

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **238360**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **433500**

(22) Data zgłoszenia: **09.04.2020**

(51) Int.Cl.

**B22D 11/04 (2006.01)**

**B22D 11/045 (2006.01)**

**B22D 11/055 (2006.01)**

(54) **Sposób ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia i urządzenie do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**21.09.2020 BUP 20/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**09.08.2021 WUP 19/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRUM TECHNOLOGII MATERIAŁOWYCH  
INNOMET SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Sułków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PAWEŁ KWAŚNIEWSKI, Sułków, PL  
GRZEGORZ KIESIEWICZ, Kraków, PL**

**PL 238360 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia oraz urządzenia do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia.

Stosowane sposoby odlewania ciągłego polegają na przetopie metalu do formy ciekłej, uzyskaniu odpowiedniego składu chemicznego wytopu oraz jego krystalizacji do postaci odlewu, który wyciągany jest cyklicznie z krystalizatora. Ciągłość procesu zapewniana jest przez stałe dostarczanie ciekłego metalu do układu krystalizacji, a odlewane pasmo może być nieskończenie długie. Etapy procesu wytwarzania odlewów w systemach ciągłego odlewania obejmują: topienie materiałów metalicznych, syntezę metalurgiczną dodatków stopowych, ciągłe przelewanie ciekłego metalu do układu krystalizacji, krystalizację ciekłego metalu w układzie krystalizacji, cykliczne wyciąganie odlewu z układu krystalizacji oraz chłodzenia odlewu po wyjściu z układu krystalizacji.

Znane technologie ciągłego odlewania opierają się na metodzie krystalizacji ciekłego metalu, który wlewa się do układu krystalizacji z pieca odlewniczego, przy czym temperatura ciekłego metalu podczas zalewania krystalizatora wynika z temperatury panującej w piecu. Metal ten wpływając do krystalizatora podlega krystalizacji do formy stałej. Ponadto stosowane układy krystalizacji posiadają jedną lub maksymalnie dwie komory chłodzenia na długości, co ogranicza możliwość szybkiego i efektywnego chłodzenia odlewu oraz ogranicza sterowanie miejscem krystalizacji odlewu w krystalizatorze.

Znane są ze zgłoszenia patentowego US4456054A sposób ciągłego odlewania metalu w układzie poziomym i urządzenie do realizacji procesu ciągłego odlewania metalu w układzie poziomym, w ramach którego zastosowany został krystalizator boczny z nagrzewnicą indukcyjną umożliwiającą dogrzanie ciekłego metalu przed układem chłodzenia. W omawianym rozwiązaniu zastosowane udoskonalenia pozwalają przede wszystkim, przez niewielką odległość krystalizatora od kadzi odlewniczej, na zminimalizowanie utraty ciepła w trakcie procesu odlewania oraz poprzez niezależność obydwu elementów tj. kadzi i krystalizatora na możliwość regulacji, naprawy czy wymiany obu elementów i ich części składowych. W omawianym rozwiązaniu układ chłodzenia metalu oddzielony jest od układu krystalizacji co sprawia, że w znacznym stopniu ograniczona jest możliwość sterowania temperaturą ciekłego metalu w strefie zalewania.

Znane jest również ze zgłoszenia patentowego US4694886A urządzenie przeznaczone do realizacji procesu ciągłego odlewania metali w układzie poziomym, wedle którego zastosowany został kanał pośredni pomiędzy kadzią odlewniczą a krystalizatorem, w obrębie którego zastosowane zostało dodatkowe urządzenie przeznaczone do wprowadzania drgań oscylacyjnych. Zastosowanie w/w drgań w omawianym rozwiązaniu umożliwi polepszenie jakości powierzchni odlewanych materiałów poprzez wyeliminowanie wad powierzchniowych w postaci charakterystycznych znaczników występujących na powierzchni metali po procesie ciągłego odlewania, oraz znaczników wynikających z tarcia metalu o powierzchnię krystalizatora. W opisywanym rozwiązaniu zastosowany kanał pośredni posiada standardową jednopłaszczywową głowicę chłodzącą o ograniczonych możliwościach kontroli temperatury metalu w krystalizatorze.

Znany jest ze zgłoszenia patentowego PL420949A1 układ odlewania ciągłego w kierunku poziomym, przeznaczony do wytwarzania materiałów o rozdrobnionej strukturze poprzez zastosowanie cewki elektromagnetycznej zamocowanej bezpośrednio przed układem krystalizacji, umożliwiającej efektywne mieszanie ciekłego metalu i następnie jego krzepnięcie w krystalizatorze z płaszczem wodnym. Opisane powyżej rozwiązanie pozwala przez zastosowanie w/w cewki indukcyjnej do mieszania ciekłego metalu na skutek działania indukcji elektromagnetycznej, czego efektem jest stopniowy nieuchronny wzrost temperatury ciekłego metalu.

Znana jest również ze zgłoszenia patentowego PL420948A1 głowica chłodząca w postaci krystalizatora z płaszczem wodnym oraz kanałem przepływowym medium smarnego. Opisane rozwiązanie umożliwia zarówno standardowe jednostrefowe chłodzenie metalu w strefie krystalizacji jak i smarowanie jego powierzchni, co zapewnia dłuższą żywotność zastosowanego grafitowego materiału krystalizatora.

Z polskiego patentu PL158746B1 znany jest sposób ciągłego poziomego odlewania wlewków i krystalizator do ciągłego poziomego odlewania wlewków, które umożliwiają zwiększenie intensywności chłodzenia krystalizującego metalu poprzez zastosowanie nowego rodzaju głowicy chłodzącej ze zintegrowaną i regulowaną komorą natryskową umożliwiającą dodatkowe, wtórne chłodzenie powierzchni

metal na wyjściu z krystalizatora. Dzięki powyższemu możliwe jest istotne zwiększenie prędkości odlewania metalu.

Znany jest ze zgłoszenia patentowego WO2008084706A1 opis metody poziomego odlewania ciągłego oraz urządzenia przeznaczonego do realizacji tego procesu, a konkretnie głowicy chłodzącej zapewniającej zarówno chłodzenie i smarowanie metalu w strefie krystalizacji, jak i zintegrowane wtórne chłodzenie powierzchni skrzepniętego metalu tuż za wyjściem z krystalizatora. Przedstawione rozwiązanie umożliwia odlewanie z utrzymaniem stałej prędkości chłodzenia w górnej i dolnej części krystalizatora poprzez kontrolę ciśnienia pomiędzy ciekłym metalem a powierzchnią krystalizatora.

