



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(21) Numer zgłoszenia: **415488**

(22) Data zgłoszenia: **31.12.2015**

(51) Int.Cl.

B21B 1/16 (2006.01)

B21B 1/00 (2006.01)

B22D 11/00 (2006.01)

(54)

Sposób wytwarzania drutów o obniżonej zawartości tlenu

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

03.07.2017 BUP 14/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

31.01.2020 WUP 01/20

(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

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania drutów o obniżonej zawartości tlenu (tj. z gatunku OFC) z odpadów pokablowych beztlenowych i tlenowych z pominięciem rafinacji ogniowej. Sposób według wynalazku obejmuje spójną technologię ciągłego odlewania drutów, umożliwiającą przetworzenie granulatów pochodzących głównie z odpadów pokablowych oraz innych wyrobów dedykowanych na cele elektryczne.

Proces odlewania ciągłego znajduje coraz szersze zastosowanie wśród technologii produkcyjnych różnego rodzaju wyrobów o strukturze odlewniczej. Produkcja prętów oraz drutów, która odbywa się w sposób ciągły, zwłaszcza w systemie odlewania do góry, jest również znaną technologią w branży metali nieżelaznych.

Analiza światowych publikacji, zarówno w zakresie literatury patentowej, jak i niepatentowej, wskazuje na szereg prac prowadzonych przez jednostki związane z branżą przemysłu oraz dziedziną badań naukowych nad opracowaniem nowych rozwiązań związanych z technologią ciągłego odlewania.

Dotychczas stosowane sposoby zakładają produkcję miedzianych prętów oraz drutów z materiałów wsadowych w postaci katod. Przykładowo z patentu brytyjskiego o numerze GB 2516371 znany jest proces obejmujący topienie materiału wsadowego w postaci katod miedzianych z przewidzianą dodatkową porcją składników stopowych, takich jak Zr, Mg, Sn, podawaną w części topliwej pieca grafitowego. Dwukomorowy piec wchodzący w skład tej technologii posiada dwie odrębne przestrzenie dla każdego z zachodzących w nich procesów. Pierwsza z nich obejmuje topienie materiału wsadowego, tzw. część topliwa, a druga – w której następuje inicjowanie krystalizacji w matrycach wyposażonych w system chłodzenia pierwotnego – to część odlewnicza. Najistotniejszą cechą tego procesu jest maksymalne odseparowanie składników ciekłej kąpieli, zwłaszcza na etapie topienia, od atmosfery tlenowej, w celu uniknięcia oksydacji. Stąd też pojawia się konieczność zastosowania grafitu jako materiału na tygłe, krystalizatory oraz do osłony powierzchni ciekłego metalu, w postaci zasypek.

Inny przykład technologii produkcji drutu znany jest ze zgłoszenia patentowego WO2014001848, które ujawnia sposób produkcji prętów w systemie ciągłego odlewania stopów miedzi z dodatkami stopowymi w postaci Cr, Zr, Cr lub Zr.

Brakiem przedstawionych rozwiązań jest brak spójnej technologii wytwarzania wyrobów sposobem ciągłego topienia i odlewania z materiałów w postaci granulatów. Funkcjonujące obecnie na świecie procesy produkcyjne Rautomead czy Upcast rozpoczynają swój proces od topienia wsadu w postaci katod miedzianych. Nie istnieją natomiast rozwiązania z dziedziny recyklingu miedzianych odpadów pokablowych, spajających operacje, których wsadem jest złom kablony nie wymagający rafinacji ogniowej.

Głównym celem wynalazku jest opracowanie nowej, spójnej metody wytwarzania drutów sposobem ciągłego odlewania, do którego wsadem jest materiał w postaci granulatu. W wyniku przeprowadzonych prac opracowany został sposób otrzymywania drutów o obniżonej zawartości tlenu (tj. z gat. OFC) metodą ciągłego odlewania z granulatów pochodzących z odpadów kablony beztlenowych i tlenowych oraz innych wyrobów wykorzystywanych wcześniej na cele elektryczne.

