

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **221820**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **403171**

(51) Int.Cl.
B22D 11/00 (2006.01)
B22D 11/06 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **15.03.2013**

(54) **Walec krystalizatora układu do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
29.09.2014 BUP 20/14

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.05.2016 WUP 05/16

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TADEUSZ KNYCH, Kraków, PL
ANDRZEJ MAMALA, Kraków, PL
PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Kraków, PL
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL
WOJCIECH ŚCIEŻOR, Kraków, PL
ARTUR KAWECKI, Kraków, PL
BEATA SMYRAK, Bulowice, PL
MICHAŁ JABŁOŃSKI, Tarnobrzeg, PL
PIOTR ULIASZ, Krosno, PL
MONIKA WALKOWICZ, Kielce, PL
ANDRZEJ NOWAK, Kraków, PL
MARZENA PIWOWARSKA-ULIASZ, Kraków, PL
PIOTR KRZYSZTOF OSUCH, Radom, PL
KINGA KORZEŃ, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Anna Górską

PL 221820 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest obrotowy walec krystalizatora układu do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów ze specjalną tuleją umieszczoną pomiędzy rdzeniem walca a jego płaszczem.

Proces ciągłego odlewania metali i ich stopów pomiędzy obracające się krystalizatory walcowe polega na wprowadzaniu ciekłego metalu (lub stopu metali) w szczelinę utworzoną przez ścianki nie stykających się ze sobą i obracających się w przeciwnych kierunkach walców-krystalizatorów, których osie są do siebie równoległe. Osie walców mogą leżeć w płaszczyźnie poziomej, pionowej lub nachylonej po pewnym kątem względem pionu. W przypadku, gdy osie walców leżą w płaszczyźnie poziomej, ciekły metal lub stop wprowadzany może być w szczelinę za pomocą odpowiedniego układu zalewowego od góry lub od dołu, a skryształizowany wlewek porusza się w kierunku pionowym. Rozwiązanie takie pierwszy raz zaproponował Bessemer w opisie patentowym US 49,053, a w praktyczny sposób jego realizacji przedstawił Hunter w opisie patentowym US 2,790,216.

W innych rozwiązaniach osie walców znajdują się w płaszczyźnie pionowej, ciekły metal lub stop wprowadza się za pomocą odpowiedniego układu zalewowego zgodnie z kierunkiem ruchu obrotowego walców, a skryształizowany wlewek porusza się w kierunku poziomym. W niektórych rozwiązaniach technicznych płaszczyzna, w której leżą osie walców odchylona jest pod kątem kilkunastu stopni względem pionu w kierunku układu zalewowego. Ostatnie dwa z opisanych rozwiązań są najczęściej stosowane do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów. Przykład schematu ideowego klasycznego układu stosowanego do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów przedstawiono na fig. 1. Zmiana stanu skupienia odlewane materiału z ciekłego na stały zachodzi dzięki wymianie ciepła pomiędzy krystalizującym materiałem a ściankami walców krystalizatorów. W celu zapewnienia stabilności cieplnej układu w czasie walce krystalizatorów są chłodzone odpowiednimi płynami przepływającymi przez kanały wykonane wewnątrz walców. Jeżeli ciepło odbierane jest od krystalizującego materiału odpowiednio szybko to proces krzepnięcia rozpatrywanej objętości materiału kończy się przed osiągnięciem przez tą objętość płaszczyzny, w której znajdują się osie walców. W efekcie wobec różnicy wysokości skrzepniętego materiału i szczeliny między walcami dochodzi do odkształcenia plastycznego wlewka w stanie stałym, czyli w istocie jednooperacyjnego procesu walcowania na gorąco materiału. Wymaga to odpowiednio wysokich sił nacisku walców na odkształcane pasmo materiału. Z powyższych powodów rozwiązania konstrukcyjne walców krystalizatorów oraz stosowane na nie materiały muszą zapewniać odpowiednią zdolność do odbioru ciepła od odlewane materiału, gwarantującą właściwy proces krzepnięcia materiału; odpowiednią odporność na działanie podwyższonej temperatury zapewniającą właściwe działanie w warunkach kontaktu z ciekłym metalem lub stopem metali o wysokiej temperaturze; odpowiednią wytrzymałość i sztywność mechaniczną zapewniającą możliwość walcowania wlewka przy zachowaniu jego tolerancji wymiarowej oraz odporność na zmęczenie cieplne wywoływane przez cykliczne nagrzewanie i stygnięcie i odporność na ścieranie w warunkach poślizgu pod dużym naciskiem układu odlewany metal – walec przy deformacji plastycznej na drodze walcowania.