Znane jest również ze zgłoszenia CN104325098A rozwiązanie konstrukcyjne układu krystalizacji do procesu odlewania ciągłego w układzie poziomym, wykorzystujące chłodnice z dwoma kanałami wodnymi do realizacji procesu odlewania stali. Powyższe rozwiązanie dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych obiegów chłodzenia umożliwia regulację temperatury ciekłej stali w ww. układzie krystalizacji, w którym woda płynie po linii spiralnej. Regulacja ta z uwagi na występowanie wyłącznie dwóch modułów chłodniczych jest jednak ograniczona. Stopniowe nagrzewanie się medium chłodzącego powoduje powstawanie gradientowego odbioru ciepła w ramach danej strefy chłodzenia.

Znane jest rozwiązanie przedstawione w zgłoszeniu US4789021A, którego istota polega na poprawie wydajności chłodzenia układu krystalizacji w procesie odlewania ciągłego poprzez zastosowanie konstrukcji umożliwiającej zapewnienie stałego docisku wszystkich wewnętrznych ścian krystalizatora do ciekłego metalu w trakcie jego krystalizacji, co realizowane jest poprzez szereg ruchomych płyt chłodzących dopasowujących się, pod dociskiem, do kształtu odlewane metalu. Dzięki temu w trakcie odlewania, w przypadku występującego znacznego skurczu, odlewniczego możliwe jest zwiększenie wydajności odprowadzania ciepła od metalu. Przedstawione rozwiązanie umożliwia zwiększenie kontaktu pomiędzy chłodnicą a skrzepniętym metalem, i tym samym poprawia wtórne odprowadzanie od niego ciepła.

Znane jest także zgłoszenie GB1420005A, które przedstawia chłodnicę przeznaczoną dla układu krystalizacji w procesie ciągłego odlewania, której konstrukcja zawiera kanały chłodzące rozmieszczone w chłodnicy względem przekroju poprzecznego odlewane metalu. Geometria chłodnicy umożliwia odlewanie wyrobów o kształcie prostokątnym/kwadratowym przy wykorzystaniu wielokanałowej głowicy chłodzącej z czterema strefami zasilającymi w/w kanały, przy czym przedmiotowe kanały są w opisywanym rozwiązaniu rozmieszczone wyłącznie w obrębie przekroju poprzecznego odlewane metalu tj. po jego obwodzie. Zastosowanie niezależnych stref chłodzących w w/w rozwiązaniu umożliwia niezależne chłodzenie każdej ze ścian zewnętrznych prostokątnego wyrobu.

Wadami rozwiązań znanych ze stanu techniki jest brak możliwości precyzyjnego, lokalnego przegrzewania ciekłego metalu w miejscu jego wpływania do krystalizatora bez nadmiernego dodatkowego dogrzewania metalu w głównej komorze tygla, oraz brak możliwości sterowania szerokością strefy przechłodzenia krystalizatora, a przez to szerokością i miejscem krystalizacji odlewu, i tym samym brak możliwości regulacji frontu krystalizacji i warunków odbioru ciepła w kierunku osi odlewane metalu.

Celem wynalazku jest przedstawienie sposobu ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów oraz urządzenia do ciągłego odlewania metali z kształtowaniem strefy krzepnięcia odlewów, w którym, poprzez zastosowanie wielokanałowego układu chłodzenia krystalizatora na całej jego długości, połączonego z kanałem grzewczym do lokalnego dogrzewania (przeprzewania) ciekłego metalu z izolowanym cieplnie krystalizatorem znajdującym się w tymże kanale, możliwe jest kształtowanie strefy krzepnięcia odlewu tj. sterowanie miejscem i szerokością krystalizacji w krystalizatorze. W efekcie zastosowania rozwiązania możliwe jest precyzyjne sterowanie temperaturą odlewu na wyjściu z układu chłodzenia, jak i uzyskiwanie podwyższonej jakości odlewów o obniżonej segregacji składników stopowych, oraz zwiększenie żywotności krystalizatora podlegającemu największemu zużyciu w trakcie trwania procesu odlewania.

Sposób ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia, w urządzeniu zawierającym tygiel z ciekłą kąpielą, kanał grzewczy połączony z izolowanym krystalizatorem wyposażonym w wielokanałowy układ chłodzenia, charakteryzuje się tym, że temperatura ciekłej kąpieli w kanale grzewczym jest wyższa o 50–250°C, w zależności do gatunku stopu, od temperatury ciekłej kąpieli w tyglu ale nie przekracza 1350°C, a prędkość przepływu chłodziwa w każdej z komór układu chłodzenia wynosi 0,2–20 l/min, przy czym na wejściu do komór układu chłodzenia temperatura medium chłodzącego jest nie wyższa niż 60°C i nie niższa niż 5°C a na wyjściu z komór jest nie wyższa niż 90°C, zaś proces odlewania jest realizowany w konfiguracji: posuw minimum 0,1 mm i postój minimum 0,1 s.

Urządzenie do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia, zawierającego usytuowany bezpośrednio pod otworem w tyglu dodatkowy kanał grzewczy z rezystancyjnym systemem nagrzewania, połączony z izolowanym krystalizatorem wyposażonym w wielokanałowym układem chłodzenia, przy czym kanał grzewczy ma kształt kolana, charakteryzuje się tym, że krystalizator wyposażony jest w nasadkę usytuowaną na jego końcowej części umieszczonej w kanale grzewczym, zaś układ chłodzenia składa się z osobnych toroidalnych komór chłodzących z wejściem i wyjściem, oddzielonych przegrodami i posiada na styku z kanałem grzewczym płyty izolujące.

Korzystnie, kanał grzewczy ma 5–100 razy mniejszą pojemność od pojemności tygla.

Korzystnie, kanał grzewczy jest elementem oddzielnym, połączonym z tygłem spoiwem ceramicznym.

Korzystnie, system nagrzewania kanału grzewczego ma postać elementów kantalowych usytuowanych w dolnej części kanału.

Korzystnie, płyty izolujące wykonane są z materiału odpornego cieplnie o niskim współczynniku przewodzenia ciepła, w tym mulitu oraz kompozytów glino-krzemianowych.

Korzystnie, wielokanałowy układ chłodzenia posiada 3–20 komór chłodzących.

Korzystnie, długość komór chłodzących nie przekracza 100 mm.

Korzystnie, wejście i wyjście każdej z komór usytuowane są względem siebie na kształt litery V.

Korzystnie, każda komora zawiera indywidualny regulator prędkości przepływu medium chłodzącego.

Korzystnie, nasadka wykonana jest z mulitu.