Zmiana formy materiału podlegającego przetwarzaniu narzuca dodatkowe warunki kształtujące technologię, takie jak konieczność zastosowania dodatkowych operacji przygotowujących wsad do procesu topienia, zastosowanie dodatkowych elementów sprzyjających zachowaniu atmosfery redukującej tlen jeszcze ponad strefą topliwną pieca topliwno-odlewniczego z uwagi na charakter materiału wsadowego, a także zastosowanie rozwiązań umożliwiających eliminowanie problemów występujących w procesie wtapiania granulatu do ciekłej kąpieli. Przewidziane w znanych procesach technologicznych metody otrzymywania drutów w systemie odlewania ciągłego zakładają wsad w postaci czystego materiału (wyłącznie wsad w postaci katod). Nie istnieje na świecie technologia spajająca w jedną całość problematykę związaną z przetwarzaniem wsadu w postaci granulatów, zwłaszcza granulatów pokablowych metali nieżelaznych. Wymagania jakie stawia materiał wsadowy o frakcji w zakresie poniżej 25 mm, a zwłaszcza gradacji od 0,1 do 2,0 mm, na różnych etapach procesu produkcyjnego stanowi o potrzebie poszukiwania nowych rozwiązań technicznych.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania drutów o obniżonej zawartości tlenu (tj. z gat. OFC) metodą ciągłego odlewania z odpadów pokablowych beztlenowych i tlenowych nie wymagających rafinacji ogniowej. Opracowany w wyniku prowadzonych szeregu prac badawczych sposób wytwarzania drutów metodą ciągłego pionowego odlewania do góry pozwala na ciągłą produkcję drutów miedzianych ze wsadu w postaci granulatu Cu pochodzącego z odpadów kablowych.

Istotą wynalazku jest sposób wytwarzania drutów o obniżonej zawartości tlenu metodą ciągłego odlewania, gdzie materiał wsadowy w postaci granulatu umieszczany jest w ustnikach grafitowych znajdujących się w komorze załadowniczej tygla i wytrzymywany jest w przestrzeni ustników grafitowych przez czas mniejszy bądź równy 180 s, po czym za pomocą popychaczy wprowadzany jest pod lustro ciekłego metalu, a następnie tak przygotowany materiał pod wpływem ciśnienia panującego w piecu przemieszcza się z komory topielnej do komory odlewniczej, w której przez warstwę filtracyjną kieruje się do krystalizatorów, z których następuje odlewanie drutów, przy czym ilość dosypywanego jednorazowo materiału wsadowego wynosi maksymalnie 2% pojemności pieca.

Korzystnie przed umieszczeniem materiału wsadowego w ustnikach grafitowych jest on zasypywany ze zbiornika buforowego do przynajmniej jednego wózka podającego, a następnie transportowany na miejsce zsypu.

Korzystnie materiał wsadowy stanowi granulak drobny o gradacji od 0,1 mm do 2 mm i granulak gruby o gradacji od 2 mm do 25 mm w proporcji 3:1.

Korzystnie wprowadzanie wsadu pod powierzchnię ciekłego metalu za pomocą popychaczy następuje w co najmniej sześciu cyklach dół-góra realizowanych na przemian przez co najmniej dwie pary popychaczy.

Korzystnie podczas topienia do przestrzeni pieca ponad lustrem ciekłego metalu doprowadzany jest azot w objętości od 1 do 3 m³/h.

Korzystnie czas przebywania końcówki grafitowej każdego przepychacza w ciekłym metalu wynosi maksymalnie 4 s.

Korzystnie ciekły metal, do którego wprowadzany jest wsad w postaci granulatu, zawiera jako główny składnik miedź, a temperatura tego ciekłego metalu wynosi od 1230°C do 1250°C.

Korzystnie temperatura pieca w przypadku topienia ciekłej miedzi wynosi od 1330°C do 1360°C.

Korzystnie druty odlewane są z prędkością od 3 m/min do 4 m/min.

Korzystnie krystalizatory chłodzone są wodą, a przepływ wody przez krystalizator wynosi od 55 do 65 l/min.

Sposób według wynalazku jest metodą ciągłego pionowego odlewania do góry umożliwiającą w sposób ciągły produkcję drutów miedzianych w szerokim zakresie średnic ze wsadu w postaci granulatu Cu pochodzącego z odpadów kablowych i innych. Z uwagi na konstrukcję tygla, urządzenie można podzielić na część topielną, gdzie następuje zasyp granulatu i jego stopienie oraz odlewniczą, gdzie za pomocą układu krystalizatorów chłodzonych wodą oraz mechanizmu krokowego wyciągane są pionowo do góry skryształizowane druty, które następnie zwijane są w kręgi.

