



(54) **Sposób wtapiania granulatu Cu do ciekłej miedzi i zestaw do realizacji tego sposobu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

03.07.2017 BUP 14/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.05.2019 WUP 05/19

(73) Uprawniony z patentu:

**TELE-FONIKA KABLE SPÓŁKA AKCYJNA,
Myślenice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JAKUB SIEMIŃSKI, Wieliczka, PL
MARIUSZ TOKARSKI, Kraków, PL
MAREK KACZKOWSKI, Kraków, PL
KAZIMIERZ LENARD, Myślenice, PL
TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Sułków, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
KINGA KORZEŃ, Kraków, PL
ELIZA SIEJA-SMAGA, Dobra, PL
SZYMON KORDASZEWSKI, Kosmolów, PL
MICHAŁ JABŁOŃSKI, Kraków, PL
ANDRZEJ NOWAK, Kraków, PL
MAREK GNIEŁCZYK, Chełmek, PL
MAŁGORZATA ZASADZIŃSKA, Kraków, PL
BARTOSZ JURKIEWICZ, Ozorków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Górka

Opis wynalazku

Wynalazek dotyczy sposobu wtapiania granulatu Cu do ciekłej miedzi, w szczególności w linii do ciągłego topienia i odlewania prętów (drutów) charakteryzujących się niskim poziomem zawartości tlenu, a także zestawu do jego realizacji. Rozwiązanie według wynalazku znajduje zastosowanie w piecach topliwych różnego typu.

W technice znane są powszechnie metody oraz urządzenia do produkcji prętów (drutów) w systemie ciągłego topienia i odlewania. Jednym z nich jest instalacja według rozwiązania ujawnionego w międzynarodowym zgłoszeniu patentowym WO2014001848 lub instalacja przedstawiona w zgłoszeniu patentowym nr GB2516371, w których odlewanie realizowane jest w systemie pionowym do góry.

Do produkcji miedzi beztlenowej o wysokiej jakości jako wsad powszechnie wykorzystywane są katody miedziane. Katody te wprowadzane są do komory tygla grafitowego pieca topliwego, w którym następuje ich topienie. Dodatkowo, powierzchnia ciekłego metalu przykrywana jest warstwą węgla w postaci proszku lub płatków w celu ochrony miedzi przed utlenianiem. Komora topliwa połączona jest z sąsiednią komorą odlewniczą przez przejście w dnie pieca. Roztopiona miedź przepływa przez kanał do komory odlewniczej, w której kieruje się ku górze do krystalizatorów przez warstwę filtracyjną. Ilość krystalizatorów uzależniona jest od wydajności procesu. Krystalizatory intensywnie chłodzone są wodą, a zakrzepłe pręty przeciągane są przez matrycę w krystalizatorze w celu uzyskania pożądanej średnicy wyrobu. Odlane pręty nawijane są w kilka zwoi jednocześnie.

Z kolei z chińskiego zgłoszenia patentowego nr CN103056322 znane jest rozwiązanie dotyczące produkcji mosiężnych prętów odlewanych ze złomu. Realizowane jest ono w instalacji do poziomego ciągłego odlewania. Rozwiązanie ujawnione w przywołanym zgłoszeniu patentowym ukazuje m.in. metodę wytapiania złomu w kąpeli ciekłego metalu. Rozwiązanie to przewiduje zastosowanie odpowiedniej kompozycji różnego typu złomu pod względem kształtu i wielkości cząstek frakcji złomu oraz dodatków stopowych, które przed załadunkiem do komory pieca topliwo-odlewniczego kilkakrotnie przepuszczane są przez separatory magnetyczne w celu rafinacji złomu. W celu skutecznego wtapiania mieszanki składającej się ze złomu o różnej gradacji i kształcie, zastosowano operacje mieszania jej z ciekłym metalem znajdującym się w piecu oraz oczyszczania powierzchni lustra ciekłego metalu z powstającego żużlu.