W znanych rozwiązaniach krystalizatory o konstrukcji litej, wykonywane z materiału o wysokiej przewodności cieplnej (grafit, azotek boru) i montowane do komory pieca, chłodzą lokalnie ciekły metal w strefie jego wpływania do krystalizatora, co powoduje obniżenie lejujności metalu a przez to zaburza proces odlewania. Jest to szczególnie ważne dla stopów miedzi typu CuCrZr, CuZr, CuCoNi, CuNiSi, CuSnP i CuAlNi, które są bardzo wymagające z punktu widzenia prawidłowego wypełniania form (krystalizatorów), i w momencie zalewania powinny posiadać ściśle określoną temperaturę z dokładnością  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ . W znanych technologiach zmiana warunków odlewania (tj. zwiększenie lejujności metalu w strefie zalewania krystalizatora) wymaga podniesienia temperatury metalu ponad konieczny stan cieplny w całym piecu, co niekorzystnie wpływa na jakość ciekłego metalu z punktu widzenia jego utleniania czy rozpuszczania się gazów, a tym samym wymaga dodatkowych zabiegów ochronnych oraz powoduje obniżenie skuteczności działania chemicznych modyfikatorów struktury (np. fosforu, boru, cyrkonu w stopach miedzi oraz tytanu w stopach aluminium). Zasadniczo chłodzenie ciekłego metalu ma nastąpić po jego wlaniu do strefy krystalizacji a nie przed nią. Znane rozwiązania wykorzystują układy krystalizacji z jedną lub dwiema komorami chłodzenia i zazwyczaj z wymuszeniem śrubowego obiegu chłodziwa (cieczy chłodzącej), co powoduje że jest ono nagrzewane systematycznie przez ciepło pochodzące z ciekłego metalu, które odbierane jest przez krystalizator i przekazywane do głowicy chłodzącej a następnie do chłodziwa. Kształt komory (komór) chłodzenia, a w szczególności jej długość jest zazwyczaj wielokrotnością jej szerokości, co powoduje, że droga chłodziwa po linii śrubowej, którą przebywa ono w układzie, jest długa (od początku do końca długości układu krystalizacji). Powoduje to brak możliwości wysokiego stopnia przechłodzenia ciekłego metalu w strefie krystalizacji i szybkiego odbioru ciepła z różnych miejsc układu chłodzenia (chłodziwo na długości układu chłodzenia gradientowo się ogrzewa i jest coraz cieplejsze). Po dogrzaniu chłodziwa do temperatury na poziomie  $80^{\circ}\text{C}$  konieczne jest zwolnienie prędkości odlewania, ze względu na ryzyko zagotowania cieczy chłodzącej. Ciecz chłodząca, nagrzewana sukcesywnie podczas krystalizacji, płynąca od początku układu chłodzenia do jego końca uniemożliwia lokalne sterowanie temperaturą krystalizatora, a przez to uniemożliwia kształtowanie miejsca i strefy krystalizacji. Wówczas miejsce krystalizacji jest wynikiową superpozycją warunków cieplnych ciekłego metalu, warunków odbioru ciepła przez układ krystalizacji jak i prędkości odlewanej pasma i jego przekroju poprzecznego, oraz gatunku odlewanej metalu.

W wyniku przeprowadzonych prac badawczych i analiz możliwe było opracowanie sposobu ciągłego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krystalizacji w urządzeniu do ciągłego odlewania, w którym, poprzez precyzyjne dogrzewanie ciekłego metalu w strefie zalewowej krystalizatora oraz indywidualną regulację prędkości przepływu cieczy chłodzącej w komorach układu chłodzenia, zapewnia się ściśle określoną podwyższoną temperaturę ciekłego metalu w strefie zalewania krystalizatora oraz możliwość sterowania miejscem i szerokością krystalizacji ciekłego metalu, co realizowane jest w procesie odlewania w konfiguracji posuw-postój odlewu. Sposób według wynalazku wspomaga

zalewanie krystalizatora ciekłym metalem oraz proces szybkiej krystalizacji metalu, dzięki czemu uzyskiwane odlewy cechują się obniżonym stopniem segregacji składników stopowych i powtarzalnymi cechami użytkowymi.

Istota i przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania oraz na załączonym rysunku, na którym fig. 1 ilustruje sposób i urządzenie do ciągłego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia, fig. 2 ilustruje układ krystalizacji z głowicą z 5 komorami (segmentami), zaś fig. 3 ilustruje układ krystalizacji z głowicą z 10 komorami (segmentami).

Uzyskanie wyrobów odlewanych wg sposobu wymaga zastosowania urządzenia do ciągłego odlewania (fig. 1) ze specjalną strefą krzepnięcia i dodatkowym kanałem grzewczym 1 z rezystancyjnym systemem nagrzewania o pojemności kanału wielokrotnie mniejszej niż pojemność tygla 6. W kanale grzewczym 1 umieszczana jest końcówka krystalizatora 5 z nasadką 16 wykonaną z mulitu, usytuowana na jego końcowej części, który znajduje się w układzie chłodzenia 10. Krystalizator 5 wyposażony jest w wielokanałowy układ chłodzenia 10, który składa się z osobnych toroidalnych komór chłodzących 13, oddzielonych przegrodami 18, z wejściem 14 i wyjściem 15. Układ chłodzenia na styku z kanałem grzewczym wyposażony jest w płyty izolujące 7, 8 i 9. Kanał grzewczy 1 ma postać kolana i jest oddzielnym elementem, zbudowanym z kształtki wykonanej z betonu o wysokiej przewodności cieplnej, przy czym w tymże kanale, w jego dolnej części, zabudowana jest spirala grzewcza z drutu kantalowego. Kanał grzewczy 1 łączony jest z tygłem 6 przy użyciu spoiwa ceramicznego, przy czym jest on montowany z jednej strony u podnóża tygla 6, a z drugiej strony, poprzez płyty izolujące 7, 8 i 9 wykonane z materiału odpornego cieplnie i niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła, w tym z mulitu oraz kompozytu glinowo-krzemianowego, do układu chłodzenia 10. Kanał grzewczy 1 jest wyposażony w termoelement kontrolny 2 oraz termoelement sterująco-kontrolny 11, które kontrolują i sterują systemem grzania 3 tegoż kanału. Układ krystalizacji (fig. 2 i fig. 3) o konstrukcji wielokanałowej z otworem 12, w którym zamocowany jest krystalizator 5, posiada komory chłodzące 13 oddzielone przegrodami 18. Każda komora 13 posiada oddzielne wejście 14 i wyjście 15 z regulowaną indywidualnie prędkością przepływu medium chłodzącego, przy czym wzajemne usytuowanie wejścia 14 i wyjścia 15 ma postać litery V.