Sposób otrzymywania drutów o obniżonej zawartości tlenu w procesie ciągłego jej odlewania zależy od „cyklu załadowniczego”, którego parametry determinowane są przede wszystkim nastawioną wydajnością odlewania. Na cykl produkcyjny składają się następujące po sobie operacje:

- a) segregacja i separacja materiałów granulatu miedzianego od zanieczyszczeń metalicznych i niemetalicznych,
- b) cykliczne napełnianie urządzenia zdawczego granulatem,
- c) zasyp granulatu do komory pieca realizowany zwłaszcza przez zsuwnię,
- d) wytrzymanie zasypanego granulatu w atmosferze gazu obojętnego w komorze topielnej pieca,
- e) wprowadzenie granulatu pod powierzchnię ciekłej miedzi, zwłaszcza po inicjalizacji pracy siłowników zaopatrzonych w popychacze zbudowane ze stalowych trzpieni zakończonych grafitowymi lub ceramicznymi wkręcanyimi końcówkami,
- f) przepływ załadowanej porcji granulatu do komory odlewniczej, w której metal przechodzi przez warstwę filtracyjną, a następnie jest odlewany do góry przez krystalizatory, w których następuje początek krystalizacji.

Proces produkcyjny, zarówno od strony topielnej jak i od strony odlewniczej jest w pełni zautomatyzowany, stąd kluczowa jest jego pełna synchronizacja w celu utrzymania ciągłości produkcji oraz wydajności na założonym poziomie oraz zagwarantowania dobrej jakości materiału. Ten ostatni aspekt związany jest nie tylko z parametrami pracy linii, lecz zależy również od szeregu

innych czynników, takich jak np. jakość, rodzaj czy frakcja wsadu, jakość materiału tygla i narzędzi stosowanych do krystalizacji. Parametry prowadzenia procesu odlewania i całej pracy linii wynikają z możliwości oraz ograniczeń związanych z procesem wtapienia granulatu i utrzymywania stabilnego, stałego poziomu ciekłego metalu w tyglu oraz od warunków krystalizacji. Proces załadunku granulatu oparty jest o cykl załadowczy, którego parametry determinowane są przede wszystkim nastawioną wydajnością odlewania.

Poziom ciekłej miedzi w tyglu ciągle się zmienia w pewnym ustalonym przedziale (ustniki powinny być zanurzone na głębokość ok. 100 mm \pm 50 mm w ciekłej kąpieli). Związane jest to z załadunkiem nowych porcji granulatu i wtapieniem ich, działaniem popychaczy oraz ciągłym wyciąganiem odlewanych prętów. Przekłada się to również na cykl procesu topienia i odlewania, który jest ściśle skorelowany z załadunkiem i zasypem nowych porcji granulatu. Sygnał do uruchomienia procedury podawania nowej porcji granulatu regulowany jest przez czujniki, które na bieżąco kontrolują poziom lustra ciekłej miedzi w tyglu.

Na podstawie obserwacji parametrów procesu oraz korygowania ich nastaw przyjęto, że przy pełnym wykorzystaniu układu krystalizacji, czyli sześciu jednocześnie odlewanych prętach z prędkością 4 m/min, pełen cykl procesowy zawierający załadunek granulatu, jego topienie i wtopienie, przy zachowaniu bezpiecznego zakresu poziomu ciekłej miedzi w tyglu, powinien wynosić ok. 3 minut. Długość pojedynczego cyklu może się zmieniać i uzależniona jest głównie od wydajności odlewania, która może być z kolei zależna od dopuszczalnej temperatury w układzie krystalizatora, tj. temperatury wody chłodzącej oraz temperatury odlanych prętów. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wiadomo, że dla pełnej wydajności odlewania (dla pieca o pojemności 2 ton i odlaniu jednocześnie sześciu nitek o średnicy 8 mm z prędkością 4 m/min) w ciągu minuty z tygla wyciągane jest ok. 10,7 kg miedzi. Oznacza to, że w ciągu jednego cyklu procesowego z tygla ubywa nieco ponad 30 kg Cu. Dlatego co 3 min do tygla zaleca się zasypywanie takiej samej porcji granulatu. Z uwagi na to, że układ zasypowy wyposażony jest w dwa ustniki, do każdego z nich co 3 min powinno – wsypywać się ok. 15 kg granulatu. Na podstawie wiedzy praktycznej inżynierów produkcji oraz obsługi technicznej pieca wiadomo, że pomiędzy wprowadzeniem porcji granulatu do ustnika, a jego wprowadzeniem przez przepychacze pod lustro ciekłej miedzi musi upłynąć określony czas wynoszący ok. 1,5–2 min. Ten czas jest niezbędny do tego aby granulat zaczął się zbrylać i nadtapiać, co wydatnie pomaga wprowadzić taką porcję do ciekłej miedzi. Jeżeli ten czas byłby krótszy, wówczas granulat posiadałby jeszcze postać sypką, a ponadto wsad nalepiałby się na końcówki grafitowe przepychaczy.