Z kolei z amerykańskiego zgłoszenia patentowego nr US2624565 znane jest rozwiązanie dotyczące topienia złomu z metali żelaznych. Rozwiązanie to umożliwia w sposób szybki i efektywny stopienie dużej ilości złomu o stosunkowo lekkich cząstkach. Przedmiotem tego wynalazku jest urządzenie, wewnątrz którego cząstki złomu poddawane są gorącemu płomieniowi, którego paliwem może być olej lub gaz. Przedmuch palnikiem ułatwia przepływ ciepła przez cząstki złomu, skutecznie nagrzewając złom i ostatecznie go topiąc. Powstałe gazowe produkty spalania przeznaczone są do wstępnego podgrzewania wsadu (cząstek złomu).

W urządzeniu tym zamontowany jest także tłok, który wpycha kolejne porcje złomu do komory pieca, w której następuje jego topienie.

Pomimo znanych w stanie techniki rozwiązań dotyczących produkcji wyrobów miedzianych w procesie ciągłego topienia i odlewania, w których wsadem jest głównie katoda miedziana, poszukiwane są rozwiązania, w których proces topienia zachodziłby efektywnie również w przypadku zastosowania jako wsadu granulatu miedzianego. Przedstawione rozwiązania dotyczące sposobów wtapiania granulatu różnego rodzaju, tj. o różnym składzie chemicznym, wielkości i kształcie cząstek itp., potwierdzają, że możliwe jest prowadzenie tego typu operacji. Jednak dla przypadku, gdzie wsadem miałby być granulak Cu, sposoby te mogą nieść pewne ryzyko nieefektywności procesu topienia. Istotnym jest również zagwarantowanie ciągłości i dużej intensywności procesu wtapiania, przy jednoczesnym zapewnieniu ochrony miedzi przed utlenianiem w trakcie procesu topienia. Znane rozwiązania są kłopotliwe w zastosowaniu chociażby ze względu na konieczność segregacji złomu, a także odzuzłania lustra ciekłego metalu. Z kolei konieczność mieszania granulatu unoszącego się na powierzchni ciekłej miedzi, może przyczyniać się do niekorzystnego jej utleniania. Ponadto, proces mieszania wprawia w ruch cząstki głównie na powierzchni lustra ciekłej miedzi zapobiegając czopowaniu komory ładującej tygla grafitowego w piecu topliwym, lecz nie wtapiając granulatu w głąb ciekłej miedzi, co powoduje, że czas topienia wsadu jest stosunkowo długi. Z kolei przedmuch granulatu palnikiem i obecność gazowych produktów spalania oraz operacje wstępnego podgrzewania wsadu, które z założenia przyczyniają się do intensyfikacji procesu topienia i wtapiania granulatu, w efekcie – dla granulatu miedzianego

– wpływają na pogorszenie jakości odlanego wyrobu, przejawiające się wysoką zawartością tlenu oraz innych zanieczyszczeń w jego składzie chemicznym.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego, efektywnego sposobu intensywnego i bezpiecznego (nie dopuszczającego do utleniania Cu) wtapienia granulatu Cu do ciekłej miedzi, oraz zestawu narzędzi i urządzeń do realizacji tego sposobu.

W wyniku przeprowadzonych prac otrzymano rozwiązanie w postaci sposobu oraz zestawu zawierającego popychacze do wtapienia granulatu Cu w głąb ciekłej miedzi. Rozwiązanie to pozwoliło na efektywne i skuteczne wtopienie wsadu.

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że do komory pieca wypełnionej ciekłą miedzią, poprzez co najmniej jeden ustnik zasypuje się granulat Cu, a następnie tak zasypany granulat Cu wytrzymuje się w przestrzeni danego ustnika, w obecności atmosfery gazu obojętnego, przez czas od 120 sek. do 180 sek., po czym granulat ten wprowadza się pod powierzchnię ciekłej miedzi za pomocą popychaczy.

Korzystnie, temperatura ciekłej miedzi, do której wprowadzany jest granulat Cu, wynosi od 1230°C do 1250°C.

Korzystnie, piec utrzymywany jest w temperaturze od 1330°C do 1360°C.

Korzystnie, ilość zasypywanego jednorazowo granulatu Cu wynosi maksymalnie 2% pojemności pieca.

Korzystnie, do komory pieca wypełnionej ciekłą miedzią zasypywane są jednocześnie dwie porcje granulatu Cu.

Korzystnie, w trakcie wytrzymywania zasypany granulat Cu pokrywa się posypką grafitową.

Korzystnie, wprowadzenie zasypanego granulatu Cu pod powierzchnię ciekłej miedzi następuje w cyklach dół-góra realizowanych naprzemiennie.