Zastosowanie urządzenia do ciągłego odlewania z kanałem grzewczym 1 według wynalazku pozwala na precyzyjne podnoszenie i utrzymywanie temperatury ciekłego metalu 4 w strefie zalewania 17 krystalizatora 5, co zwiększa lejność metalu i umożliwia całkowite wypełnienie przestrzeni krystalizatora 5 w strefie krystalizacji, gdzie następuje zmiana jego stanu skupienia do formy stałej. W procesie odlewania ciekły metal 4 przelewa się przez kanał grzewczy 1, gdzie następuje jego precyzyjne dogrzanie, i trafia przez nasadkę izolującą 16 do krystalizatora 5. Spirala grzewcza z kantalu, w wyniku przepływu prądu, nagrzewa się i dogrzewa kanał grzewczy 1, który oddaje ciepło do ciekłego metalu 4. Poprzez zastosowanie zwężki w postaci kanału grzewczego 1, o małej objętości w stosunku do pojemności tygla 6, można lokalnie i z dużą intensywnością wpływać na temperaturę ciekłego metalu 4, precyzyjnie nią sterując oraz dowolnie ją podnosząc w zakresie 50–250°C powyżej temperatury ciekłego metalu w tyglu 6, ale nie przekraczając 1350°C. Zadaniem nasadki 16 jest ograniczenie odbioru ciepła przez krystalizator 5 od ciekłego metalu 4 w strefie zalewania 17, przed wejściem do układu chłodzenia 10. Zastosowanie układu chłodzenia z płytami izolującymi 7, 8 i 9 ogranicza przepływ ciepła z kanału grzewczego 1 do układu chłodzenia 10. Poprzez zastosowanie konstrukcji z wieloma kanałami grzewczymi, których ilość wynosi od 3 do 20 komór (fig. 2 – przykład układu krystalizacji z 5 komorami zaś fig. 3 – przykład układu krystalizacji z 10 komorami), możliwe jest precyzyjne sterowanie chłodzeniem poszczególnych miejsc na długości krystalizatora 5, odpowiadających lokalizacji kanałów chłodzących 13. Zastosowanie wielokanałowego układu chłodzenia 10 umożliwia sterowanie miejscem krystalizacji i jego długością, co korzystnie wpływa na jakość uzyskiwanego odlewu. Jest to szczególnie istotne dla stopów z dużą odległością linii likwidusa od linii solidusa w układzie równowagi fazowej, co utrudnia proces krystalizacji, ale dzięki zastosowaniu nowego rozwiązania stało się możliwe, a jednocześnie proste, precyzyjne sterowanie mechanizmem krystalizacji. Ponadto stosowanie wielokanałowego układu chłodzenia 10 pozwala na zmianę miejsca krystalizacji odlewu, co korzystnie wpływa na maksymalne wykorzystanie krystalizatora 5 z punktu widzenia jego zużycia. Zastosowanie wielokanałowego układu chłodzenia 10 oraz możliwość zwiększania i zmniejszania przepływu medium w zakresie 0,2–20 l/min w kanałach chłodzących 13, pozwala na przesuwanie miejsca krystalizacji np. ze strefy końca krystalizatora do środka a następnie do jego początku. Poprzez zastosowanie przegród 18, do każdej komory 13 trafia medium chłodzące o ściśle określonych parametrach temperaturowych z zakresu 5–60°C, niezależnie do pozostałych komór 13 - medium z poszczególnych komór 13 nie miesza się ze sobą w układzie chłodzenia 10.

Dzięki opracowanemu rozwiązaniu można precyzyjnie panować nad procesem krystalizacji i modyfikować go w zależności od specyfiki odlewanych rodzaju materiału. Dla materiałów wymagających wysokiego stopnia przechłodzenia podczas krystalizacji, zastosowanie układu chłodzenia 10 z wieloma kanałami z indywidualnymi wejściami 14 pozwala na bardzo efektywne chłodzenie krystalizatora 5, co również zwiększa efekt rozdrobnienia struktury krystalicznej oraz ogranicza zjawisko makrosegregacji składników stopowych odlewanych wyrobów. Dla materiałów wymagających stopniowego przechłodzenia, układ pozwala na strefowe kontrolowanie przechłodzenia ciekłego metalu w krystalizatorze 5, a przez to uzyskiwanie wydłużonej strefy krystalizacji i sterowanie temperaturą odlewu na wyjściu (temperatura medium chłodzące na wyjściu nie może przekraczać 90°C). Wynalazek umożliwia wytwarzanie wyrobów w postaci prętów odlewanych o przekroju okrągłym, owalnym, kwadratowym, rombu, trapezu wytwarzanych z metali nieżelaznych, w szczególności miedzi i stopów miedzi.

#### Przykład 1

Przykład dotyczy wytwarzania odlewów okrągłych o średnicy 15 mm ze stopu miedzi CuSn2P z wąską strefą krzepnięcia dla układu krystalizacji z 5 komorami chłodzenia (według fig. 1 i fig. 2). Ciekły metal 4 o składzie chemicznym odpowiadający gatunkowi CuSn<sub>2</sub>P, pokryty rafinatorem lub węglem drzewnym, znajdujący się w tyglu 6 i posiadający temperaturę 1120°C przelewany jest do kanału grzewczego 1, gdzie na długości kanału zostaje dogrzany przez system grzewczy 3 do temperatury 1200°C a następnie wlewa się do krystalizatora 5 z nasadką izolującą 16, osadzonego w układzie chłodzenia 10. Temperatura ciekłego metalu na wyjściu z tygla 6 do kanału grzewczego 1 kontrolowana jest przez termoelement kontrolny 2, a termoelement sterująco-kontrolny 11 steruje temperaturą systemu grzania 3 tak, aby w strefie zalewania 17 przed wejściem do układu krystalizacji temperatura ciekłego metalu wynosiła 1200 ± 10°C. Układ chłodzenia 10 jest odizolowany cieplnie przez płyty izolujące 7, 8 i 9, o niskim współczynniku przewodzenia ciepła, od kanału grzewczego 1.

Przepływ medium w poszczególnych komorach 13 układu chłodzenia 10 wyregulowano tak, że we wszystkich komorach 13 płynie medium chłodzące o jednakowym przepływie wynoszącym 3 l/min. Odlewanie następuje przez cykliczne wyciąganie odlewu z krystalizatora 5 w konfiguracji posuw 1 mm – postój 0,1 s – posuw 1 mm. Temperatura medium na wejściu 14 do wszystkich komór indywidualnie wynosi 23°C, a na wyjściu 15 wynosi: z komory I – 41°C, z komory II – 40°C, z komory III – 37°C, z komory IV – 30°C oraz z komory V – 28°C. W komorach I i II następuje intensywne przechłodzenie ciekłego metalu a krystalizacja odlewu następuje w kolejnym obszarze kanału układu chłodzenia (komora II). Następnie odlew podlega dalszemu intensywnemu chłodzeniu przez odbiór ciepła w dalszej części pozostałych komór III – V. Po wyjściu z układu chłodzenia 10 odlewy posiadają temperaturę 170°C są następnie chłodzone do temperatury 30°C przez dodatkowy natrysk wody (nie ujęty na rysunku).

