

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **241831**  
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427396**

(22) Data zgłoszenia: **12.10.2018**

(51) Int.Cl.  
**C21B 13/00 (2006.01)**  
**C22C 33/04 (2006.01)**  
**C22B 19/34 (2006.01)**  
**B09B 3/00 (2006.01)**

(54) **Sposób bezodpadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych  
zasadowych konwertorów tlenowych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**20.04.2020 BUP 09/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**12.12.2022 WUP 50/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**MAŁECKI STANISŁAW, Zabierzów, PL**  
**GARGUL KRZYSZTOF, Kraków, PL**  
**ĆWIERZ-ORANIEC MAJA,**  
**Ostrowiec Świętokrzyski, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**STANISŁAW MAŁECKI, Zabierzów, PL**  
**KRZYSZTOF GARGUL, Kraków, PL**  
**MAJA ĆWIERZ-ORANIEC,**  
**Ostrowiec Świętokrzyski, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. DOMOŃ MAGDALENA**

**PL 241831 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób bezopadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych, używanych w przemyśle stalowniczym, prowadzący do całkowitej utylizacji przerabianych odpadów i produkcji w jednym etapie stali, tlenku cynku oraz żużla, spełniającego kryteria zastosowania go jako kruszywa w drogownictwie.

Złom stalowy, zawierający niewielkie ilości cynku w postaci pokryć ochronnych, jest szeroko używany jako komponent wsadu w pirometalurgicznych procesach otrzymywania żelaza i stali. W ten sposób realizowany jest proces recyklingu stali, który jednak generuje istotne ilości odpadów w postaci m.in. pyłów i szlamów. Materiały te mogą w zależności od zastosowanej technologii produkcji stali zawierać mniejsze lub większe ilości cynku.

Generalnie można wyróżnić dwa sposoby otrzymywania stali. Pierwszy sposób polega na przetwarzaniu wsadu składającego się przede wszystkim ze złomu stalowego poddawanego przetopowi w elektrycznych piecach łukowych (EAF). W ten sposób otrzymuje się pyły stalownicze o dużej zawartości cynku, które poddawane są dalszej obróbce. Sposoby obróbki pyłów stalowniczych o dużej zawartości cynku są znane w stanie techniki.

Drugi sposób realizowany jest poprzez przerób wsadu składającego się przede wszystkim z rud żelaza uzupełnionych odpowiednimi dodatkami technologicznymi i niewielką ilością stali poddawanej recyklingowi. Urządzenia wykorzystywane w tej technologii to wielkie piece (BF) oraz konwertory tlenowe (BOF).

Ten sposób produkcji stali generuje duże ilości pyłów i szlamów w stosunku do 1 tony wyprodukowanej stali. Według danych literaturowych, w odniesieniu do konwertorów tlenowych, uzyskuje się 22,9 kg pyłów i szlamów na 1 tonę stali. Wsadem do konwertorów tlenowych jest ciekłe żelazo z wielkiego pieca uzupełnione o pewne ilości złomu stalowego. Prowadzenie procesu technologicznego skutkuje uzyskiwaniem pyłów zawierających do około 0.4% cynku i szlamów, w których zawartość tego pierwiastka może sięgać 6%. Równocześnie zarówno pyły jak i szlamy z konwertorów tlenowych mogą zawierać od około 50% do nawet 75% żelaza, i w związku z tym odpad ten powinien być zawracany do procesu otrzymywania żelaza i stali. Zdecydowana większość cynku w pyłach i szlamach, otrzymywanych z utylizacji gazów procesowych konwertorów tlenowych występuje w postaci tlenku cynku  $ZnO$  (74%), a tylko niewielka część w postaci ferrytu cynku  $ZnFe_2O_4$  (26%).

Ostrożne szacunki pozwalają na określenie rocznych ilości materiałów uzyskiwanych z odpylania gazów procesowych z konwertorów tlenowych na poziomie 6 mln ton. W przypadku pyłów i szlamów z konwertorów tlenowych występuje głównie składowanie odpadów na hałdach, natomiast nieliczne są przypadki wykorzystywania pewnych ilości jako dodatek do wsadu wraz z innymi tlenkowymi materiałami żelazonośnymi i przerób w konwertorze tlenowym.

