

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **238826**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427836**

(51) Int.Cl.
F27B 3/19 (2006.01)
F27D 3/15 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **21.11.2018**

(54) **Kształtka wylewowa dla metalurgicznego pieca łukowego o układzie spustu EBT
oraz sposób zabudowy tej kształtki**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
01.06.2020 BUP 12/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
11.10.2021 WUP 28/21

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MIROSŁAW KARBOWNICZEK, Kraków, PL
JAN LEDZION, Warszawa, PL
JAN GWÓŹDŹ, Jastkowice, PL**

PL 238826 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kształtka wylewowa dla metalurgicznego pieca łukowego o układzie spustu EBT i sposób zabudowania jej w piecu łukowym. Wynalazek ma zastosowanie podczas wytapiania stali lub staliwa z wsadu złomowego w piecu elektrycznym o budowie oznaczonej skrótowo EBT (eccentric bottom tapping), który wyróżnia się kanałem wylewowym dla metalu, usytuowanym przy bocznej ścianie trzonu pieca, w strefie nazywanej balkonową.

W łukowych piecach metalurgicznych ciepło powstające podczas wyładowania łuku elektrycznego między elektrodami lub elektrodami i metalowym wsadem wykorzystywane jest do roztopienia, obróbki w celu uzyskania wymaganego składu chemicznego i czystości metalurgicznej oraz podgrzania płynnego metalu do temperatur odlewania rzędu 1550 do 1850°C. W końcowym etapie procesu dokonywane jest przechylenie kołyski kotła pieca po łożu fundamentu celem spustu ciekłego metalu przez kanał wylewowy kształtki do innego naczynia metalurgicznego, najczęściej kadzi. W wannie przechylnego pieca łukowego typu EBT, na końcu każdego cyklicznego spustu pozostawia się z reguły do 10% ilości uzyskanego metalu, aby uniknąć zanieczyszczenia stali żużłem zaciągającym przez powstający w czasie spustu wir nad kształtką wylewową. Przechylenie korpusu pieca przy spuszczeniu metalu, od położenia fazy topienia do nachylenia korpusu w końcowej fazie spustu musi być prowadzone z jednostajnie niewielką prędkością, nie powodującą falowania kąpieli. Kształtka wylewowa jest szybkozużywającym się elementem pieca, w którym powierzchnia kanału wylewowego poddawana jest podczas spustu korozyjno-erozyjnym działaniom termicznym, hydrodynamicznym i lepkościowym strumienia płynącego metalu – co narzuca konieczność częstej wymiany kształtki. Działania innowacyjne – oprócz ukierunkowanych na opracowania nowych materiałów, bardziej odpornych na ekstremalnie trudne warunki pracy – obejmować powinny również rozwiązania konstrukcyjne wpływające na zwiększenie jej trwałości.

Znanych jest wiele rozwiązań kształtek wylewowych, które najczęściej mają postać prostopadłościennego lub cylindrycznego bloku wykonanego z ceramicznego materiału ogniotrwałego, wbudowanego trwale lub wymiennie w wykładzinę trzonu, w strefie balkonowej pieca łukowego. Wzdłuż dłuższego boku kształtki wykonany jest przelotowy kanał wylewowy o przekroju kołowym i jednakowej na wysokości średnicy. Taka konstrukcja powoduje, że przepływ ciekłego metalu przez kształtkę odbywa się z oporami reologicznymi na granicy strugi i ścianek kształtki, a skutkiem jest wzrost turbulencji oraz zwiększone zużycie wewnętrznej powierzchni kanału wylewowego kształtki, powodujące również silne zaburzenie strugi na całym przekroju grawitacyjnie wypływającego strumienia stali. Zużycie kształtki często ma charakter nierównomierny, co dodatkowo zwiększa turbulencje przepływu, przedłuża czas wylewania metalu z pieca i zmniejsza zwartość strugi ze skutkiem zwiększenia natlenienia metalu. Przedłużony czas spustu przekłada się na spadek wydajności produkcji.