#### Przykład 2

Przykład dotyczy wytwarzania odlewów okrągłych o średnicy 25 mm ze stopu miedzi CuAl10Fe3Mn2Ni5 z szeroką strefą krzepnięcia dla układu krystalizacji z 5 komorami chłodzenia (według fig. 1 i fig. 2). Ciekły metal 4 o składzie chemicznym odpowiadający gatunkowi CuAl10Fe3Mn2Ni5, pokryty rafinatorem lub węglem drzewnym, znajdujący się w tyglu 6 i posiadający temperaturę 1160°C przelewany jest do kanału grzewczego 1, gdzie na długości kanału zostaje dogrzany przez system grzewczy 3 do temperatury 1280°C a następnie wlewa się do krystalizatora 5 z nasadką izolującą 16, osadzonego w układzie chłodzenia 10. Temperatura ciekłego metalu na wyjściu z tygla 6 do kanału grzewczego 1 kontrolowana jest przez termoelement kontrolny 2, a termoelement sterująco-kontrolny 11 steruje temperaturą systemu grzania 3 tak, aby w strefie zalewania 17 przed wejściem do układu krystalizacji temperatura ciekłego metalu wynosiła 1280 ± 10°C. Układ chłodzenia 10 jest odizolowany cieplnie przez płyty 7, 8 i 9, wykonane z kompozytu glinowo-krzemianowego o niskim współczynniku przewodzenia ciepła, od kanału grzewczego 1. Przepływ medium w poszczególnych komorach 13 układ chłodzenia 10 wyregulowano tak, że w komorach 13 płynie medium chłodzące z różnym przepływem, przy czym w I komorze przepływ wynosi 1 l/min, w II komorze – 2 l/min, w III komorze – 3 l/min, w IV komorze – 2 l/min, oraz w V komorze – 2 l/min. Odlewanie następuje przez cykliczne wyciąganie odlewu z krystalizatora 5 w konfiguracji posuw 3 mm – postój 1 s – posuw 3 mm. Temperatura medium na wejściu 14 do wszystkich komór wynosi 28°C, a na wyjściu 15 wynosi: z komory I – 68°C, z komory II – 61°C, z komory III – 53°C, z komory IV – 41°C oraz z komory V – 36°C. W komorach I i II następuje stopniowe przechłodzenie ciekłego metalu a krystalizacja odlewu następuje w kolejnym obszarze kanału układu chłodzenia (komory II i III). Następnie odlew podlega dalszemu intensywnemu chłodzeniu

poprzez odbiór ciepła w komorach IV– V. Po wyjściu z układu chłodzenia odlewy posiadają temperaturę 320°C, przy czym nie są chłodzone przez dodatkowy natrysk wody.

#### Przykład 3

Przykład dotyczy wytwarzania odlewów okrągłych o średnicy 8 mm z miedzi CuETP oraz CuOF z wąską i zmienną strefą krzepnięcia dla układu krystalizacji z 10 komorami chłodzenia (według fig. 1 i fig. 3). Ciekły metal 4 o składzie chemicznym odpowiadającym gatunkowi CuETP/CuOF, pokryty tłucznem grafitowym, znajdujący się w tyglu 6 i posiadający temperaturę 1120°C przelewany jest do kanału grzewczego 1, gdzie na długości kanału zostaje dogrzany przez system grzewczy 3 do temperatury 1180°C a następnie wlewa się do krystalizatora 5 z nasadką izolującą 16, osadzonego w układzie chłodzenia 10. Temperatura ciekłego metalu na wyjściu z tygla 6 do kanału grzewczego 1 kontrolowana jest przez termoelement kontrolny 2, a termoelement sterująco-kontrolny 11 steruje temperaturą systemu grzania 3 tak, aby w strefie zalewania 17 przed wejściem do układu krystalizacji temperatura ciekłego metalu wynosiła  $1180 \pm 10^\circ\text{C}$ . Układ chłodzenia 10 jest odizolowany cieplnie przez płyty 7, 8 i 9, wykonane z mulitu o niskim współczynniku przewodzenia, od kanału grzewczego 1. Przepływ medium w początkowej fazie odlewania w poszczególnych komorach 13 układu chłodzenia 10 wyregulowano tak, że w komorach 13 płynie medium chłodzące o stałym przepływie tj. 3 l/min. Odlewanie następuje przez cykliczne wyciąganie odlewu z krystalizatora 5 w konfiguracji posuw 5 mm – postój 0,5 s – posuw 5 mm. Temperatura medium na wejściu 14 do wszystkich komór wynosi 18°C, a na wyjściu 15 wynosi: z komory I – 44°C, z komory II – 42°C, z komory III – 32°C, z komory IV – 27°C, z komory V – 26°C, z komory VI – 24°C, z komory VII – 22°C, z komory VIII – 21°C, z komory IX – 21°C oraz z komory X – 20°C. W komorze I następuje stopniowe przechłodzenie ciekłego metalu a krystalizacja odlewu następuje w obszarze kanału układu chłodzenia (komora II). Następnie odlew podlega dalszemu intensywnemu chłodzeniu przez odbiór ciepła w komorach III – X. Po wyjściu z układu chłodzenia 10 odlewy posiadają temperaturę 65°C i są następnie chłodzone do temperatury 30°C przez dodatkowy natrysk wody (nie ujęty na rysunku). Po zaobserwowaniu pogorszenia się jakości powierzchni odlewów, po wykonaniu ok. 4 ton tychże odlewów, zmieniono przepływ medium chłodzącego w komorach: przepływ w komorze I wynosił 0,8 l/min, w komorze II – 0,8 l/min, a w pozostałych komorach III – X pozostał na niezmiennym poziomie 3 l/min. Taki zabieg spowodował przesunięcie miejsca krystalizacji odlewu z komory II do komory III układu chłodzenia, czyli do wewnętrznej części krystalizatora 5, która nie jest jeszcze zużyta. Temperatura na wyjściu 15 wynosi: z komory I – 54°C, z komory II – 54°C, z komory III – 42°C, z komory IV – 40°C, z komory V – 36°C, z komory VI – 32°C, z komory VII – 26°C, z komory VIII – 24°C, z komory IX – 23°C oraz z komory X – 21°C. W komorach I i II następuje stopniowe powolne przechłodzenie ciekłego metalu a krystalizacja odlewu następuje w kolejnym obszarze kanału układu chłodzenia (komora III). Następnie odlew podlega dalszemu intensywnemu chłodzeniu przez odbiór ciepła w komorach IV – X. Po wyjściu z układu chłodzenia 10 odlewy posiadają temperaturę 70°C i są następnie chłodzone do temperatury 30°C przez dodatkowy natrysk wody (nie ujęty na rysunku). W przedstawiony powyżej sposób, po zaobserwowaniu zmian jakości odlewu w trakcie realizacji procesu odlewania, można w dalszym ciągu zmieniać miejsce jego krystalizacji poprzez zmianę parametrów przepływu w układzie chłodzenia 10. Taka zmiana parametrów intensywności chłodzenia wybranych komór 13 układu chłodzenia 10 pozwala na zmianę miejsca krystalizacji, co powoduje, że odlew zmienia stan skupienia w obszarze nie zużytego jeszcze krystalizatora 5.