Znane są różne rozwiązania techniczne i konstrukcyjne walców krystalizatorów. Najczęściej składają się one z rdzenia oraz płaszcza. Wewnątrz krystalizatora znajdują się kanały, którymi przepływa medium chłodzące. Kształt przekroju poprzecznego takich kanałów może być różny w znanych rozwiązaniach jest on jednak niezmienny na długości roboczej kanału. Kanały takie mogą przebiegać w kierunkach równoległych do osi walca, na kierunkach obwodowych lub spiralnych, przy czym oś spirali jest też osią walca. Każdy z układów kanałów ma swoje korzystne cechy. Kanały rozmieszczone na kierunkach równoległych do osi walca najczęściej ograniczają zróżnicowanie temperatury pomiędzy brzegami walca, lub między brzegami a środkiem walca, natomiast kanały ułożone na kierunku obwodowym zmniejszają zróżnicowanie temperatury na obwodzie krystalizatora. Kanały dla medium chłodzącego są wykonywane jako bruzdy w rdzeniu lub w płaszczu walca, jako otwory wewnątrz rdzenia lub płaszcza lub jako szczeliny między rdzeniem a płaszczem. Kanały te połączone są z odpowiednimi kolektorami, którymi doprowadzane i odprowadzane jest medium chłodzące.

Z opisu patentowego US 2,790,216 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego przebiegają w kierunkach równoległych do osi walca. Kanały te wykonano jako bruzdy o przekroju zbliżonym do prostokątnego w rdzeniu walca.

Z kolei, z opisu patentowego US 5,887,644 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym odpowiednie kanały ułożone w kierunkach równoległych do osi walca utworzone są poprzez bruzdy o przekroju poprzecznym zbliżonym do prostokątnego wycięte zarówno w płaszczu jak

i w rdzeniu walca, przy czym bruzdy w płaszczu nacięte są gęściej i w taki sposób, aby ścianki bruzd stanowiły żebra rozdzielające przepływ medium chłodzącego.

W opisie patentowym US 4,671,340 przedstawiono rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego przebiegają w kierunku obwodowym na około 1/3 obwodu walca i wykonane są jako bruzdy na wewnętrznej powierzchni płaszczu.

Z opisu patentowego EP 1 122 004 znane jest natomiast inne rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego przebiegają w kierunku obwodowym na około 1/4 obwodu walca i wykonane są jako bruzdy o przekroju poprzecznym zbliżonym do litery „U” na wewnętrznej powierzchni płaszczu.

W opisie patentowym US 6,527,042 opisano rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego umieszczono na kierunku obwodowym przy czym ich długość wynosi około 1/6 obwodu. Kanały te utworzone są poprzez bruzdy o przekroju zbliżonym do połówki koła wykonane w rdzeniu walca. Układ kanałów zaprojektowano w taki sposób, że medium chłodzące na pewnym odcinku obwodu walca przemieszcza się w kierunku zgodnym z kierunkiem procesu odlewania na pewnych odcinkach natomiast w kierunku przeciwnym.

Z opisu patentowego US 2,850,776 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego mają przebieg spiralny i wykonane są jako bruzdy o przekroju poprzecznym zbliżonym do prostokątnego w rdzeniu walca krystalizatora.

Z kolei z opisu patentowego US 5,209,283 znany jest walec krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego mają przebieg spiralny i są utworzone poprzez puste przestrzenie pomiędzy płaszczem i rdzeniem. Na wewnętrznej powierzchni płaszczu oraz na zewnętrznej powierzchni rdzenia wykonane są odpowiednie bruzdy o przekroju poprzecznym zbliżonym do trapezu w sposób analogiczny jak ma to miejsce w połączeniu gwintowanym. Krystalizator powstaje przez połączenie płaszczu spełniającego równocześnie funkcję nakrętki i rdzenia spełniającego równocześnie funkcję śruby. Wskutek mniejszej wysokości bruzd w płaszczu w stosunku do wysokości bruzd w rdzeniu powstają puste przestrzenie o przebiegu śrubowym i przekroju poprzecznym zbliżonym do trapezu.

Z opisu patentowego US 4,773,468 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego utworzone są przez szczelinę pomiędzy rdzeniem i płaszczem krystalizatora. W szczelinie tej umieszczone są na kierunkach równoległych do osi walca odpowiednie dystanse o przekrojach prostokątnych, trapezowych lub okrągłych umieszczone trwale w bruzdach wykonanych w rdzeniu walca. Dystanse te rozdzielają medium chłodzące na odpowiednie strugi płynące w kanałach równoległych do osi walca.

