredniej oddalone jest od niej o 970 mm. Głębokość obniżenia dna w strefie wylewowej wynosi 220 mm. Oś otworu wylewowego 1 kadzi pośredniej oddalona od dolnej krawędzi kadzi pośredniej jest o 275 mm. Strumień zasilający kadź pośrednią w chwili pierwszego kontaktu z dnem kadzi uderza w środek płaskiej płyty podwylewowej (odległość od środka do dolnej krawędzi kadzi pośredniej strefy zalewowej wynosi 370 mm). Płaska płyta podwylewowa jest zamurowana w dnie kadzi pośredniej i pokryta ochronną masą ceramiczną.

Kształtka 3 gazo-przepuszczalna jest umieszczona w środku płyty podwylewowej. Kształtka 3 gazo-przepuszczalna o wysokości 5 tj. 100 mm i średnicy 4 odpowiadającej stosowanemu do ochrony strumienia stali wylewu osłonowego 1 kadzi stalowniczej, jest osadzona w otworze roboczym płyty podwylewowej. Oś kształtki 3 gazo-przepuszczalnej powinna się pokrywać z osią wylewu osłonowego 1 kadzi głównej. Powierzchnie boczna i dolna kształtki 3 gazo-przepuszczalnej zamurowane w płycie podwylewowej nie będą aktywnymi powierzchniami inicjującymi iniekcję gazu obojętnego (argon). Stąd tylko przez powierzchnię górną (niepokrytą ochronną warstwą ceramiczną), będzie inicjowana iniekcja pęcherzy gazowych unoszących się w przeciw prądzie do opadającego i zasilającego kadełko pośrednie strumienia stali. Średnica kształtki 3 wylewowej odpowiada średnicy wewnętrznej wylewu osłonowego 1 zamontowanego do kadzi głównej i wynosi 70 mm. Do ceramicznej kształtki 3 gazo-przepuszczalnej o kształcie cylindra/walca od spodu jest doprowadzony przewód doprowadzający 9 metalowy ze stali żaroodpornej doprowadzający gaz obojętny argon, wyprofilowany zgodnie z kształtem kadzi pośredniej przewód znajduje się wewnątrz warstwy ceramicznej w ścianie bocznej kadzi pośredniej stanowiącej jej wyłożenie ogniotrwałe. Przewód doprowadzający 9 od góry wyprowadzony jest na zewnątrz kadzi pośredniej, tak aby nie przechodził przez jej pancierz stalowy i dalej za pomocą złączki połączony z przewodami linii zasilającej stanowisko do odlewania w gaz obojętny argon. Po rozpoczęciu sekwencji odlewania i stopniowym napełnieniu kadzi pośredniej przez kształtkę 3 jest wdmuchiwany argon z minimalnym natężeniem przepływu Nl/min wynikającym z masowego przepływu stali odpowiadającego odlewaniu formatowi wlewków płaskich, np. dla wlewków o wymiarze $1500 \times 225 \text{ mm}$ i prędkości odlewania 0.9 m/min średnie masowe natężenie przepływu stali wpływającej do kadzi pośredniej (ceramiczny wylew osłonowy o średnicy wewnętrznej 70 mm zastosowany w kadzi głównej) wynosi 40 kg/s , stąd minimalne natężenie przepływu argonu będzie wynosić 80 Nl/min . Wdmuchiwany do kadzi pośredniej argon poprzez umiejscowienie kształtki 3 w osi strumienia zasilającego oddziałuje na zasilający kadełko strumień stali, rozpraszając jego pęd i stymulujący modyfikację struktury hydrodynamicznej w strefie zalewania kadzi pośredniej. Pęcherze gazu unoszące się w kierunku powierzchni swobodnej aktywizują wznoszący ruch stali już znajdującej się w kadzi pośredniej, ograniczając erozyjne oddziaływanie stali opadającej w kierunku dna kadzi.