#### Przykład 4

Przykład dotyczy urządzenia do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia z układem chłodzenia z 5 komorami chłodzącymi (według fig. 1 i fig. 2). Urządzenie do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia zawiera usytuowany bezpośrednio pod otworem w tyglu 6 dodatkowy kanał grzewczy 1 z rezystancyjnym systemem grzewczym 3, połączony z izolowanym krystalizatorem 5 wyposażonym w układ chłodzenia 10 z pięcioma osobnymi toroidalnymi komorami 13, przy czym kanał grzewczy 1 ma postać kolana. Kanał grzewczy 1 wyposażony jest w termoelement kontrolny 2 oraz termoelement sterująco-kontrolny 11, które kontrolują i sterują systemem grzewczym 3, zapewniając temperaturę ciekłego metalu w strefie zalewania 17 o 50–250°C wyższą od temperatury ciekłego metalu 4 w tyglu 6. Układ chłodzenia 10 zawiera krystalizator 5 wyposażony w nasadkę 16 wykonaną z mulitu, usytuowaną na jego końcowej części, umieszczoną w kanale grzewczym 1, zaś wszystkie komory chłodzące 13 posiadają osobne wejścia 14 i wyjścia 15, i oddzielone są przegrodami 18. Układ chłodzenia 10 posiada na styku z kanałem grzewczym 1 płyty izolujące 7, 8 i 9. Kanał grzewczy 1 ma 5 razy mniejszą pojemność od pojemności tygla 6 i jest elementem oddzielnym, połączonym z tygłem 6 poprzez spoiwo ceramiczne. System

grzewczy 3 kanału grzewczego 1 ma postać elementów kantalowych usytuowanych w dolnej części tegoż kanału 1. Płyty izolujące 7, 8 i 9 wykonane są z materiału odpornego cieplnie o niskim współczynniku przewodzenia ciepła tj. mulitu. Układ chłodzenia 10 posiada komory chłodzące 13, o długości 60 mm każda, a wejścia 14 i wyjścia 15 medium chłodzącego każdej z komór 13 usytuowane są względem siebie na kształt litery V. Układ 10 umożliwia indywidualną regulację prędkości przepływu medium chłodzącego w każdej z komór w zakresie 5–20 l/min.

#### Przykład 5

Przykład dotyczy urządzenia do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia z układem chłodzenia z 10 komorami chłodzącymi (według fig. 1 i fig. 3). Urządzenie do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia zawiera usytuowany bezpośrednio pod otworem w tyglu 6 dodatkowy kanał grzewczy 1 z rezystancyjnym systemem grzewczym 3, połączony z izolowanym krystalizatorem 5 wyposażonym w układ chłodzenia 10 z dziesięcioma osobnymi toroidalnymi komorami 13, przy czym kanał grzewczy 1 ma postać kolana. Kanał grzewczy 1 wyposażony jest w termoelement kontrolny 2 oraz termoelement sterująco-kontrolny 11, które kontrolują i sterują systemem grzewczym 3, zapewniając temperaturę ciekłego metalu w strefie zalewania 17 o 50–250°C wyższą od temperatury ciekłego metalu 4 w tyglu 6. Układ chłodzenia 10 zawiera krystalizator wyposażony w nasadkę 16 wykonaną z mulitu, usytuowaną na jego końcowej części, umieszczoną w kanale grzewczym 1, zaś wszystkie komory chłodzące 13 posiadają osobne wejścia 14 i wyjścia 15, i oddzielone są przegrodami 18. Układ chłodzenia 10 posiada na styku z kanałem grzewczym 1 płyty izolujące 7, 8 i 9 wykonane z kompozytu glinowo-krzemianowego. Kanał grzewczy 1 ma 100 razy mniejszą pojemność od pojemności tygla 6 i jest elementem oddzielnym, połączonym z tygłem poprzez spoiwo ceramiczne. System grzewczy 3 kanału grzewczego 1 ma postać elementów kantalowych usytuowanych w dolnej części tegoż kanału 1. Układ chłodzenia 10 posiada komory chłodzące 13, o długości 15 mm każda, a wejścia 14 i wyjścia 15 medium chłodzącego każdej z komór 13 usytuowane są względem siebie na kształt litery V. Układ 10 umożliwia indywidualną regulację prędkości przepływu medium chłodzącego w każdej z komór w zakresie przepływu 0,2–5 l/min.

W wyniku realizacji procesu według przykładu 1 możliwe jest uzyskiwanie odlewów CuSn2P, które są bardzo wymagające z punktu widzenia szybkości krystalizacji i osiągnięcia cech technologicznych kwalifikujących je do dalszego przetwarzania w procesach przeróbki plastycznej.

W wyniku realizacji procesu według przykładu 2 możliwe jest uzyskiwanie odlewów ze stopu CuAl<sub>10</sub>Fe<sub>3</sub>Mn<sub>2</sub>Ni<sub>5</sub>, które wymagają stopniowego przechłodzenia podczas krystalizacji, ponieważ podlegają zjawisku hartowania. Proces ten umożliwia wytwarzanie odlewów o wysokiej jakości, bez pęknięć i nadmiernej podatności do kruchej pęknięcia.

Wytwarzanie odlewów wg przykładu 3 umożliwia zmianę miejsca krzepnięcia odlewów i wydłużenie żywotności krystalizatora.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia, w urządzeniu zawierającym tygiel (6) z ciekłą kąpielą (4), kanał grzewczy (1) połączony z izolowanym krystalizatorem wyposażonym w wielokanałowy układ chłodzenia (10), **znamienny tym**, że temperatura ciekłej kąpieli w kanale grzewczym (1) jest wyższa o 50–250°C, w zależności od gatunku stopu, od temperatury ciekłej kąpieli w tyglu (6) ale nie przekracza 1350°C, a prędkość przepływu chłodziwa w każdej z komór (13) układu chłodzenia (10) wynosi 0,2–20 l/min, przy czym na wejściu (14) do komór (13) układu chłodzenia (10) temperatura medium chłodzącego jest nie wyższa niż 60°C i nie niższa niż 5°C a na wyjściu (15) z komór (13) jest nie wyższa niż 90°C, zaś proces odlewania jest realizowany w konfiguracji: posuw minimum 0,1 mm i postój minimum 0,1 s.
2. Urządzenie do ciągłego poziomego odlewania miedzi i jej stopów z kształtowaniem strefy krzepnięcia, zawierające usytuowany bezpośrednio pod otworem w tyglu (6) dodatkowy kanał grzewczy (1) z rezystancyjnym systemem nagrzewania (3), połączony z izolowanym krystalizatorem (5) wyposażonym wielokanałowym układem chłodzenia (10), przy czym kanał grzewczy (1) ma kształt kolana, **znamiennie tym**, że krystalizator (5) wyposażony jest w nasadkę (16) usytuowaną na jego końcowej części umieszczonej w kanale grzewczym (1), zaś układ chłodzenia (10) składa się z osobnych toroidalnych komór chłodzących (13) z wejściem (14)