Korzystnie, maksymalne zanurzenie popychaczy w ciekłej miedzi jest równe wysokości ich końcówek.

Istotą zestawu do wtapienia granulatu Cu do ciekłej miedzi jest to, że zawiera co najmniej jeden ustnik umieszczony w otworze załadowniczym pieca oraz co najmniej jedną parę siłowników, z których każdy wyposażony jest w dwa popychacze.

Korzystnie, popychacze składają się z trzpienia oraz końcówki.

Korzystnie, trzpień popychacza jest stalowy.

Korzystnie, końcówka oraz trzpień popychacza zawierają gwint.

Korzystnie, końcówka popychacza jest grafitowa lub ceramiczna.

Zaletą rozwiązań według wynalazku jest skuteczne wtapienie granulatu Cu, które może zachodzić w linii do ciągłego topienia i odlewania bez konieczności zatrzymywania procesu. Rozwiązania te eliminują problem zacopowania ustnika, bądź otworu zasypowego w piecu topliwnym, drobinami Cu.

Skuteczny sposób wtapienia granulatu Cu do ciekłej miedzi w procesie ciągłego jej odlewania zależy od „cyklu załadowniczego”, którego parametry determinowane są przede wszystkim nastawioną wydajnością odlewania. Na cykl załadowniczy składają się następujące po sobie operacje:

- a) zasyp granulatu do komory pieca realizowany zwłaszcza – jak wskazano na rysunku – przez zsuwnię 9,
- b) wytrzymanie zasypanego granulatu w atmosferze gazu obojętnego,
- c) wprowadzenie granulatu pod powierzchnię ciekłej miedzi, zwłaszcza po inicjalizacji pracy siłowników 5 zaopatrzonych w popychacze 4, składające się ze stalowych trzpieni 7 zakończonymi grafitowymi lub ceramicznymi wkręcanyimi końcówkami 6.

Sposobem według wynalazku – w piecu topliwno-odlewniczym o pojemności do 2 ton – można osiągnąć wydajność odlewania o wartości 10,7 kg/min. Przykładowo może być odlewanych jednocześnie 6 drutów $\varnothing 8$ z prędkością 4 m/min. Czas trwania cyklu załadowniczego jest narzucony przez prędkość odlewania oraz ilość odlewanych drutów, a także ilość zasypywanego jednostkowo granulatu Cu, przy czym ilość ta musi być wystarczająca do utrzymania stałego poziomu ciekłego metalu. Sposób według wynalazku realizowany jest za pomocą zestawu przedstawionego w przykładzie wykonania na załączonym rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schemat budowy górnej części zespołu osłony pieca topliwno-odlewniczego 2 w półwidoku i półprzekroju z uwidocznionymi siłownikami 5 zaopatrzonymi w pary popychaczy 4, fig. 2 przedstawia siłownik 5 w przekroju poprzecznym z boku z uwidocznionym popychaczem 4 oraz zsuwnią 9, fig. 3 przedstawia przekrój poprzeczny przez komorę topliwną 1 pieca 2 z uwidocznionymi dwoma parami popychaczy 4 oraz dwoma ustnikami 3, fig. 4 przedstawia przekrój

poprzeczny pieca topliwo-odlewniczego 2 wzdłuż linii A-A na fig. 3 z uwidocznionymi komorami: topliwną 1 i odlewniczą 8, ustnikami 3 i popychaczami 4, natomiast fig. 5 przedstawia szczegół X na fig. 3 w postaci przekroju przez część popychacza 4 z uwidocznionym trzpieniem 7 popychacza 4 i jego końcówką 6.

Zestaw do wtapienia granulatu Cu do ciekłej miedzi składa się z zsuwni 9 oraz co najmniej jednego ustnika 3, umieszczonego w komorze topliwej 1 pieca topliwo-odlewniczego 2. Każdy ustnik 3 jest zaopatrzony w dwa popychacze 4 połączone z siłownikiem 5. Każdy z popychaczy 4 składa się ze stalowego gwintowanego trzpienia 7 oraz gwintowanej końcówki 6, grafitowej lub ceramicznej.