Z opisu patentowego US 6,971,174 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym kanały dla medium chłodzącego przebiegają na kierunkach równoległych do osi walca i utworzone są poprzez zespół otworów nawierconych w płaszczu lub w specjalnej dodatkowej tulei znajdującej się pomiędzy płaszczem a rdzeniem walca.

Walce krystalizatora wykonywane są tradycyjnie z różnych gatunków stali. W szczególności płaszcz walca krystalizatora z uwagi na znaczne obciążenia mechaniczne i termiczne wykonany może być ze specjalnych gatunków stali, znanych m.in. z opisu patentowego EP 2 069 549. Znane są również rozwiązania walców krystalizatorów, w których płaszcz wykonany jest z miedzi lub ze stopów miedzi przedstawione m.in. w opisach patentowych US 6,619,375 i US 7,178,578 oraz w pracy „Copper Schells for Twin Roll Casting”.

Z opisu patentowego US 6,619,375 znane jest rozwiązanie walca krystalizatora, w którym powierzchnia robocza pokryta jest cienką warstwą niklu lub chromu.

Płaszcz walca krystalizatora spełnia dwie podstawowe funkcje zapewnia odbiór ciepła od odlewanej materiału i zapewnia przekazywanie sił nacisku z obszaru kotliny odkształcenia do rdzenia walca. Celem wynalazku jest zapewnienie równomierności rozkładu temperatury na powierzchni zewnętrznej płaszczu walca krystalizatora, przy równoczesnym zapewnieniu wysokiej sztywności i wytrzymałości elementu. W rozwiązaniu według wynalazku cel ten został osiągnięty w ten sposób, że pomiędzy stalowym płaszczem a stalowym rdzeniem krystalizatora umieszczono dodatkową tuleję wykonaną z miedzi lub ze stopu miedzi, w której wykonano na kierunku obwodowym bruzdy o przekroju poprzecznym zbliżonym do trapezu. Bruzdy te zamknięte płaszczem krystalizatora stanowią kanały dla przepływu medium chłodzącego. Tuleja połączona jest równocześnie ze stalowym rdzeniem krystalizatora.

Z punktu widzenia przepływu ciepła krystalizator stanowi przegrodę pomiędzy odlewającym metalem a medium chłodzącym. Opór cieplny krystalizatora jest funkcją przewodności cieplnych zastoso-

wanych materiałów, jakości ich połączeń oraz budowy geometrycznej samego krystalizatora. W klasycznych układach krystalizatorów najbardziej efektywna wymiana ciepła między medium chłodzącym a odlewany metal odbywa się poprzez bezpośredni kontakt medium chłodzącego ze stalowym płaszczem i płaszcz z odlewany metal. W obszarach, w których stalowy płaszcz jest podparty przez stalowy rdzeń wymiana ciepła jest dużo mniejsza z uwagi na niskie przewodnictwo cieplne stali i dłuższą drogę przewodzenia ciepła. W rozwiązaniu według wynalazku możliwe jest zwiększenie wymiany ciepła płaszcz krystalizatora z medium chłodzącym poprzez obniżenie oporu cieplnego w obszarach podparcia płaszcz przez tuleję poprzez wykonanie tulei z materiału o dużo wyższej niż stal przewodności cieplnej i tym samym poprawa równomierności temperatury powierzchni zewnętrznej płaszcz.

Strumień ciepła odbieranego przez medium chłodzące od ścianek krystalizatora zgodnie z równaniem Newtona jest proporcjonalny do różnicy temperatur ścianki krystalizatora i medium oraz zależy od współczynnika wymiany ciepła. Jeśli współczynnik wymiany ciepła uznany zostanie za stały to ilość ciepła odebrana w jednostce czasu od ścianek krystalizatora tworzących kanał o stałym przekroju poprzecznym (jak ma to miejsce w znanych rozwiązaniach krystalizatorów) przez medium chłodzące w jednostce czasu będzie się zmniejszać wskutek zmniejszenia zróżnicowania temperatury ścianek i medium. W efekcie występuje również ryzyko zróżnicowania temperatury powierzchni płaszcz krystalizatora. W rozwiązaniu według wynalazku problem ten został rozwiązany poprzez zastosowanie kanałów na medium chłodzące utworzonych poprzez tuleję i płaszcz o zwiększającym się przekroju poprzecznym. Tym sposobem zmniejszona zostaje prędkość przepływu medium chłodzącego. W efekcie czas kontaktu medium – ścianka zwiększa się, co zwiększa również ilość odebranego ciepła. Ponadto zwiększona zostaje powierzchnia wymiany ciepła, co również wpływa na zwiększenie ilości odebranego ciepła w jednostce czasu.