Wynalazek polega na zastosowaniu kształtki 3 i argonu jako medium inhibitująco-stymulującego w strefie zalewania kadzi pośredniej w miejscu bezpośredniej interakcji strumienia zasilającego z dnem 7 kadzi pośredniej. Gaz obojętny (Ar) w interakcji ze strumieniem zasilającym, oddziałuje na strumień zasilający, ograniczając zasięg jego wpływu na wyłożenie ogniotrwałe przestrzeni roboczej kadzi pośredniej. Dodatkowo ruch pęcherzy gazowych w kierunku powierzchni swobodnej ciekłej stali wynosi wtrącenia niemetaliczne znajdujące się w ciekłym metalu wypływającym z kadzi głównej, stalowniczej. Argon jest wdmuchiwany do ciekłej stali przez kształtkę gazo-przepuszczalną zainstalowaną w dnie 7 kadzi pośredniej w osi strumienia zasilającego wypływającego z kadzi stalowniczej znajdującej się nad kadzią pośrednią, przez wylew osłonowy. Kształtka 3 gazo-przepuszczalna z materiału ogniotrwałego zamurowana w dnie 7 kadzi pośredniej (w ogniotrwałej warstwie roboczej) w osi strumienia zasilającego kadełko pośrednie wypływającego z wylewu osłonowego 1 do której podłączony jest przewód doprowadzający 9 stalowy w postaci rury wyprofilowanej zgodnie z kształtem wewnętrznym kadzi pośredniej również zamurowanej w dnie i ścianie bocznej 12 kadzi (ogniotrwała warstwa robocza 6), tak aby możliwe było jej podłączenie do stacji podawania gazu obojętnego 11 Ar, przy nienaruszonej konstrukcji stalowej kadzi pośredniej 8, tj. pancierza stalowego.

Sposób inhibitowania energii zasilającego strumienia ciekłej stali polega na tym, że środkiem inhibitująco-modyfikującym jest gaz obojętny argon. W celu iniekcji argonu stosuje się ceramiczną kształtkę 3 gazo-przepuszczalną. Jej kształt odpowiada cylindrowi – walcowi, którego średnica nie będzie większa niż średnica wylewu osłonowego kadzi pośredniej lub otworu wylewowego kadzi stalowniczej w przypadku odlewania strumieniem otwartym i nie mniejsza niż połowa średnicy wylewu osłonowego lub otworu wylewowego 1 kadzi stalowniczej. Kształtka 3 jest montowana w osi strumienia wypływającego z kadzi stalowniczej, w dnie 7 kadzi pośredniej w strefie jej zalewania, w miejscu, w które strumień ciekłej stali uderza o dno 7 kadzi pośredniej, lub dno PRT (jeśli jest stosowany). Wysokość kształtki 3 jest dobrana indywidualnie do warstwy roboczej danej kadzi pośredniej, tak aby można było ją skutecznie obsadzić i podłączyć do niej przewód doprowadzający 9 argon. Kształtka 3 jest zamontowana na równi z poziomem dna 7 kadzi. Obszar aktywny, przez który jest wdmuchiwany argon, obejmuje całą powierzchnię cylindryczną kształtki 3. Kształtka 3 ceramiczna jest wykonana z materiału porowatego generującego jednorodną populację pęcherzy argonowych o średnicy maksymalnie 1 mm. Materiał ceramiczny cechuje się odpornością na temperaturę powyżej 1673 K . Sposób inhibitowania energii strumienia

zasilającego argonem polega na tym, że natężenie przepływu argonu przez kształtkę 3 gazo-przepuszczalną jest regulowane w czasie rzeczywistym i dobierane indywidualnie w zależności od typu kadzi pośredniej (kadź korytowa, delta, klinowa, T), formatu odlewanych wlewków (limitujących prędkość odlewania), stosowanej zasyпки kadziowej i fazy sekwencji odlewniczej (start sekwencji, odlewanie, wymiana kadzi stalowniczej), przy czym minimalne natężenie przepływu argonu definiowane jest zależnością:

$$Q_{Ar} = 2Q_{stal}$$

gdzie: Q_{Ar} – natężenie przepływu argonu przez kształtkę gazo-przepuszczalną, l/min, Q_{stal} – natężenie masowe stali wpływającej do kadzi pośredniej, kg/s.