- i wyjściem (15), oddzielonych przegrodami (18), i posiada na styku z kanałem grzewczym (1) płyty izolujące (7, 8, 9).
3. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że kanał grzewczy (1) ma 5–100 razy mniejszą pojemność od pojemności tygla (6).
  4. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że kanał grzewczy (1) jest elementem oddzielnym, połączonym z tygłem (6) spoiwem ceramicznym.
  5. Urządzenie według zastrz. 2 **znamiennie tym**, że system nagrzewania (3) kanału grzewczego (1) ma postać elementów kantalowych usytuowanych w dolnej części kanału (1).
  6. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że płyty izolujące (7, 8, 9) wykonane są z materiału odpornego cieplnie o niskim współczynniku przewodzenia ciepła, w tym mulitu oraz kompozytów glino-krzemianowych.
  7. Urządzenie wg zastrz. 10 **znamiennie tym**, że wielokanałowy układ chłodzenia (10) posiada 3–20 komór chłodzących (13).
  8. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że długość komór chłodzących (13) nie przekracza 100 mm.
  9. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że wejście (14) i wyjście (15) każdej z komór (13) usytuowane są względem siebie na kształt litery V.
  10. Urządzenie wg zastrz. 2, **znamiennie tym**, że każda komora (13) zawiera indywidualny regulator prędkości przepływu medium chłodzącego.
  11. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że nasadka (16) wykonana jest z mulitu.