Znane jest rozwiązanie przedstawione w opisie zgłoszenia wynalazku US2018195141 (EP3320285A1), które dotyczy konstrukcji strefy balkonowej łukowego pieca metalurgicznego z kształtką wylewową zabudowaną w wykładzinie dna przy ścianie bocznej, przeciwległej do ściany z oknem obsługowym. Rozwiązanie to ma na celu ograniczenie erozji kanału spustowego kształtki wylewowej poprzez zmniejszenie podczas spustu hydrodynamicznego oddziaływania strugi metalu na powierzchnię kanału wylewowego kształtki. Wynalazek przybliżony jest w dwóch przykładowych wykonaniach, z których pierwsze, zobrazowane na Fig. 1A, Fig. 2A i 2B rysunku, polega na wbudowaniu w wykładzinę trzonu pieca kształtki o cylindrycznym otworze wylewowym jednakowej średnicy, w usytuowaniu osi kształtki pochylonej względem pionu na zewnątrz – patrząc z kierunku od osi przechylenia korpusu kotła – pod kątem równym kątowi nachylenia korpusu kotła pieca w końcowej fazie spustu. W efekcie, w pozycji nachylenia korpusu pieca w końcowej fazie spustu, oś kanału wylewowego przyjmuje pozycję pionową, przy której erozja powierzchni wewnętrznej kształtki jest najmniejsza. Natomiast w pozycjach pośrednich, spokojnego przechylenia kotła do końcowej pozycji spustu – występuje zwiększone oddziaływanie erozyjne parcia strugi metalu na powierzchnię wewnętrzną kształtki. Drugie rozwiązanie według tego wynalazku, przybliżone wykonaniem według Fig. 3A i 3B, polega na zastosowaniu kształtki obrotowej, mającej oś kanału spustowego prostopadłą do osi obrotu kształtki. Obrót kształtki ma być kinematycznie sprzężony z zespołem przechylenia korpusu kotła pieca tak, by oś kanału spustowego zawsze była utrzymywana w położeniu pionowym. W warunkach pieca metalurgicznego rozwiązanie z ceramicznym elementem ogniotrwałym pracującym jako zawór kulowy, jest konstrukcyjnie bardzo trudne w skutecznej realizacji. W obu rozwiązaniach wynalazku układ sterowania napędem przechylenia korpusu kotła pieca zawiera czujnik poziomu metalu zabudowany ponad kształtką wylewową,

z którego sygnał przerywa przechylenie korpusu jako koniec fazy spustu przy poziomie metalu odpowiadającym około 20% ciekłego metalu, przy którym nie występuje jeszcze zaciąganie żuźla do wypływającej strugi metalu.

Znane jest również rozwiązanie kształtki wylewowej przedstawione w opisie patentowym US5592067, która złożona jest z kilku ogniotrwałych elementów pierścieniowych, ustalonych względem siebie w położeniach współosiowości ich otworów wewnętrznych, a które w złożeniu stanowią kanał wylewowy o jednakowej średnicy na całej wysokości. Elementy pierścieniowe, w postaci kształtek ceramicznych, tworzące konstrukcję kanału EBT, łączone są techniką „wpust-wypust” gwarantującą zachowanie współosiowości kanału wylewowego.

Celem niniejszego wynalazku jest opracowanie konstrukcji kształtki wylewowej dla przechylnego pieca łukowego o układzie spustu EBT, która przy technologicznie prostym ukształtowaniu minimalizuje wymienione powyżej niedogodności, zwiększa trwałość elementu wymiennego i zapewnia ograniczenie turbulencji przepływu przy zachowaniu zwartej strugi metalu.

Kształtka wylewowa według niniejszego wynalazku wbudowana jest w wyłożenie ogniotrwałe trzonu w części balkonowej kotła pieca i ma postać bloku materiału ogniotrwałego z przelotowym kanałem wylewowym, posiadającym u góry stożek zasypowy połączony dolną, mniejszą podstawą z kanałem spustowym. Istota rozwiązania polega na tym, że kanał spustowy kształtki w pionowym przekroju osiowym płaszczyzną prostopadłą do osi wychylania pieca ma prostoliniowe tworzące pobocznice rozchylone symetrycznie w dół pod kątem wierzchołkowym w zakresie od 1° do 15° , korzystnie nie większym od połowy maksymalnego kąta nachylenia korpusu kotła pieca względem poziomu w końcowej fazie spustu.

Korzystnym jest wykonanie, w którym kanał wylewowy składa się z dwóch podstawowych elementów: stożka zasypowego o kącie wierzchołkowym od 130° do 156° , i kanału spustowego mającego kształt stożka ściętego o kącie wierzchołkowym w zakresie od 10° do 15° .