Dla tej konstrukcji układu zasypowego zwiększanie jednostkowej porcji granulatu na dany ustnik, np. powyżej 20 kg, skrócenie czasu pomiędzy zasypywaniem może doprowadzić do „zamrożenia” warstwy przypowierzchniowej i w efekcie zaczopowania otworu zasypowego (ustnika), co uniemożliwiłoby dalszą realizację procesu topienia i odlewania.

Czas trwania cyklu załadowczego jest narzucony przez prędkość odlewania oraz ilość odlewanych drutów, a także ilość zasypywanego jednostkowo granulatu, przy czym ilość ta musi być wystarczająca do utrzymania stałego poziomu ciekłego metalu.

P r z y k ł a d 1. Materiał wsadowy do procesu uzyskiwania drutów o obniżonej zawartości tlenu stanowi odpad pokablowy kierowany w pierwszej kolejności do urządzeń segregacyjnych oraz separacyjnych. Granulat uzyskany w operacjach przygotowujących zawiera frakcję grubą w ilości 75% wsadu oraz frakcję drobną w ilości 25% wsadu. Zasyp materiału następuje ze zbiornika buforowego do pojemników wózka podającego. Wózki podające transportują określoną ilość materiału na miejsce zasypu, tj. zsuwnie kierujące wsad do dwóch ustników grafitowych umieszczonych jeden obok drugiego w komorze załadowczej tygla. Piec zawiera wcześniej stopioną ilość 1970 kg wsadu, do której wprowadzono dwie naważki po 15 kg każda. Przestrzeń pieca (dwukomorowy z tygłem grafitowym) wypełniona jest ok. 2 tonami ciekłego metalu, która jest sukcesywnie uzupełniana o nową porcję granulatu w miarę jak ubywa materiału w wyniku jego odlewania. Granulat w ustnikach w komorze załadowczej tygla wytrzymywany jest przez okres 180 s. Po upływie 180 s następuje inicjalizacja sekwencji pracy popychaczy w systemie naprzemiennym w sześciu cyklach, przy czym czas przebywania końcówki grafitowej każdego przepychacza w ciekłej miedzi nie przekracza 4 s. Sześciokrotny cykl ruchu popychaczy jest niezbędny do całkowitego wtopienia porcji granulatu. Proces odlewania prowadzony jest przy pełnej wydajności (tj. odlewanych jednocześnie sześciu nitek o średnicy 8 mm z prędkością 4 m/min). Czas cyklu produkcyjnego od momentu załadowania porcji granulatu w piecu, do odlania tej samej porcji granulatu wyniósł ok. 3 min. W poniższych

tabelach przedstawione zostały ustalone parametry pracy podajnika (Tabela 1) oraz sekwencja pracy popychaczy (Tabela 2). W wyniku przeprowadzonego procesu uzyskano druty o czystości chemicznej, gdzie zawartość tlenu nie przekraczała 3,4 ppm (Tabela 3).

T a b e l a 1. Ustalony parametry pracy podajnika do zasypu granulatu przy wydajności odlewania 10,7 kg/min

Parametr cyklu załadownego	Wartość
Nastawy naważki tac zasypowych	2 x 15 kg
Czas załadunku tac	7 sek
Czas wychylania tac	7 sek
Czas wytrzymania granulatu w ustnikach	180 sek

T a b e l a 2. Sekwencja pracy przepychaczy 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

T a b e l a 3. Skład chemiczny drutów Cu o obniżonej zawartości tlenu

Ag	As	Bi	Pb	Se	Sb	Te	Sn	Zn	Fe	Ni	S	O ₂	Cu
ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	%
8	<0,3	<0,3	2	<0,3	<1	<0,4	<0,5	1,8	10,2	1,3	10	3,4	rem