Rysunki

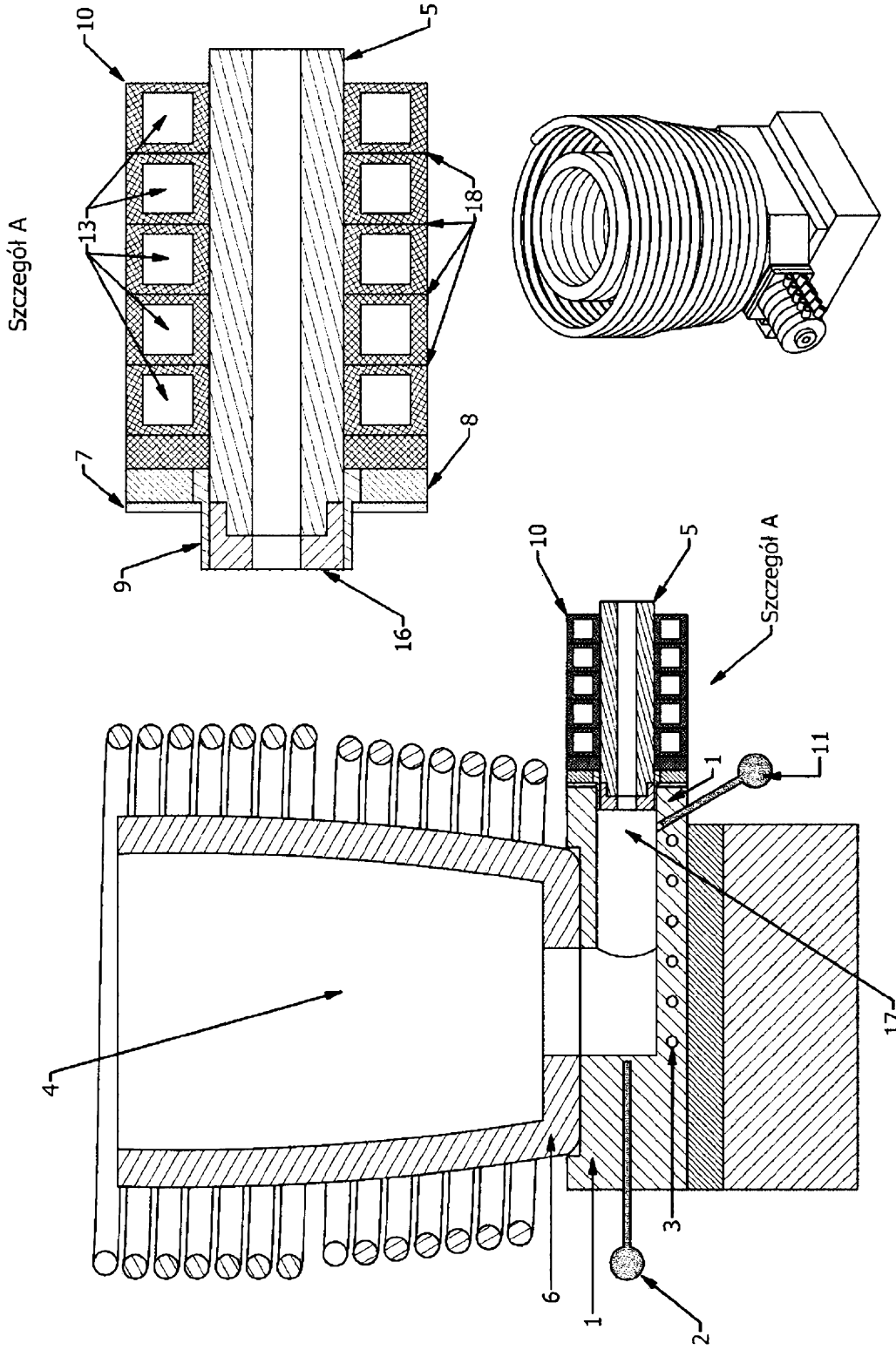


Fig. 1

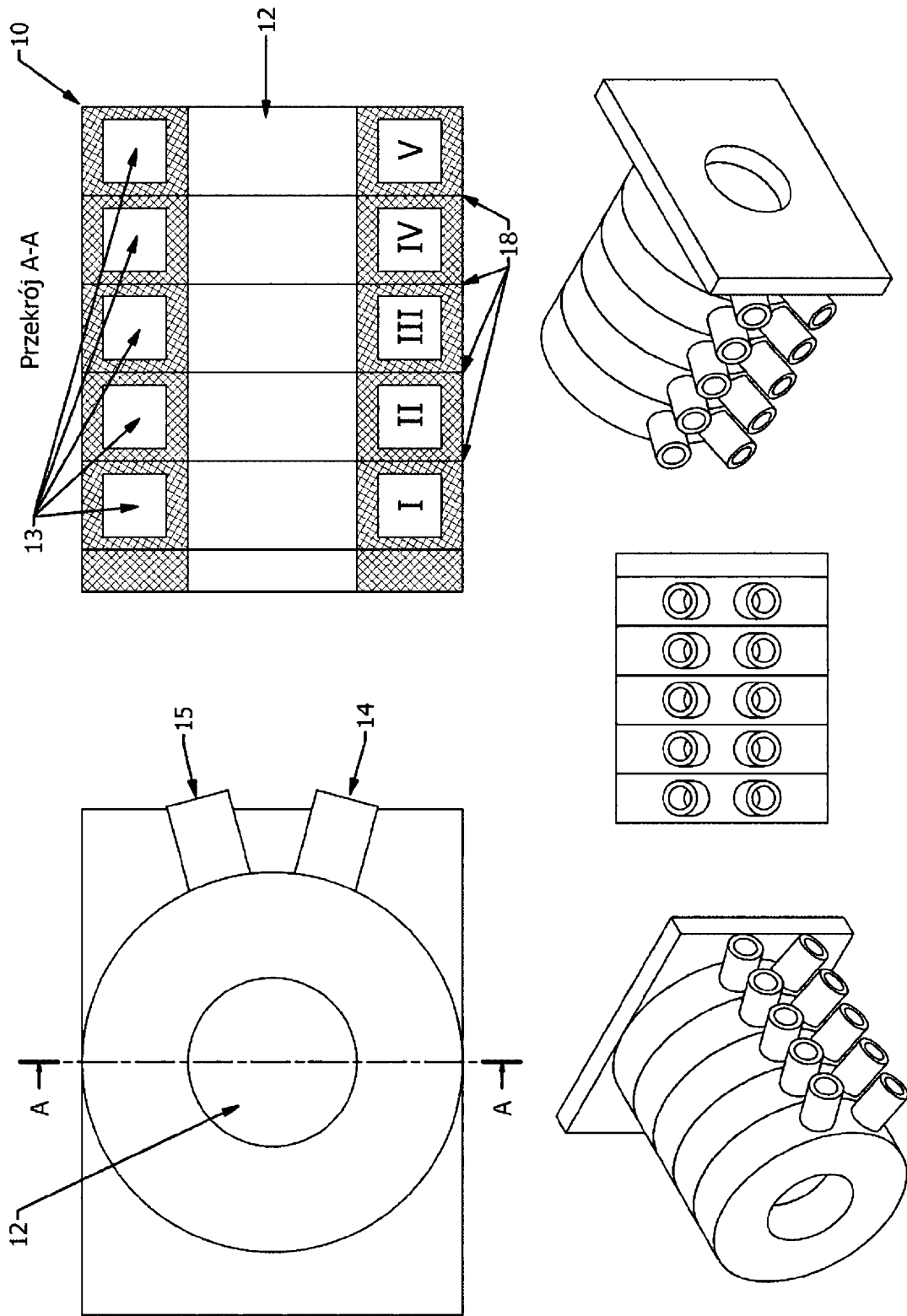


Fig. 2

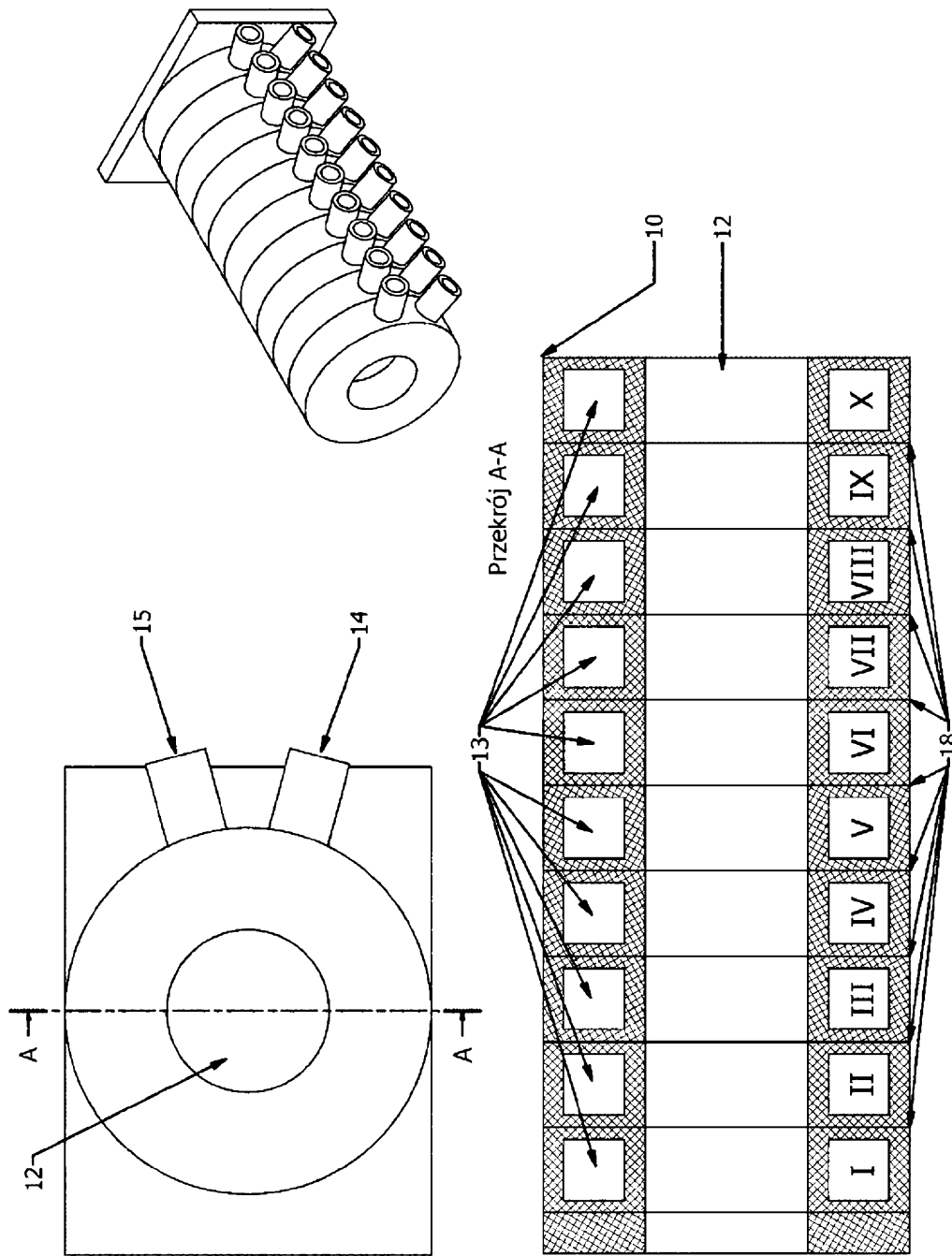


Fig. 3