Korzystnym jest również wykonanie, w którym kanał spustowy ma w przekrojach poziomych kształty współosiowych linii zamkniętych zbliżonych do owalu i które tworzą kanał o dwóch płaszczyznach równoległych, symetrycznie rozstawionych względem osi kanału spustowego prostopadłej do osi przechyłu pieca oraz które połączone są na końcach powierzchniami półwałcowymi o średnicy nie mniejszej od średnicy dolnej podstawy stożka zasypowego, a tworzące pobocznice leżą na powierzchniach tych półwałców.

Oba wykonania kształtek według wynalazku mogą być monolityczne lub złożone z kilku elementów pierścieniowych, ustalonych względem siebie w sposób zapewniający współosiowość poszczególnych elementów tworzących kanał wylewowy, zwłaszcza przez zastosowanie połączenia pierścieniowego typu wpust-wypust, wykonanego na czołowych powierzchniach elementów pierścieniowych.

Drugi wynalazek dotyczy sposobu zabudowy kształtki wylewowej, o powyżej określonych cechach geometrycznych, w części balkonowej metalurgicznego pieca łukowego o układzie spustu EBT. Kształtka wylewowa powinna być wbudowana w wykładzinę trzonu tak, by oś kanału wylewowego kształtki w położeniu korpusu kotła pieca odpowiadającym fazie topienia wsadu, odchylona była od pionu w kierunku na zewnątrz – patrząc od osi wychylania pieca – pod kątem nie większym od połowy maksymalnego kąta nachylenia korpusu kotła pieca podczas spustu metalu. Wynalazek uzależnia nachylenie osi kształtki wylewowej od kąta maksymalnego nachylenia korpusu kotła, będącego parametrem konstrukcyjnym konkretnego pieca. Kształtka projektowana do wbudowania w wykładzinę danego pieca powinna mieć kąt rozwarcia pobocznice kanału spustowego w granicach od 1° do 15° i wartość nie większą od połowy maksymalnego kąta nachylenia kotła danego pieca łukowego. Wtedy powierzchnie pobocznice w zakresie między skrajnymi położeniami – od początkowej do końcowej fazy spustu – są w bardzo ograniczonym zakresie poddawane erozyjnemu działaniu strumienia metalu wypływającego z dolnego otworu stożka zasypowego. Kanał spustowy kształtki z pobocznicami rozwartymi pod stosunkowo niewielkim kątem nadal wykonuje funkcję formującą strumień stali ale jednocześnie w sposób istotny zmniejsza opory przepływu. Zmniejszone zostają również zawirowania przyścienne i związane z tym erozyjne oddziaływanie strugi metalu na powierzchnię kanału spustowego, a zachowana zwartość strumienia ogranicza dodatkowe utlenienie metalu i straty ciepła.

Pełne zrozumienie wynalazku zapewni opis przykładowych wykonania trzech kształtek pokazanych na rysunku. Poszczególne figury rysunku przedstawiają:

Fig. 1 – przekrój pionowy przez monolityczną kształtkę według pierwszego przykładu wykonania,

Fig. 2 – półwidok-półprzekrój kształtki według linii B-B z Fig. 1,

Fig. 3 – kształtkę według drugiego przykładowego wykonania w półwidok-półprzekroju, z otworem spustowym o rozwartych w dół pobocznicach i mającym w przekrojach poziomych kształty zbliżone do owalu,

Fig. 4 – kształtkę według trzeciego przykładu wykonania, zestawioną z pierścieniowych elementów,

Fig. 5 – półwidok-półprzekrój kształtki według linii C-C z Fig. 4, natomiast na kolejnych figurach,

Fig. 6 do Fig. 8 – usytuowanie kształtki wbudowanej w wykładzinę trzonu, kolejno w położeniach korpusu: podczas wytopu i na początku spustu (Fig. 6), przy nachyleniu korpusu pieca o kąt równy połowie kąta nachylenia w końcowej fazie spustu (Fig. 7), w fazie końcowej spustu bezżużlowego (Fig. 8).