Pyły i szlamy powstające w tym procesie nie są obecnie poddawane recyklingowi z dwóch powodów. Przede wszystkim pyły i szlamy zawierają bardzo małe ilości cynku, i ich odzysk znanymi metodami nie jest opłacalny, a z drugiej strony, nawet tak niewielka zawartość cynku w szlamie powoduje, że zawarte tam żelazo staje się nieprzydatne.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu bezopadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych używanych w przemyśle stalowniczym, prowadzący do całkowitej utylizacji przerabianych odpadów i produkcji w jednym etapie stali, tlenku cynku oraz żużla, spełniającego kryteria zastosowania go jako kruszywa w drogownictwie.

Sposób bezopadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych według wynalazku charakteryzuje się tym, że mieszaninę pyłów i szlamów z konwertorów tlenowych o zawartości cynku w granicach od 0.5% do 3% i żelaza od 55% do 75% granuluje się w granulatorze z dodatkiem reduktora, aż do uzyskania jednorodnego materiału, przy czym ilość dodawanego reduktora mieści się w granicach od 20% do 30% masy mieszanki pyłów i szlamów z konwertora tlenowego, i zależy wprost proporcjonalnie od łącznej zawartości tlenków żelaza i cynku.

Następnie, otrzymany granulát topiony jest w procesie ciągłym w temperaturze mieszczącej się w zakresie  $1350^{\circ}C$  –  $1600^{\circ}C$  w piecu elektrycznym łukowo-oporowym lub łukowym w zintegrowanym agregacie metalurgicznym, tak, że podczas topienia zachodzi proces redukcji tlenków żelaza i cynku, a wytrącony cynk w postaci gazowej jest odpędzany i utleniany w strumieniu powietrza, przy czym odpylanie fazy gazowej jest dwuetapowe, gdzie w pierwszym etapie gazy są wstępnie odpylane w komorze osadczej, w której odbierane są grubsze frakcje pyłów o średnicy powyżej 0,1 mm, które z uwagi na

zawartość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca są zwracane do pieca elektrycznego.

Następnie pozostałe gazy, zawierające pyły o średnicy poniżej 0,1 mm, są chłodzone dowolnym znanym sposobem do temperatury w zakresie 120°C - 200°C i następnie odpylane, tak że ze strumienia gazów procesowych oddzielana są stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm w celu wychwycenia i odzysku tlenku cynku w formie drobnego pyłu, który jest magazynowany, a powstały w piecu elektrycznym łukowo-oporowym lub łukowym stop żelaza i żużel odpadowy są okresowo spuszczone z pieca. Otrzymany w ten sposób stop żelaza charakteryzuje się podwyższoną zawartością węgla i/lub innych składników, stąd też poddawany jest modyfikacji mającej na celu usunięcie nadmiaru węgla, siarki, fosforu oraz dodanie złomu stalowego i/lub dodatków stopowych w celu uzyskania stopów handlowych.

Wstępna obróbka stopu żelaza ma miejsce w trakcie spustu stopu, ponieważ stop przelewany do kadzi ma kontakt z powietrzem i następuje częściowe utlenienie węgla. Dalsza obróbka ma miejsce w konwertorze tlenowym lub w piecu kadziowym wyposażonym w lancę tlenową.

Jeżeli modyfikacja polega tylko na usuwaniu nadmiaru węgla, przeprowadza się ją w konwertorze tlenowym bądź też w piecu kadziowym wyposażonym w lancę tlenową. W każdym z tych urządzeń, tlen przepuszczany jest przez ciekły metal do momentu, w którym osiągnięty zostanie oczekiwany poziom zawartości węgla.

Jeżeli modyfikacja polega nie tylko na usunięciu nadmiaru węgla, ale też prowadzony jest proces rozcieńczania domieszek w stopie metalicznym żelazem wprowadzanym ze złodem lub dotowania stopu żelaza określonymi dodatkami stopowymi, to proces prowadzony jest w piecu kadziowym wyposażonym w lancę tlenową. W tym piecu następuje w pierwszej kolejności przedmuchiwanie ciekłego metalu tlenem, co powoduje usunięcie nadmiaru węgla. Możliwe jest na tym etapie dodawanie złomu i/lub wprowadzanie dodatków stopowych. Tak prowadzony proces skutkuje uzyskaniem stali stopowych o wysokich parametrach jakościowych (np. stal nierdzewna chromowo-molibdenowa). Uzyskany produkt jest odlewany w postaci zależnej od wymagań odbiorców.