Kadź pośrednia składająca się z dna kadzi 7, ścian bocznych 12 i wylewu osłonowego 1 połączonego z kadzią główną ma zatem kształtkę 3 gazo-przepuszczalną osadzoną w dnie kadzi 7 pośredniej pod wylewem osłonowym 1, gdzie oś pionowa kształtki 3 pokrywa się z osią pionową wylewu osłonowego 1, a kształtka 3 ma kształt walca o średnicy nie większej niż średnica wylewu osłonowego 1, przy czym górna powierzchnia kształtki 3 pokrywa się z górną powierzchnią warstwy roboczej ogniotrwałej 6 dna kadzi pośredniej, a kształtka 3 połączona jest przewodem doprowadzającym 9 z zasobnikiem gazu 11, gdzie przewód doprowadzający 9 osadzony jest w ścianie bocznej 12. Średnica wewnętrzna wylewu osłonowego 1 wynosi 70 mm. Pomiędzy kształtką 3 a zasobnikiem gazu 11 na przewodzie doprowadzającym 9 osadzony jest układ elektroniczny do regulacji natężenia przepływu gazu 10.

Oznaczenia:

1. Wylew osłonowy kadzi głównej
2. Oś pionowa – oś strumienia zasilającego kadź pośrednią
3. Kształtka
4. Średnica kształtki
5. Wysokość kształtki
6. Warstwa robocza ogniotrwała
7. Dno kadzi
8. Konstrukcja stalowa
9. Przewód doprowadzający
10. Układ do regulacji natężenia przepływu gazu roboczego
11. Zasobniki gazu
12. Ściana boczna

Zastrzeżenia patentowe

1. Kadź pośrednia składająca się z dna kadzi, ścian bocznych i wylewu osłonowego połączonego z kadzią główną **znamienna tym**, że posiada kształtkę 3 gazo-przepuszczalną osadzoną w dnie kadzi 7 pośredniej pod wylewem osłonowym 1, gdzie oś pionowa kształtki 3 pokrywa się z osią pionową 2 wylewu osłonowego 1, a kształtka 3 ma kształt walca o średnicy nie większej niż średnica wewnętrzna wylewu osłonowego 1, przy czym górna powierzchnia kształtki 3 pokrywa się z górną powierzchnią warstwy roboczej ogniotrwałej 6 dna kadzi 7 pośredniej, a kształtka 3 połączona jest przewodem doprowadzającym 9 z zasobnikiem gazu 11, gdzie przewód doprowadzający 9 osadzony jest w ścianie bocznej.
2. Kadź pośrednia wg zastrz. 1 **znamienna tym**, że średnica wewnętrzna wylewu osłonowego 1 wynosi od 5 cm do 21 cm.
3. Kadź pośrednia wg zastrz. 1 lub 2 **znamienna tym**, że pomiędzy kształtką 3 a zasobnikiem gazu 11 na przewodzie doprowadzającym 9 osadzony jest układ elektroniczny do regulacji natężenia przepływu gazu 10.