P r z y k ł a d 2. Materiał wsadowy do procesu uzyskiwania drutów o obniżonej zawartości tlenu stanowi odpad pokablowy kierowany w pierwszej kolejności do urządzeń segregacyjnych oraz separacyjnych. Granulat uzyskany w operacjach przygotowujących zawiera materiał w postaci pobiątu (Cu-Sn) o frakcji grubej w ilości 75% wsadu oraz frakcję drobną w ilości 25% wsadu. Zasyp materiału następuje ze zbiornika buforowego do pojemników wózka podającego. Wózki podające transportują określoną ilość materiału na miejsce zasypu tj. zsuwnie kierujące wsad do dwóch ustników grafitowych umieszczonych jeden obok drugiego w komorze załadownej tygla. Piec zawiera wcześniej stopioną ilość 1980 kg wsadu, do której wprowadzono dwie naważki po 10 kg każda. Przestrzeń pieca (dwukomorowy z tygłem grafitowym) wypełniona jest ok. 2 tonami ciekłego metalu, która jest sukcesywnie uzupełniana o nową porcję granulatu w miarę jak ubywa materiału w wyniku jego odlewania. Granulat w ustnikach w komorze załadownej tygla wytrzymywany jest przez okres 120 s. Po upływie 120 s następuje inicjalizacja sekwencji pracy popychaczy w systemie naprzemiennym w sześciu cyklach, przy czym czas przebywania końcówki grafitowej każdego przepychacza w ciekłej miedzi nie przekracza 4 s. Sześciokrotny cykl ruchu popychaczy jest niezbędny do całkowitego wtopienia porcji granulatu. Proces odlewania prowadzony jest przy pełnej wydajności sześciu nitek przy prędkości odlewania 3 m/min). W poniższych tabelach przedstawione zostały ustalone parametry pracy podajnika (Tabela 4) oraz sekwencja pracy popychaczy (Tabela 5). W wyniku przeprowadzonego procesu uzyskano druty o czystości chemicznej, gdzie zawartość tlenu nie przekraczała 3,1 ppm (Tabela 6).

T a b e l a 4. Ustalony parametry pracy podajnika do zasypu granulatu przy wydajności odlewania 10,7 kg/min

Parametr cyklu załadowniczego	Wartość
Nastawy naważki tac zasypowych	2 x 10 kg
Czas załadunku tac	7 sek
Czas wychylania tac	7 sek
Czas wytrzymania granulatu w ustnikach	120 sek

T a b e l a 5. Sekwencja pracy przepychaczy

Faza cyklu	Praca siłownika 1	Praca siłownika 2	Czas góra, sek	Czas dół, sek
1	4 x dół - góra	-	2	1,8
2	-	4 x dół - góra	2	1,8
3	2 x dół - góra	-	2	1,8
4	-	2 x dół - góra	2	1,8

T a b e l a 6. Skład chemiczny drutów Cu o obniżonej zawartości tlenu

Ag	As	Bi	Pb	Se	Sb	Te	Sn	Zn	Fe	Ni	S	O ₂	Cu
ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	%
8	<0,3	<0,3	2	<0,3	<1	<0,4	<0,5	1,8	10,2	1,3	10	3,1	rem

P r z y k ł a d 3. Materiał wsadowy do procesu uzyskiwania drutów o obniżonej zawartości tlenu stanowi odpad pokablowy i przewodowy kierowany w pierwszej kolejności do urządzeń segregacyjnych oraz separacyjnych. Granulat uzyskany w operacjach przygotowujących zawiera frakcję o gradacji 8 mm w ilości 75% wsadu oraz frakcję – o gradacji 25 mm w ilości 25% wsadu. Zasyp materiału następuje ze zbiornika buforowego do pojemników wózka podającego. Wózki podające transportują określoną ilość materiału na miejsce zasypu tj. zsuwnie kierujące wsad do dwóch ustników grafitowych umieszczonych jeden obok drugiego w komorze załadownczej tygla. Piec zawiera wcześniej stopioną ilość 1980 kg wsadu, do której wprowadzono dwie naważki po 12,5 kg każda. Przestrzeń pieca (dwukomorowy z tygłem grafitowym) wypełniona jest ok. 2 tonami ciekłego metalu, która jest sukcesywnie uzupełniana o nową porcję granulatu w miarę jak upływa materiał w wyniku jego odlewania. Granulat w ustnikach w komorze załadownczej tygla wytrzymywany jest przez okres 130 s. Po upływie 130 s następuje inicjalizacja sekwencji pracy popychaczy w systemie naprzemiennym w sześciu cyklach, przy czym czas przebywania końcówki grafitowej każdego przepychacza w ciekłej miedzi równy jest 2 s. Sześciokrotny cykl ruchu popychaczy jest niezbędny do całkowitego wtopienia porcji granulatu. Proces odlewania prowadzony jest z prędkością 3,5 m/min (tj. odlewanych jednocześnie sześciu nitek o średnicy 8 mm). W poniższych tabelach przedstawione zostały ustalone parametry pracy podajnika (Tabela 7) oraz sekwencja pracy popychaczy (Tabela 8). W wyniku przeprowadzonego procesu uzyskano druty o czystości chemicznej, gdzie zawartość tlenu nie przekraczała 3,5 ppm (Tabela 9).