Korzystnie, sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że proces granulowania przeprowadzany jest przy wykorzystaniu granulatora talerzowego, bębnowego lub intensywnego.

Korzystnie, sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że proces granulowania przeprowadza się z dodatkiem reduktora będącego pyłem węglowym lub karbonizatem, lub koksikiem.

Korzystnie w sposobie według wynalazku zintegrowany agregat metalurgiczny jest w postaci dwóch pieców współpracujących z sobą w ten sposób, że metal uzyskany w pierwszym podstawowym piecu (łukowo-oporowym lub łukowym) przelewany jest bezpośrednio do pieca kadziowego umiejscowionego przy w/w piecu elektrycznym (łukowo-oporowym lub łukowym) i następnie w piecu kadziowym prowadzona jest modyfikacja składu stopu żelaza do uzyskania odpowiedniego gatunku stali.

Korzystnie, sposób według wynalazku charakteryzuje się, tym, że stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm odpylane są za pomocą odpylaczy filtracyjnych.

Szczególnie korzystnie, sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm odpylane są za pomocą filtrów pulsacyjnych workowych.

Zastosowanie sposobu według wynalazku posiada wiele zalet i jest korzystne z powodów technologicznych i ekonomicznych. Przede wszystkim dostarczony jest sposób bezopadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych (BOF) używanych w przemyśle stalowniczym, prowadzący do całkowitej utylizacji przerabianych odpadów i produkcji w jednym etapie stali, tlenku cynku i żużla spełniającego kryteria zastosowania go jako kruszywa w drogownictwie.

Tlenek cynku jest jednym z produktów tego procesu i ze względu na wysoką zawartość cynku, od 60% do 75%, stanowi produkt handlowy.

Żużel odpadowy nie zawiera metali ciężkich, zawartość żelaza wynosi do 3%, przy czym podstawowymi jego składnikami są tlenki CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i SiO<sub>2</sub> i stanowi on materiał ekologicznie obojętny dla środowiska, spełniający wymagania do stosowania go w charakterze kruszywa.

Połączenie, zgodnie z wynalazkiem, procesu wytopu stopu na bazie żelaza z procesem odpędzania cynku i odzysku go w postaci tlenku cynku ZnO w jednym agregacie pozwala na efektywne energetycznie przeprowadzenie procesu przy pojedynczym rozgrzaniu wsadu do temperatury powyżej 1200°C i możliwości precyzyjnego sterowania procesem wytopu stopu żelaza poprzez regulowanie ilości odpadu wsadowego do pieca łukowo-oporowego jak i regulowanie ilości dodatków stopowych dodawanych na etapie przetwarzania stopu żelaza w konwertorze tlenowym lub piecu kadziowym.

Oszczędność energetyczna pozwala na przerób odpadu o niskiej zawartości cynku i czyni ten proces opłacalnym ekonomicznie.

Poniżej przedstawione zostały nieograniczające przykłady realizacji sposobu według wynalazku.

#### **Przykład 1**

1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych zawierających 2,82% cynku i 59,9% Fe, zostały zmieszane z 200 g pyłu węglowego pełniącego rolę reduktora i poddane granulowaniu przy wykorzystaniu granulatora talerzowego. Po granulacji, materiał został przekierowany do zintegrowanego agregatu metalurgicznego, którego głównym elementem jest piec łukowo-oporowy, w którym w procesie ciągłym w temperaturze maksymalnej 1510°C przez 40 min przeprowadzono proces redukcji tlenków żelaza i cynku.

Przy czym, temperatura maksymalna to najwyższa temperatura odnotowywana w podstawowym piecu zintegrowanego agregatu metalurgicznego. Temperatura w trakcie procesu może obniżyć się o około 50 stopni w momentach dodawania kolejnych porcji wsadu, usuwania żużla i stopu żelaza z pieca (wytopach laboratoryjnych temperatura maksymalna to najwyższa uzyskana temperatura utrzymywana przez co najmniej 3/4 wskazywanego czasu przetopu).