Kształtka wylewowa pokazana na Fig. 1 i Fig. 2 stanowi walcowy blok ceramicznego materiału ogniotrwałego, w którym wykonany jest przelotowy kanał wylewowy 1. U góry kanał wylewowy 1 posiada uformowany stożek zasypowy 2, skierowany w dół mniejszą podstawą o średnicy „d”. Stożek zasypowy 2 kształtki, przed ładowaniem złomu do kotła pieca zostaje zasypany masą, która podczas roztopienia złomu spieka się powierzchniowo, szczelnie zamykając kanał wylewowy 1, a po wytopie dla dokonania spustu zostaje usunięta z kanału po otwarciu zasady EBT. Stożek zasypowy 2 połączony jest z usytuowanym poniżej kanałem spustowym 3, mającym w przekroju pionowym płaszczyznę prostopadłą do osi „O” wychylania korpusu pieca prostoliniowe tworzące pobocznice 4. Pobocznice 4 są rozchylone symetrycznie w dół pod kątem wierzchołkowym „ α ” w zakresie od 1° do 15° . W tym pierwszym przykładowym wykonaniu kształtki, kanał spustowy 3 kształtki ma kształt stożka ściętego o kącie wierzchołkowym $\alpha=10^\circ$ przy kącie nachylenia korpusu tego pieca w końcowej fazie spustu $\beta=8^\circ$.

Drugie przykładowe wykonanie kształtki według wynalazku, pokazane jest na Fig. 3 w półwidoku-półprzekroju prowadzonym podobnie jak na Fig. 2. Kształtka stanowi zasadniczo prostopadłościenny, monolityczny blok materiału ogniotrwałego z kanałem wylewowym 1 wyposażonym w stożek zasypowy 2. Różni się kształtem kanału spustowego 3, który w przekrojach poziomych ma kształty współosiowych linii zamkniętych zbliżonych do owalu i które tworzą kanał o dwóch płaszczyznach równoległych, symetrycznie rozstawionych względem osi kanału spustowego 3 prostopadłej do osi „O” wychylania pieca, oraz które połączone są na końcach półwałcami 5 o średnicy nie mniejszej niż średnica „d” dolnej podstawy stożka zasypowego 2. Tworzące pobocznice 4 leżą na powierzchniach tych półwałców 5. W tym przykładowym wykonaniu średnica „d” dolnej podstawy stożka zasypowego 2 wynosi 60 mm, kąt wierzchołkowy stożka zasypowego 2 wynosi 140° , kąt rozwarcia pobocznicy 4 w płaszczyźnie prostopadłej do osi „O” wychylania pieca $\alpha=6^\circ$, szerokość kanału spustowego 3 równa średnicy bocznych półwałców 80 mm, wysokość kształtki a tym samym kanału wylewowego wynosi 1200 mm. Piec łukowy ma kąt nachylenia korpusu kotła względem poziomu w końcowej fazie spustu $\beta=12^\circ$.

Kształtka według trzeciego przykładowego wykonania wynalazku, pokazana na Fig. 4 i 5, ma budowę złożoną z wielu elementów pierścieniowych 6, które są ustalone względem siebie w położeniu współosiowości otworów wewnętrznych tworzących łącznie kanał spustowy 3 zbliżony do owalnego, ukształtowany jak w przykładzie według Fig. 3. W górnym elemencie 6 wykonany jest stożek zasypowy 2, a w kolejnych poniżej ułożonych na sobie elementach 6 kanał spustowy 3 ma pobocznice rozwarte pod kątem „ α ”. Współosiowość zapewniają połączenia centrujące typu „wpust-wypust” 7, wykonane na czołowych powierzchniach elementów pierścieniowych 6, przykładowo w postaci pierścieniowych powierzchni stożkowych typu wpust-wypust.