Ponadto korzystnym jest zastosowanie rozwiązania krystalizatora: płaszcz wykonany ze stali - dodatkowa tuleja z bruzdami wykonana z miedzi lub jej stopów - rdzeń wykonany ze stali z przyczyn wytrzymałościowych w odniesieniu do stosowanych dotychczas rozwiązań krystalizatora: płaszcz ze stopów miedzi – rdzeń stalowy. Po pierwsze stalowy płaszcz gwarantuje wysoką wytrzymałość. Na powierzchnię płaszcz krystalizatora działają naciski jednostkowe sięgające nawet 600 MPa, pochodzące od walcowania. Najwyższe wyężenie materiału panuje na głębokości kilku milimetrów pod powierzchnią płaszcz. Płaszcz w postaci wydrążonego cylindra bez bruzd oddala efekty związane z ewentualnym zjawiskiem karbu wynikającym z obecności bruzd.

Umieszczenie tulei miedzianej poniżej płaszcz zmniejsza narażenia cieplne jakim tuleja ta podlega w stosunku do narażeń cieplnych płaszcz. Temperatura tulei może być lokalnie nieznacznie wyższa od temperatury medium chłodzącego, co oddala ryzyko degradacji własności materiału generowanej przez wysoką temperaturę.

Rozwiązanie według wynalazku zostanie bliżej objaśnione na podstawie przykładów realizacji przedstawionych na rysunku, na którym fig. 1 ukazuje ogólną ideę poziomego systemu ciągłego odlewania pomiędzy obrotowe krystalizatory, fig. 2 przedstawia przekrój poprzeczny rozwiązania walca krystalizatora według pierwszej wersji wynalazku w płaszczyźnie prostopadłej do osi walca, fig. 3 przedstawia przekrój wzdłużny rozwiązania walca krystalizatora według pierwszej wersji wynalazku w płaszczyźnie równoległej do osi walca krystalizatora, natomiast fig. 4 ukazuje rozwinięcie na płaszczyznę rzutu powierzchni dodatkowej tulei walca krystalizatora według pierwszej wersji wynalazku na pewnym fragmencie długości roboczej krystalizatora, a fig. 5 przedstawia kierunki przepływu medium chłodzącego w kanałach wykonanych w dodatkowej tulei wg pierwszej wersji wynalazku, fig. 6 przedstawia przekrój poprzeczny rozwiązania walca krystalizatora według drugiej wersji wynalazku w płaszczyźnie prostopadłej do osi walca, fig. 7 przedstawia przekrój wzdłużny rozwiązania walca krystalizatora według drugiej wersji wynalazku w płaszczyźnie równoległej do osi walca krystalizatora, natomiast fig. 8 ukazuje rozwinięcie na płaszczyznę rzutu powierzchni dodatkowej tulei walca krystalizatora według drugiej wersji wynalazku na pewnym fragmencie długości roboczej krystalizatora, a fig. 9 przedstawia kierunki przepływu medium chłodzącego w kanałach wykonanych w dodatkowej tulei wg drugiej wersji wynalazku, fig. 10 przedstawia przekrój poprzeczny rozwiązania walca krystalizatora według trzeciej wersji wynalazku w płaszczyźnie prostopadłej do osi walca, fig. 11 przedstawia przekrój wzdłużny rozwiązania walca krystalizatora według trzeciej wersji wynalazku w płaszczyźnie równoległej do osi walca krystalizatora, natomiast fig. 12 ukazuje rozwinięcie na płaszczyznę rzutu powierzchni dodatkowej tulei walca krystalizatora według trzeciej wersji wynalazku na pewnym fragmencie dłu-

gości roboczej krystalizatora, a fig. 13 przedstawia kierunki przepływu medium chłodzącego w kanałach wykonanych w dodatkowej tulei według trzeciej wersji wynalazku.