Rysunki

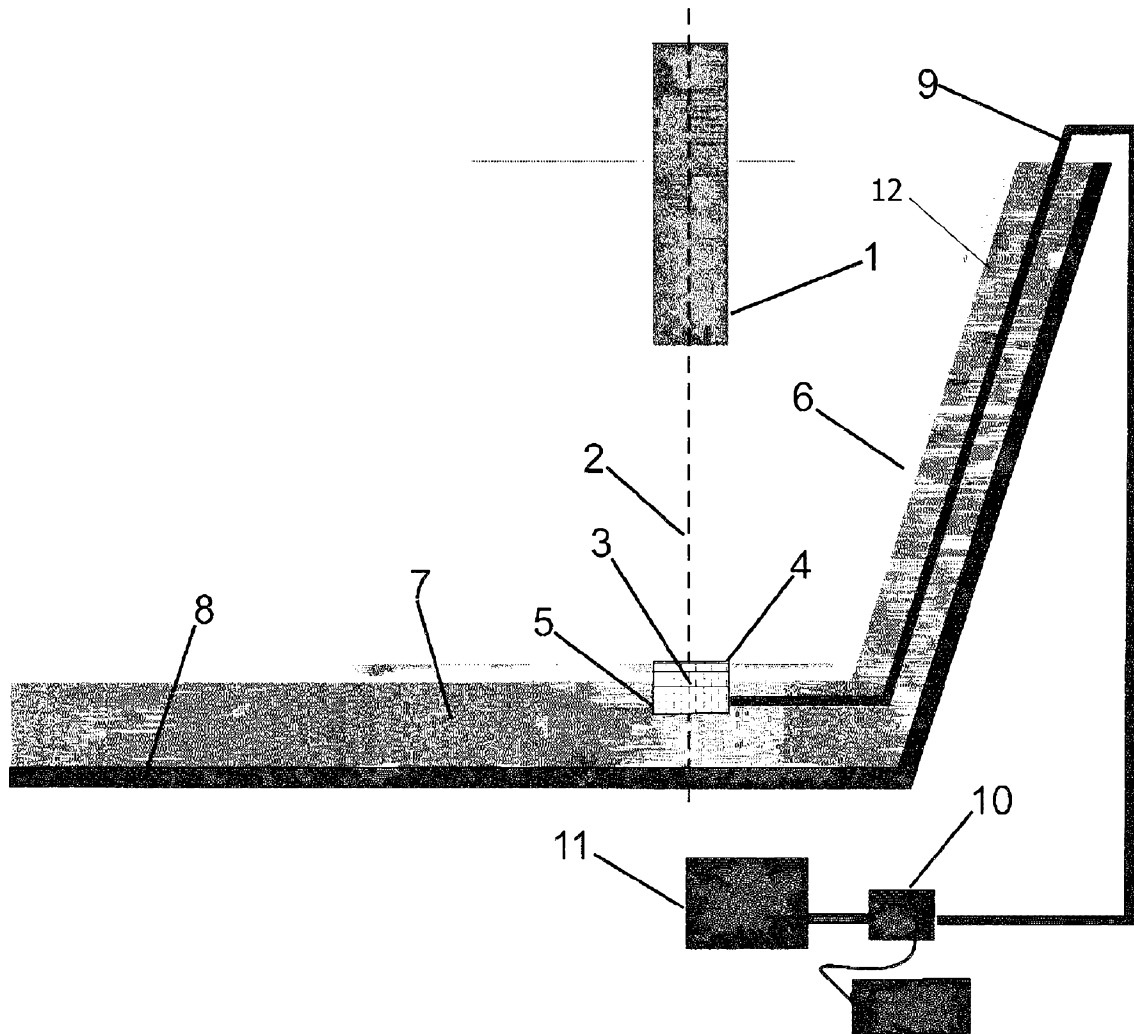


Fig. 1

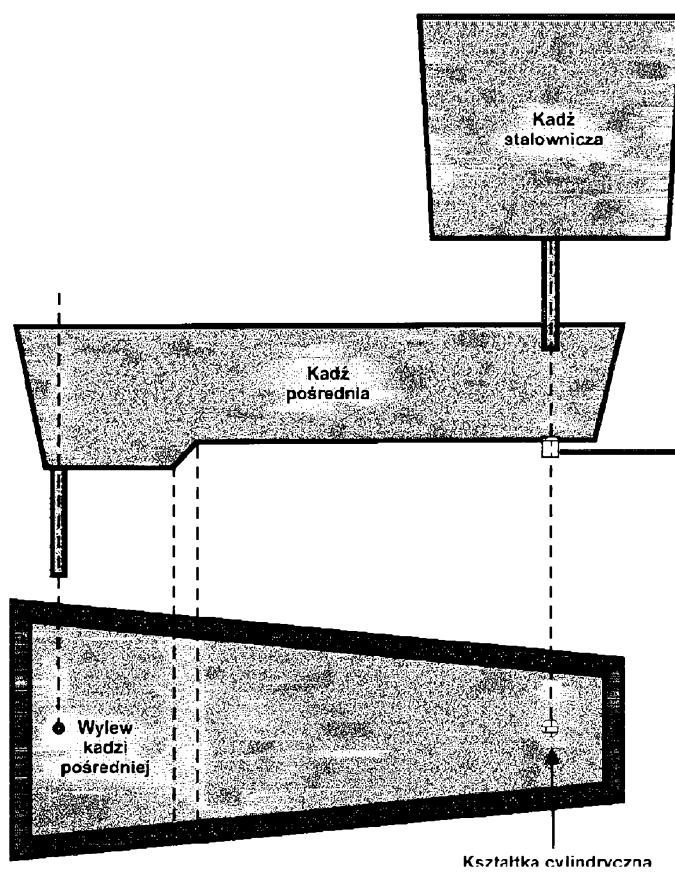


fig. 2