T a b e l a 7. Ustalony parametry pracy podajnika do zasypu granulatu

Parametr cyklu załadowniczego	Wartość
Nastawy naważki tac zasypowych	2 x 12,5 kg
Czas załadunku tac	7 sek
Czas wychylania tac	7 sek
Czas wytrzymania granulatu w ustnikach	130 sek

T a b e l a 8. Sekwencja pracy przepychaczy

Faza cyklu	Praca siłownika 1	Praca siłownika 2	Czas góra, sek	Czas dół, sek
1	4 x dół - góra	-	1,8	2
2	-	4 x dół – góra	1,8	2
3	2 x dół - góra	-	1,8	2
4	-	2 x dół – góra	1,8	2

T a b e l a 9. Skład chemiczny drutów Cu o obniżonej zawartości tlenu

Ag	As	Bi	Pb	Se	Sb	Te	Sn	Zn	Fe	Ni	S	O ₂	Cu
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%
8	<0,3	<0,3	2	<0,3	<1	<0,4	<0,5	1,8	10,2	1,3	10	3,5	Rem

Czas trwania opisanego wyżej cyklu załadowczego jest narzucony przez prędkość odlewania oraz ilość odlewanych drutów, a także od ilości zasypywanego jednostkowo granulatu, przy czym ilość ta musi być wystarczająca do utrzymania stałego poziomu ciekłego metalu. W przypadku odlewanych jednocześnie 6 drutów o średnicy 8 mm z prędkością 4 m/min wydajność w przeliczeniu ma masę produkowanego wyrobu wynosi ok. 10,7 kg/min. Dla układu podajnika oznacza to, że uśredniona na minutę wartość zasypu granulatu nie może być niższa, gdyż w przeciwnym wypadku dojdzie do stopniowego obniżenia poziomu lustra ciekłego metalu w tyglu i ostatecznie przerwania ciągłości odlewanej materiału. Pełen cykl zasypu wynosi niecałe 3 minuty, w czasie których do pieca zostaje podane ok. 30 kg granulatu. Spadek poziomu ciekłego metalu w czasie jednego cyklu załadunku granulatu nie powoduje utraty ciągłości strugi odlewanej metalu.

W wyniku prowadzonych prób odlewania przetestowano różne warianty prędkościowe poszczególnych faz cyklu. Stwierdzono, że maksymalna ilość zasypywanego do jednego ustnika granulatu nie może być większa niż 20 kg. W przypadku tej ilości odbiór ciepła z powierzchni metalu jest tak duży, że w zadanych warunkach odlewania dochodzi do "zamrożenia" powierzchni metalu i w konsekwencji zaczerwienienia otworu ustnika. Kolejnym istotnym elementem jest czas wytrzymania zasypanego w ustnikach. Czas ten musi być na tyle długi, aby nastąpiło zespolenie ze sobą granul miedzi i wytworzenie trwałej skorupy. Dopiero w tym momencie możliwa jest inicjalizacja pracy siłowników mających za zadania wepchnąć wsad pod lustro ciekłego metalu. W przeciwnym razie, grafitowa końcówka przepychacza wchodzi między luźne cząstki wsadu i zostaje nimi oblepiona. W konsekwencji, w założonym czasie nie dochodzi do wtopienia wymaganej ilości granulatu. Stwierdzono doświadczalnie, że minimalny czas potrzebny do wytrzymania ponad 10 kg porcji granulatu wynosi 120 sekund. W przypadku mniejszych naważek, czas można skrócić do 90 sekund, lecz w praktyce nie jest to stosowane, gdyż docelowe prędkości produkcyjne wymagają podawanie większych ilości granulatu. Istotnym elementem z punktu widzenia płynności prowadzenia procesu wtopiania jest cykl pracy przepychaczy. Zauważono, że jeden pojedynczy ruch przepychacza w kierunku lustra ciekłego metalu nie jest wystarczający do zanurzenia zasypanego granulatu. Zbyt długie zetknięcie grafitowej końcówki przepychacza z granulem prowadzi natychmiast do oblepienia grafitu miedzią. Dzieje się to w wyniku przechłodzenia na wpół ciekłego wsadu na powierzchni przepychacza i jego krystalizację, stąd też czasy przesuwu dół-góra zostały zredukowane do niecałych dwóch sekund.