Ciekłe aluminium lub stop aluminium (1) z pieca odstojowego przelewane jest do specjalnego układu zalewowego (2) gwarantującego zapewnienie określonego ciśnienia metalostatycznego. Ciekły metal (1) wpływa w szczelinę utworzoną pomiędzy obracającymi się walcami krystalizatorów (3). W krystalizatorach znajdują się kanały, którymi przepływa medium chłodzące odbierające ciepło przegrzania, krzepnięcia i stygnięcia w stanie stałym odlewanej materiału. Przy odpowiednio intensywnym odbiorze ciepła front krystalizacji (6) znajduje się przed płaszczyzną (O), w której znajdują się osie walców krystalizatorów.

Zgodnie z pierwszą wersją wynalazku, której przykład realizacji ukazano na fig. 2 – fig. 5 walec krystalizatora składa się ze stalowego rdzenia (7) stalowego zewnętrznego płaszcz (8) oraz dodatkowej tulei wykonanej z miedzi lub ze stopu miedzi (9a). W tulei tej wykonane są na kierunku obwodowym odpowiednie bruzdy (10a) stanowiące kanały dla przepływu medium chłodzącego, które połączone są z dodatkowymi wewnętrznymi kanałami medium chłodzącego (11) za pomocą otworów (12a). Wewnętrzne kanały medium chłodzącego (11) zorientowane są zgodnie z osią walca krystalizatora i połączone są z kolektorami doprowadzającymi i odprowadzającymi medium chłodzące (nie ukazany na rysunku). Płaszcz (8) styka się bezpośrednio z odpowiednio wykonanymi żebrami (13a) stanowiącymi elementy tulei (9a). Kształt przekroju poprzecznego bruzd (10a) jest stały na ich długości roboczej i jest zbliżony do prostokąta, a kierunki przepływu medium chłodzącego przez te bruzdy ukazano na fig. 5. Wybór takiego rozkładu kierunków przepływu medium chłodzącego zmniejsza nierównomierność nagrzania tulei na obwodzie, co wpływa korzystnie na utrzymanie tolerancji wymiarowych odlewanej materiału. W efekcie zastosowania dodatkowej tulei uzyskuje się zmniejszenie oporu cieplnego krystalizatora poprzez poprawę przewodzenia ciepła od krzepnącego materiału poprzez płaszcz – żebra dodatkowej tulei wykonane z miedzi lub ze stopu miedzi do medium chłodzącego i tym samym wyrównanie temperatury powierzchni zewnętrznej płaszcz.

Zgodnie z drugą wersją wynalazku, której przykład realizacji ukazano na fig. 6 – fig. 9 walec krystalizatora składa się ze stalowego rdzenia (7), stalowego zewnętrznego płaszcz (8) oraz dodatkowej tulei wykonanej z miedzi lub ze stopu miedzi (9b). W tulei tej wykonane są na kierunku obwodowym odpowiednie bruzdy (10b) o kształcie przekroju poprzecznego zbliżonym do prostokąta, stanowiące kanały dla przepływu medium chłodzącego, które połączone są z dodatkowymi wewnętrznymi kanałami medium chłodzącego (11) za pomocą otworów (12b). Wewnętrzne kanały medium chłodzącego (11) zorientowane są zgodnie z osią walca krystalizatora i połączone są z niewidocznymi kolektorami doprowadzającymi i odprowadzającymi medium chłodzące. Płaszcz (8) styka się bezpośrednio z odpowiednio wykonanymi żebrami (13b) stanowiącymi elementy tulei (9b). Kształt przekroju poprzecznego bruzd (10b) zmienia się na ich długości roboczej. Bruzdy posiadają stałą szerokość, a ich głębokość (H) zwiększa się liniowo od miejsca gdzie doprowadzone jest medium chłodzące za pośrednictwem otworów (12a) do miejsca skąd odprowadzane jest medium chłodzące za pośrednictwem analogicznych otworów (12a). Zwiększenie głębokości bruzd (H) na końcu ich długości roboczej w miejscu odprowadzania medium chłodzącego wynosi 7% wartości początkowej głębokości w miejscu doprowadzania medium chłodzącego. Kształt bruzd w drugiej wersji wynalazku przedstawiono na fig. 8 kierunki przepływu medium chłodzącego przez te bruzdy ukazano na fig. 9. Wybór takiego rozkładu kierunków przepływu medium chłodzącego podobnie jak w pierwszej wersji wynalazku wpływa korzystnie na utrzymanie tolerancji wymiarowych odlewanej materiału. W efekcie oprócz zmniejszenia oporu cieplnego krystalizatora jak w pierwszej wersji wynalazku osiąga się wyrównanie warunków wymiany ciepła na długości kanału poprzez zmniejszenie prędkości przepływu medium chłodzącego i zwiększenie powierzchni oddawania ciepła, przy czym efekt ten osiągnięto poprzez zmianę głębokości bruzd.