Przez co najmniej jeden ustnik 3 do komory topliwej 1 pieca 2, wypełnionej ciekłą miedzią, zasypywany jest granulatu Cu, przy czym zasypywane są jednocześnie dwie porcje granulatu Cu łącznie w ilości nieprzekraczającej 2% pojemności pieca 2. W przypadku gdyby ilość ta była niewłaściwa odbiór ciepła z powierzchni metalu byłby tak duży, że w zadanych warunkach doszłoby do „zamrożenia” powierzchni metalu i w konsekwencji zaczopowania ustnika 3. Czas przygotowania naważki a także czas zasypywania przygotowanych porcji granulatu Cu również nie może być zbyt długi, i nie powinien przekraczać 15 sekund. Tak zasypywany granulatu Cu wytrzymywany jest w komorze topliwej 1 aż do zespolenie ze sobą granul miedzi tworzących trwałą skorupę na powierzchni ciekłej miedzi. Warstwa ta jest następnie rozbijana, a kawałki wsadu wpychane są pod lustro ciekłego metalu za pomocą popychaczy 4 w postaci trzpieni 7 z grafitową lub ceramiczną końcówką 6. Popychacze 4 wprawiane są w pionowy ruch posuwisto zwrotny przez siłowniki 5, przystosowane do pracy w podwyższonych temperaturach. Istotnym elementem z punktu widzenia płynności prowadzenia procesu wtapienia jest naprzemienna praca popychaczy 4. Zbyt szybka inicjalizacja pracy siłowników 5 z popychaczami 4 po zasypaniu granulatu Cu do komory topliwej 1 może powodować, że końcówka 6 popychacza 4 będzie wchodzić pomiędzy luźne cząstki wsadu i się nimi oblepiać. W konsekwencji proces wtapienia będzie nieefektywny z powodu wtapienia zbyt małej ilości granulatu Cu, co ma wpływ na szybsze zużywanie się narzędzi, tj. końcówek 6 popychaczy 4. Również ilość ruchów popychaczy 4 wpływa na efektywność procesu wtapienia granulatu Cu do ciekłej miedzi. Pojedynczy ruch popychacza 4 w kierunku lustra ciekłego metalu nie wystarcza do zanurzenia zasypanego granulatu Cu. Jednocześnie zbyt długi kontakt końcówki 6 popychacza 4 z granulem Cu prowadzi do oblepienia grafitu lub ceramiki miedzią. Dzieje się tak w wyniku przechłodzenia na wpół ciekłego wsadu na powierzchni popychacza 4 i jego krystalizacji, stąd konieczne jest kilka cykli dół-góra realizowanych naprzemiennie. Jednoczesna praca popychaczy 4 w tym samym kierunku nie przynosi pożądanych rezultatów z uwagi na zbyt duże napięcie powierzchniowe panujące na powierzchni cieczy. Opór jest tak duży, że przepchnięcie nawet kilkunastu kilogramów granulatu Cu pod powierzchnię cieczy staje się niemożliwe. W celu ostatecznego wepchnięcia pozostałych, unoszących się na powierzchni ciekłego metalu, brył miedzi po pierwszych czterech cyklach pracy siłowników 5 następuje przerwa a następnie kolejne dwa cykle na każdy siłownik 5. W przeciwnym przypadku utrzymujące się na powierzchni nieroztopione cząstki metalu utrudniłyby wtapienie kolejnej porcji granulatu Cu zasypywanej w następnym cyklu załadowczym. Na tablicy 1 przedstawiono przykładowe cykle pracy siłowników przy zadanej wydajności odlewania 10,7 kg/min.

Tablica 1.
Sekwencja pracy popychaczy przy wydajności odlewania 10,7 kg/min

Faza cyklu	Praca siłownika 1	Praca siłownika 2	Czas góra, sek	Czas dół, sek
1	4 x dół-góra	-	1,7	1,5
2	-	4 x dół-góra	1,7	1,5
3	2 x dół-góra	-	1,7	1,5
4	-	2 x dół-góra	1,7	1,5

W przykładowym zestawie według wynalazku, przedstawionym na załączonym rysunku, zastosowano układ dwóch siłowników 5 z dwoma popychaczami 4 przy każdym z nich. Zasyp granulatu odbywa się poprzez ustniki 3 umieszczone w komorze topliwej 1 pieca 2. Dzięki takiemu zabiegowi ogranicza się powierzchnię zasypu eliminując efekt „rozpływania” się granulatu Cu po całej powierzchni cieczy i optymalizując tym samym pracę popychaczy 4. W celu ochrony przed utlenianiem Cu oraz wypalaniem ustników 3 stosuje się posypkę grafitową.