W wyniku prowadzonych doświadczeń ustalono, że konieczne jest zastosowanie kilku cykli dół-góra realizowanych na przemian przez oba siłowniki. Próby jednoczesnej pracy obu przepychaczy nie przyniosły pozytywnych rezultatów z uwagi na zbyt duże napięcie powierzchniowe panujące na powierzchni cieczy. W wyniku zanurzania porcji granulatu w jednym z ustników powstaje ciśnienie wypychające metal do góry w drugim ustniku. Opór w tym miejscu jest tak duży, że przepchnięcie kilkunastu kilogramów granulatu pod powierzchnię cieczy staje się niemożliwe. Ustalono również, że po pierwszych 4 cyklach pracy siłowników wskazane jest ponowienie operacji po 2 cykle na siłownik w celu ostatecznego wepchnięcia pozostałych, unoszących się na powierzchni ciekłego metalu brył miedzi.

W przeciwnym przypadku utrzymujące się na powierzchni nieroztopione cząstki metalu utrudniłyby wtapianie kolejnej porcji granulatu zasypanej w następnym cyklu.

Proces topienia prowadzony jest w atmosferze gazu obojętnego – azotu podawanego w objętości 3 m³/h.

Kluczowym parametrem z punktu widzenia procesu jest temperatura ciekłego metalu mierzona termoparą zanurzoną po stronie odlewniczej tygla. Temperatura ta z jednej strony determinuje podatność wsadu do wtapiania, z drugiej warunki krystalizacji w ciągadle grafitowym. Optymalne warunki pracy linii przy wydajności ok. 10,7 kg/min panują w zakresie temperatur ciekłego metalu między 1230°C a 1250°C. Utrzymanie przez cały czas temperatury w węższym zakresie jest trudne z uwagi na relatywnie spore jednorazowe załadunki granulatu i związane z nimi wahania poziomu lustra ciekłego metalu.

Przy zadanej temperaturze ciekłego metalu pozostałe mierzone parametry procesu są następujące:

- a) temperatura pieca (mierzona termoparą wprowadzoną po stronie topielnej): zakres 1330°C–1360°C. Zakres temperatury pieca jest szerszy z uwagi na większą czułość tego parametru na warunki otoczenia;
- b) temperatura wody na wyjściu z krystalizatorów: 36°C (+/- 1°C);
- c) przepływ wody przez krystalizator: 60 l/min (+/- 5 l/min) – zależny od temperatury wody wchodzącej do układu, temperatury ciekłego metalu, prędkości odlewania).

Powyższe dwa parametry w połączeniu z temperaturą ciekłego metalu oraz prędkością odlewania determinują warunki krystalizacji w ciągadłach grafitowych. Temperatura wody na wejściu do układu o wartości 30° (+/-1°C) gwarantuje poprawne prowadzenie procesu i utrzymanie przy zadanych przepływie właściwych temperatur na wyjściu z krystalizatorów, utrzymując tym samym front krystalizacji na pożądanym poziomie.

Parametry elektryczne pracy urządzenia: napięcie pierwotne i wtórne na transformatorze (odpowiednio ok. 410 V i 260 V), prądy na uzwojeniu pierwotnym (między 550 A a 650 A) oraz moc pobierana (ok. 260 kVA) zależą od ustawionych parametrów temperaturowych oraz prędkościowych, temperatury otoczenia oraz kondycji elementów grzejnych pieca.

Istotnym czynnikiem wpływającym na jakość odlewanych drutu jest prędkość odlewania. Optymalne prędkości dla właściwego krzepnięcia ciekłego metalu w ciągadle obejmują zakres między 3 m/min a 4 m/min.

Istotnym czynnikiem warunkującym prawidłowe prowadzenie procesu są wykorzystywane narzędzia. Patrząc od strony odlewniczej będą to ustniki oraz popychacze, zaś od strony odlewniczej – ciągadła.

Ustniki grafitowe odgrywają bardzo istotną rolę w procesie odlewania granulatu. Ich nadrzędnym zadaniem jest wyłapywanie tlenu wprowadzanego wraz ze wsadem do komory odlewania dzięki czemu zapewniona zostaje ochrona tygla grafitowego przed wypaleniem. Jest to również pierwszy punkt usuwania tlenu z odlewanych materiału.