Zgodnie z trzecią wersją wynalazku, której przykład realizacji ukazano na fig. 10 – fig. 13 walec krystalizatora składa się ze stalowego rdzenia (7), stalowego zewnętrznego płaszcz (8) oraz dodatkowej tulei wykonanej z miedzi lub ze stopu miedzi (9c). W tulei tej wykonane są na kierunku obwodowym odpowiednie bruzdy (10c) o kształcie przekroju poprzecznego zbliżonym do prostokąta, stanowiące kanały dla przepływu medium chłodzącego, które połączone są z dodatkowymi wewnętrznymi kanałami medium chłodzącego (11) za pomocą otworów (12c). Wewnętrzne kanały medium chłodzącego (11) zorientowane są zgodnie z osią walca krystalizatora i połączone są z niewidocznymi kolektorami doprowadzającymi i odprowadzającymi medium chłodzące. Płaszcz (8) styka się bezpośrednio z odpowiednio wykonanymi żebrami (13c) stanowiącymi elementy tulei (9c). Kształt przekroju

poprzecznego bruzd (10c) zwiększa na ich długości roboczej. Bruzdy posiadają stałą głębokość, a ich szerokość zwiększa się liniowo od miejsca gdzie doprowadzone jest medium chłodzące za pośrednictwem otworów (12c) do miejsca skąd odprowadzane jest medium chłodzące za pośrednictwem analogicznych otworów (12c). Kształt bruzd w trzeciej wersji wynalazku przedstawiono na fig. 12, a kierunki przepływu medium chłodzącego przez te bruzdy ukazano na fig. 13, i dobrane są w taki sposób, że są korzystne dla utrzymania tolerancji wymiarowej odlewanego materiału. Na fig. 12 ukazano także kąt rozwarcia ścianek bocznych bruzd (α), który wynosi 4° . W efekcie oprócz zmniejszenia oporu cieplnego krystalizatora jak w pierwszej wersji wynalazku osiąga się wyrównanie warunków wymiany ciepła na długości kanału poprzez zmniejszenie przepływu medium chłodzącego i zwiększenie powierzchni oddawania ciepła przy czym efekt ten osiągnięto poprzez zmianę szerokości bruzd.

Zastrzeżenia patentowe

1. Walec krystalizatora układu do ciągłego odlewania aluminium i jego stopów, **znamienny tym**, że pomiędzy stalowym płaszczem i stalowym rdzeniem krystalizatora znajduje się dodatkowa tuleja z miedzi lub ze stopu miedzi, w której wykonane są bruzdy na kierunku obwodowym stanowiące kanały dla przepływu medium chłodzącego.

2. Walec krystalizatora według zastrz. 1, **znamienny tym**, że bruzdy wykonane w dodatkowej tulei posiadają kształt przekroju poprzecznego zbliżony do prostokąta i przekrój poprzeczny bruzd jest stały na długości roboczej bruzdy (10a).

3. Walec krystalizatora według zastrz. 1, **znamienny tym**, że bruzdy wykonane w dodatkowej tulei posiadają kształt przekroju poprzecznego zbliżony do prostokąta i wielkość przekroju poprzecznego tych bruzd (10b) zmienia się na ich długości roboczej, przy czym bruzdy posiadają stałą szerokość, a ich głębokość zwiększa się liniowo od miejsca gdzie doprowadzone jest medium chłodzące za pośrednictwem otworów (12a) do miejsca skąd odprowadzane jest medium chłodzące za pośrednictwem analogicznych otworów (12a), przy czym zwiększenie głębokości bruzd na końcu ich długości roboczej w miejscu odprowadzania medium chłodzącego wynosi 7% wartości początkowej głębokości w miejscu doprowadzania medium chłodzącego.

4. Walec krystalizatora według zastrz. 1, **znamienny tym**, że bruzdy wykonane w dodatkowej tulei posiadają kształt przekroju poprzecznego zbliżony do prostokąta i wielkość przekroju poprzecznego tych bruzd (10c) zmienia się na ich długości roboczej, przy czym bruzdy posiadają stałą głębokość, a ich szerokość zwiększa się liniowo od miejsca gdzie doprowadzone jest medium chłodzące za pośrednictwem otworów (12c) do miejsca skąd odprowadzane jest medium chłodzące za pośrednictwem analogicznych otworów (12c), przy czym kąt rozwarcia ścianek bocznych bruzd wynosi 4° .