Również temperatura ciekłego metalu ma znaczenie dla podatności wsadu do wtapienia. Optymalne warunki temperatury ciekłej miedzi w piecu zawierają się w przedziale od 1230°C do 1250°C.

Utrzymanie przez cały czas temperatury w węższym zakresie jest trudne do uzyskania z uwagi na relatywnie duże jednorazowe ładunki granulat Cu i związane z nimi wahania poziomu lustra ciekłego metalu. Stąd temperatura pieca powinna być utrzymywana w zakresie od 1330°C do 1360°C.

Przykład 1

Do pieca topliwno-odlewniczego 2 załadowano 1960 kg wsadu w postaci granulatu Cu o gradacji ok. 25 mm. Wsad nagrzewano w atmosferze gazu obojętnego do uzyskania ciekłej miedzi o temperaturze 1230°C, następnie do komory 1 pieca 2 wprowadzono dodatkową porcję wsadu o tej samej gradacji w ilości 40 kg, w postaci luźnej tj. nieufornowanej w brykiety. Następnie wsad w każdym z ustników pokryto 1 kg posypki grafitowej. Granulat był utrzymywany w przestrzeni ustników 3 przez 180 sekund do momentu uruchomienia siłowników 5 zaopatrzonych w popychacze 4, które wprowadziły materiał wsadowy pod powierzchnię ciekłej miedzi pracując naprzemiennie w sześciu cyklach dół-góra, z tym, że przed dwoma ostatnimi cyklami nastąpiła 7 sekundowa przerwa.

Przykład 2

Do pieca topliwno-odlewniczego 2 załadowano 1970 kg wsadu w postaci granulatu Cu o gradacji od 0,1 mm do 2,0 mm. Wsad nagrzewano w atmosferze gazu obojętnego do uzyskania ciekłej miedzi o temperaturze 1183°C, następnie do komory 1 pieca 2 wprowadzono dodatkową porcję wsadu o tej samej gradacji, wsypując jednocześnie dwie porcje granulatu Cu w postaci luźnej, z wykorzystaniem dwóch zsuwni 9, o łącznej wadze 30 kg. Następnie wsad w każdym z ustników pokryto 0,5 kg posypki grafitowej. Granulat był utrzymywany w przestrzeni ustników 3 przez 120 sekund do momentu uruchomienia siłowników 5 zaopatrzonych w popychacze 4, które wprowadziły materiał wsadowy pod powierzchnię ciekłej miedzi pracując naprzemiennie w sześciu cyklach dół-góra, z tym, że przed dwoma ostatnimi cyklami nastąpiła 5 sekundowa przerwa.

Przykład 3

Do pieca topliwno-odlewniczego 2 załadowano 1970 kg wsadu w postaci granulatu Cu, w tym 80% wsadu o gradacji od 0,1 mm do 2,0 mm oraz 20% wsadu o gradacji od 2,0 mm do 8,0 mm. Wsad nagrzewano w atmosferze gazu obojętnego do uzyskania ciekłej miedzi o temperaturze 1250°C, następnie do komory 1 pieca 2 wprowadzono dodatkową porcję wsadu w ilości 30 kg o wskazanej powyżej gradacji. Następnie postępowano jak w powyższym przykładzie 2, z tym, że do momentu uruchomienia siłowników 5 zaopatrzonych w popychacze 4 granulat był utrzymywany w przestrzeni ustników 3 przez 150 sekund.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wtapiania granulatu Cu do ciekłej miedzi **znamienny tym**, że do komory topliwno-odlewniczej (1) pieca (2) wypełnionej ciekłą miedzią, poprzez co najmniej jeden ustnik (3) zasypuje się granulat Cu, a następnie tak zasypany granulat Cu wytrzymuje się w przestrzeni danego ustnika (3), w obecności atmosfery gazu obojętnego, przez czas od 120 sek. do 180 sek., po czym granulat ten wprowadza się pod powierzchnię ciekłej miedzi za pomocą popychaczy (4).
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że temperatura ciekłej miedzi, do której wprowadzany jest granulat Cu, wynosi od 1230°C do 1250°C.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że piec utrzymywany jest w temperaturze od 1330°C do 1360°C.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ilość zasypywanego jednorazowo granulatu Cu wynosi maksymalnie 2% pojemności pieca (2).
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do komory topliwno-odlewniczej (1) pieca (2) wypełnionej ciekłą miedzią zasypywane są jednocześnie dwie porcje granulatu Cu.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w trakcie wytrzymywania zasypany granulat Cu pokrywa się posypką grafitową.
7. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że wprowadzenie zasypanego granulatu Cu pod powierzchnię ciekłej miedzi następuje w cyklach dół-góra realizowanych naprzemiennie.
8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że maksymalne zanurzenie popychaczy (4) w ciekłej miedzi jest równe wysokości ich końcówek (6).
9. Zestaw do wtapiania granulatu Cu do ciekłej miedzi, **znamienny tym**, że zawiera co najmniej jeden ustnik (3) umieszczony w komorze topliwno-odlewniczej (1) pieca (2) oraz co najmniej jedną parę siłowników (5), z których każdy wyposażony jest w dwa popychacze (4).