Ustnik składa się z grafitowych płyt przymocowanych do stalowej ramy. Wymiary ustnika umożliwiają jego wprowadzenie do otworu załadocznego i osadzenie na jego krawędziach. Wysokość płyt grafitowych jest tak dobrana, aby ich dolna część zawsze znajdowała się pod lustrem roztopionego metalu. Pierwsze doświadczenia prowadzone nad odlewaniem granulatu miedziowego przeprowadzone na linii odlewniczej Rautomead doprowadziły do powstania koncepcji zasypu granulatu do dwóch ustników umieszczonych jeden obok drugiego w otworze załadocznym. Dzięki temu zabiegowi ograniczono powierzchnię zasypu eliminując efekt "rozpływania" się granulatu po dużej powierzchni optymalizując tym samym pracę popychaczy. Bezpośrednio po umieszczeniu w otworze załadocznym każdy z ustników jest ściśle obsypywany dokoła granulem grafitowym w celu ochrony przed wypaleniem z zewnątrz. Wnętrze ustnika natomiast zawiera jedynie niewielką, cienką warstwę grafitu (do 1 cm) aby wyłapywać resztki tlenu znajdujące się w atmosferze. Stwierdzono, że zbyt gruba warstwa cząstek grafitu unoszących się na powierzchni ciekłego metalu uniemożliwia wprowadzenie wsadu do cieczy.

Grafitowe końcówki popychaczy stanowią zabezpieczenie przed przedostaniem się niepożądanych zanieczyszczeń ze stali do roztopionej miedzi. Ich głównym zadaniem jest wprowadzenie na wpół zestalonego, nadtopionego konglomeratu granul miedzianych pod powierzchnię ciekłego metalu. Na każdy ustnik przypada para popychaczy, dzięki czemu uzyskuje się odpowiednią powierzchnię i rozkład nacisku umożliwiający skuteczne wepchnięcie wsadu pod lustro cieczy. Montaż końcówki odbywa się metodą mocowania na wkręcanie. W tym celu została odpowiednio dostosowana końcówka pręta stalowego, a górna część końcówki popychacza otrzymała gwint.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania drutów o obniżonej zawartości tlenu metodą ciągłego odlewania, **znamienny tym**, że materiał wsadowy w postaci granulatu umieszczany jest w ustnikach grafitowych znajdujących się w komorze załadowniczej tygla i wytrzymywany w przestrzeni ustników grafitowych przez czas mniejszy bądź równy 180 s, po czym za pomocą popychaczy wprowadzany jest pod lustro ciekłego metalu, a następnie tak przygotowany materiał pod wpływem ciśnienia panującego w piecu przemieszcza się z komory topielnej do komory odlewniczej, w której przez warstwę filtracyjną kieruje się do krystalizatorów, z których następuje odlewanie drutów, przy czym ilość dosypywanego jednorazowo materiału wsadowego wynosi maksymalnie 2% pojemności pieca.
2. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przed umieszczeniem materiału wsadowego w ustnikach grafitowych jest on zasypywany ze zbiornika buforowego do przynajmniej jednego wózka podającego, a następnie transportowany na miejsce zsyphu.
3. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiał wsadowy stanowi granulaty drobny o gradacji od 0,1 mm do 2 mm i granulaty gruby o gradacji od 2 mm do 25 mm w proporcji 3:1.
4. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wprowadzanie wsadu pod powierzchnię ciekłego metalu za pomocą popychaczy następuje w co najmniej sześciu cyklach dół-góra realizowanych na przemian przez co najmniej dwie pary popychaczy.
5. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podczas topienia do przestrzeni pieca ponad lustrem ciekłego metalu doprowadzany jest azot w objętości od 1 do 3 m³/h.
6. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że czas przebywania końcówki grafitowej każdego przepychacza w ciekłym metalu wynosi maksymalnie 4 s.
7. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ciekły metal, do którego wprowadzany jest wsad w postaci granulatu, zawiera jako główny składnik miedź oraz tym, że temperatura tego ciekłego metalu wynosi od 1230°C do 1250°C.
8. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 8, **znamienny tym**, że temperatura pieca w przypadku topienia ciekłej miedzi wynosi od 1330°C do 1360°C.
9. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że druty odlewane są z prędkością od 3 m/min do 4 m/min.
10. Sposób wytwarzania drutów według zastrz. 1, **znamienny tym**, że krystalizatory chłodzone wodą, a przepływ wody przez krystalizator wynosi od 55 do 65 l/min.