Rysunki

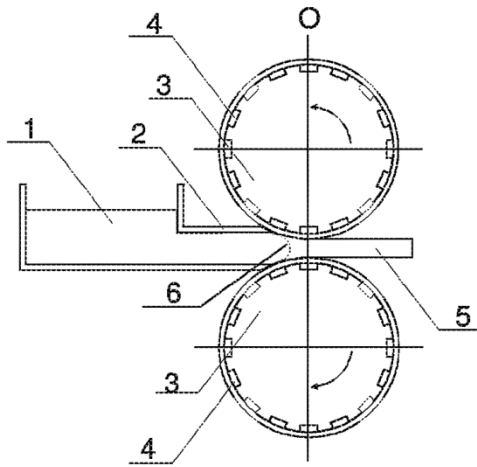


Fig.1

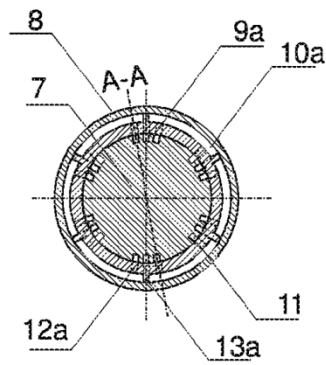


Fig.2

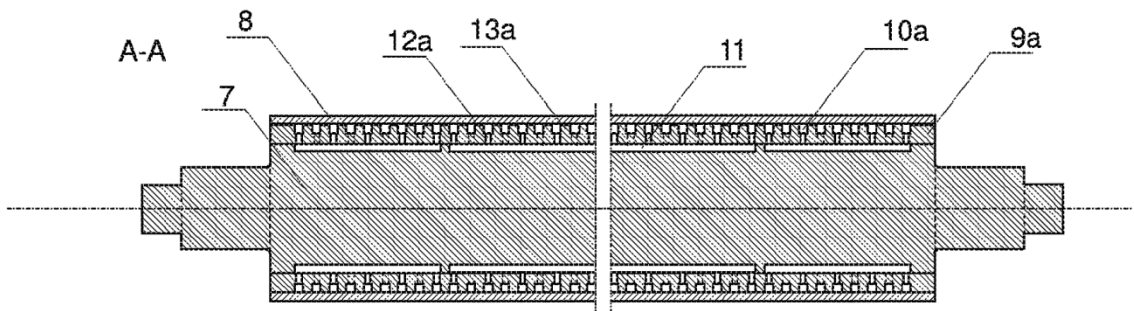


Fig.3

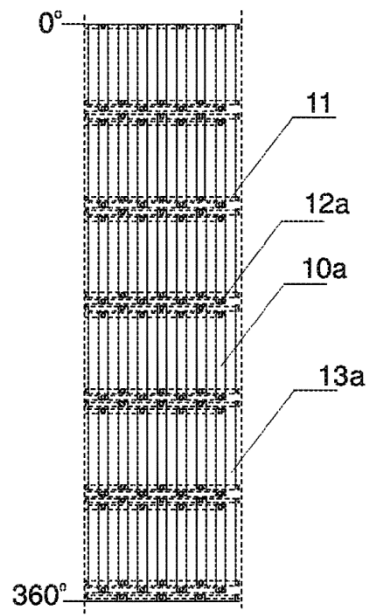


Fig. 4

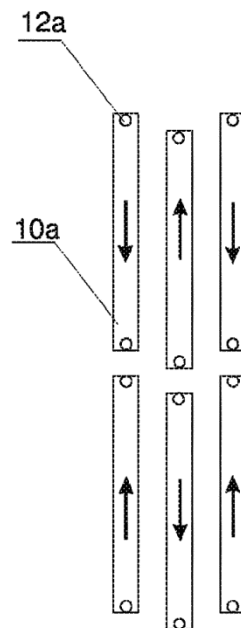


Fig. 5

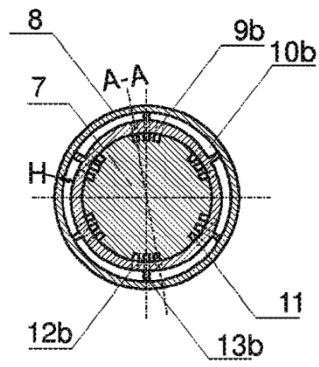


Fig. 6