Figury 6 do 8 obrazują wymagany sposób zabudowy kształtki wylewowej według wynalazku, w strefie balkonowej wykładziny trzonu pieca o układzie spustu EBT. Pokazują usytuowania kształtki i strugi metalu w charakterystycznych położeniach korpusu kotła pieca podczas spustu. Kształtka wylewowa wbudowana jest przy ścianie bocznej przeciwległej do ściany z oknem roboczym umożliwiającym dostęp do kąpielii metalu, przez które dokonywane są czynności technologiczne, na przykład: wprowadzanie odtleniaczy lub materiałów żużlotwórczych, ściąganie żużla. Oś kanału wylewowego 1 kształtki w położeniu korpusu pieca odpowiadającym fazie topienia wsadu – Fig. 6, przy kącie nachylenia korpusu kotła $\beta=0^\circ$, powinna być odchylona od pionu w kierunku na zewnątrz – patrząc w kierunku od osi wychylania pieca „O” – pod kątem równym połowie maksymalnego kąta nachylenia β korpusu kotła podczas spustu metalu. Takie wbudowanie kształtki z rozwartym kanałem spustowym 3 zapewnia, że spust metalu – zasadniczo pionową strugą wypływającą grawitacyjnie przez przewężenie „d” pomiędzy stożkiem zasypowym 2 a kanałem spustowym 3 kanału wylewowego 1 – dokonuje się strumieniem styczonym, ze znacznym ograniczeniem niekorzystnych skutków parcia na pobocznice kanału spustowego 3. Figury 7 i 8 rysunku przedstawiają w ujęciu schematycznym położenia kształtki i strumienia

metal wylającego podczas spustu, kolejno przy kątach β nachylenia korpusu kotła pieca odpowiednio: w połowie ($\beta=\alpha/2$) oraz przy kącie równym ($\beta=\alpha$) wartości kąta wierzchołkowego rozwarci tworzących 4 pobocznic kanału spustowego 1 w kształtce. Na schemacie Fig. 8 obrazującym koniec spustu przy maksymalnym kącie β nachyleniu kotła pieca, pokazany jest także poziom zwierciadła metalu jaki pozostawiany jest w kotle, który nie powoduje jeszcze zaciągania żużla do kanału wylewowego kształtki, co zapewnia czystość metalu dla kolejnych wytopów.

Zastrzeżenia patentowe

1. Kształtka wylewowa dla metalurgicznego pieca łukowego o układzie spustu EBT, wbudowana w część balkonową wyłożenia ogniotrwałego trzonu pieca, mająca postać bloku materiału ogniotrwałego z przelotowym kanałem wylewowym (1), posiadającym u góry stożek zasypowy (2) połączony dolną, mniejszą podstawą z kanałem spustowym (3), **znamienna tym**, że kanał spustowy (3) w pionowym przekroju osiowym płaszczyzną prostopadłą do osi wychylania pieca (O) ma prostoliniowe tworzące pobocznic (4) rozchylone symetrycznie w dół pod kątem wierzchołkowym (α) w zakresie od 1° do 15° , korzystnie nie większym od połowy maksymalnego kąta nachylenia (β) korpusu kotła pieca względem poziomu w końcowej fazie spustu.
2. Kształtka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że kanał wylewowy (1) składa się z dwóch podstawowych elementów: stożka zasypowego (2) o kącie wierzchołkowym od 130° do 156° i kanału spustowego (3) mającego kształt stożka ściętego o kącie wierzchołkowym (α) w zakresie od 1° do 15° .
3. Kształtka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że kanał spustowy (3) ma w przekrojach poziomych kształty współosiowych linii zamkniętych zbliżonych do owalu i które tworzą kanał o dwóch płaszczyznach równoległych, symetrycznie rozstawionych względem osi kanału spustowego (3) prostopadłej do osi (O) wychylania pieca oraz które połączone są na końcach półwałcami (5) o średnicy nie mniejszej niż średnica (d) dolnej podstawy stożka zasypowego (2), a tworzące pobocznic (4) leżą na powierzchniach tych półwałców (5).
4. Kształtka według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienna tym**, że złożona jest z kilku elementów pierścieniowych (6) ustalonych względem siebie w sposób zapewniający współosiowość poszczególnych elementów kanału wylewowego (1), zwłaszcza przez zastosowanie połączenia pierścieniowego typu wpust-wypust (7), wykonanego na czołowych powierzchniach elementów pierścieniowych (6).
5. Sposób zabudowy kształtki wylewowej o cechach zastrz. 1, albo 3, albo 4, w części balkonowej metalurgicznego pieca łukowego o układzie spustu EBT, **znamienny tym**, że oś kanału wylewowego (1) kształtki w położeniu korpusu kotła pieca odpowiadającym fazie topienia wsadu, odchylna jest od pionu w kierunku na zewnątrz – patrząc od osi wychylania pieca (O) – pod kątem nie większym od połowy maksymalnego kąta nachylenia (β) korpusu kotła pieca podczas spustu metalu.

Rysunki