10. Zestaw według zastrz. 9, **znamienny tym**, że popychacze (4) składają się z trzpienia (7) oraz końcówki (6).
11. Zestaw według zastrz. 10, **znamienny tym**, że trzpień (7) jest stalowy.
12. Zestaw według zastrz. 10, **znamienny tym**, że końcówka (6) i trzpień (7) zawierają gwint.
13. Zestaw według zastrz. 10, **znamienny tym**, że końcówka (6) jest grafitowa lub ceramiczna.

Rysunki

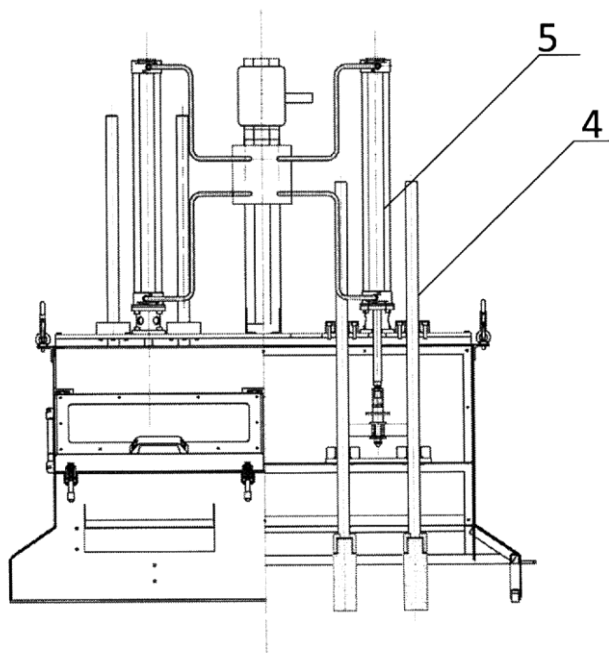


Fig. 1

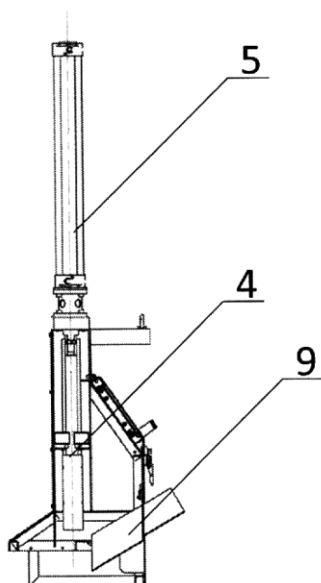


Fig. 2

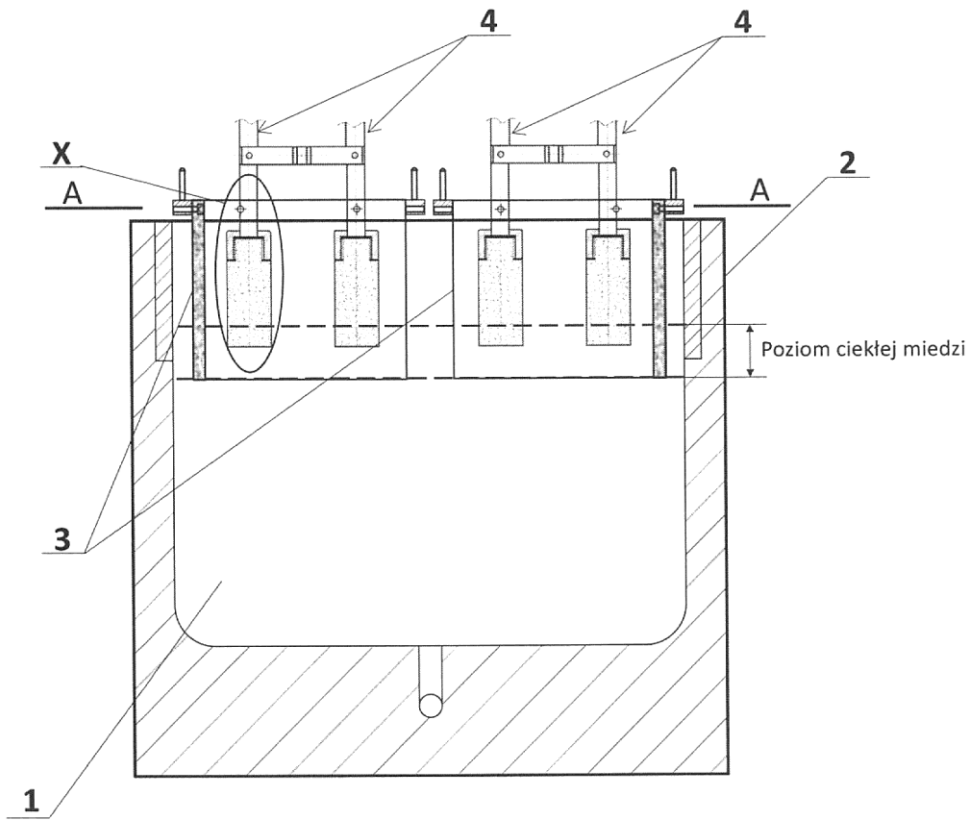


Fig. 3

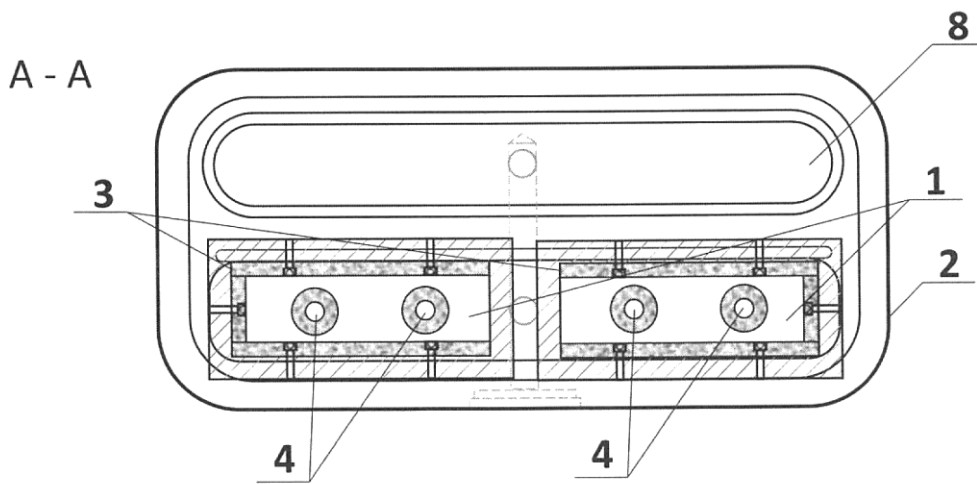


Fig. 4

Szczegół X

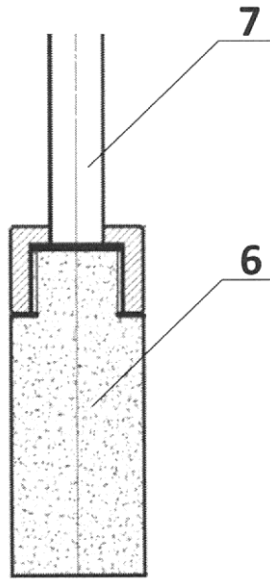


Fig. 5