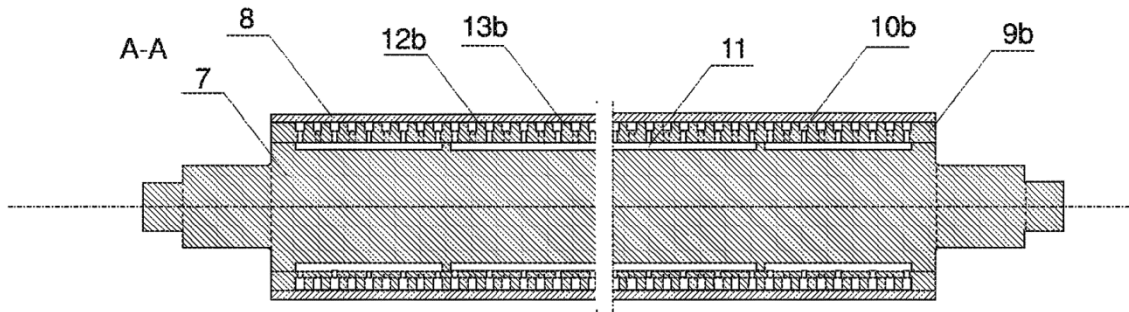


Fig. 7

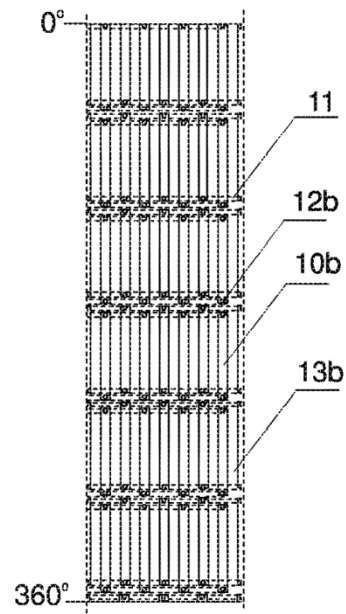


Fig. 8

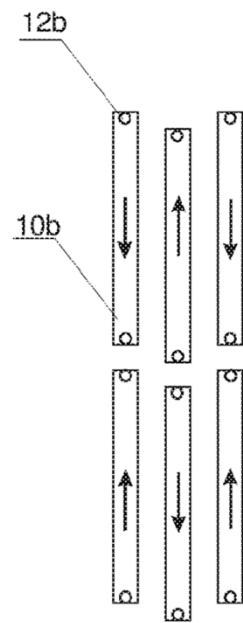


Fig.9

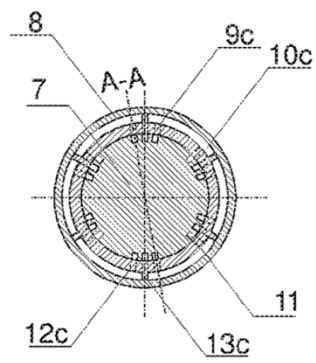


Fig.10

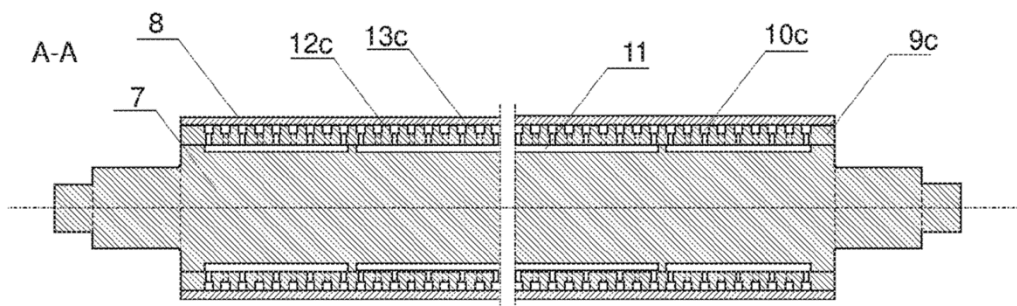


Fig.11



Fig.12

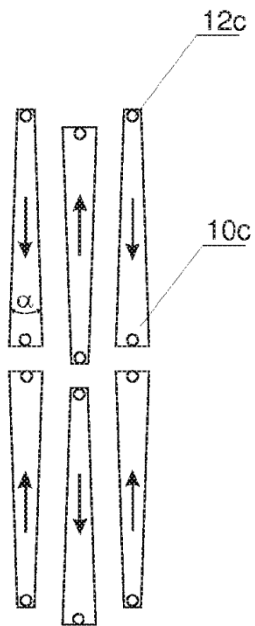


Fig.13