Wytrącony cynk w postaci gazowej został odpędzony i utleniony w strumieniu powietrza. W tym etapie procesu otrzymano: (i) materiał odpadowy – żużel odpadowy w ilości 181 g, zawierający 1,83% Fe i 0,08% Zn, który następnie został poddany kruszeniu a następnie zmagazynowany, oraz (ii) gazy procesowe i (iii) stop żelaza, które zostały podane dalszej obróbce.

I tak, gazy procesowe zostały poddane dwuetapowemu odpylaniu. W pierwszym etapie odpylania gazy przeszły przez komorę wstępnego odpylania (komorę osadczą), gdzie odbierane zostały grubsze frakcje pyłów, o średnicy powyżej 0,1 mm, które uwagi na zawartość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca zostały zawrócone do procesu. W kolejnym etapie odpylania, gazy zostały schłodzone do temperatury 180°C i skierowanie na odpylacze filtracyjne w postaci filtrów workowych, w wyniku czego oddzielono stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm zawierające tlenek cynku w formie drobnego pyłu. W wyniku oddzielenia cząsteczek stałych otrzymano 44 g pyłu tlenku cynku ZnO, zawierającego 62,7% Zn. Pył tlenku cynku ZnO został następnie zmagazynowany. Pozostały gaz odpylony został przekazany do emitora.

W wyniku procesów zachodzących w trakcie topienia granulat w piecu łukowo-oporowym uzyskano również 608 g stopu żelaza (96,1% Fe; 0,009% Zn; 3,02% C), które poddano obróbce, tj. przepuszczeniu tlenu przez ciekły metal, mającej na celu utlenienie węgla w konwertorze tlenowym, w wyniku czego otrzymano 580 g stopu żelaza o zawartości 0,60% C.

|                                                                  |                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materiał wsadowy:                                                | 1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych (2,82 % Zn; 59,9 % Fe;),<br>200 g pyłu węglowego                          |
| Czas przetopu:                                                   | 40 min                                                                                                                    |
| Temperatura maks.                                                | 1510°C                                                                                                                    |
| Produkty:                                                        | 608 g stopu żelaza (96,1 % Fe; 0,009 % Zn; 3,02 % C),<br>44 g pyłu ZnO (62,7 % Zn),<br>181 g żużla (1,83 % Fe; 0,08 % Zn) |
| Stop żelaza po obróbce (utlenianie węgla w konwertorze tlenowym) | 580 g (0,60% C;)                                                                                                          |

#### **Przykład 2**

1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych zawierających 2,12% Zn i 66,7% Fe, zostało zmieszane z 250 g pyłu węglowego pełniącego rolę reduktora i poddane granulowaniu przy wykorzystaniu granulatora talerzowego. Po granulacji, materiał został przekierowany do zintegrowanego agregatu metalurgicznego, którego głównym elementem był piec łukowo-oporowy, w którym w procesie ciągłym w temperaturze maksymalnej 1480°C przez 60 min, przeprowadzono proces redukcji tlenków żelaza i cynku, a wytrącony cynk w postaci gazowej został odpędzony i utleniony w strumieniu powietrza.

W tym etapie procesu otrzymano: (i) materiał odpadowy – żużel odpadowy w ilości 163 g zawierający 1,36% Fe oraz 0,1% Zn, który następnie został poddany kruszeniu a następnie zmagazynowany, oraz (ii) gazy procesowe i (iii) stop żelaza, które zostały podane dalszej obróbce.

I tak, gazy procesowe zostały poddane dwuetapowemu odpylaniu. W pierwszym etapie odpylania gazy przeszły przez komorę wstępnego odpylania (komorę osadczą), gdzie odebrane zostały grubsze frakcje pyłów, o średnicy powyżej 0,1 mm, które uwagi na zawartość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca zostały zawrócone do procesu. W kolejnym etapie odpylania, gazy zostały schłodzone do temperatury 180°C i skierowane na odpylacze filtracyjne w postaci filtrów workowych, w wyniku czego oddzielono stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm zawierające tlenek cynku w formie drobnego pyłu. W wyniku oddzielenia cząstek stałych otrzymano 28,9 g pyłu tlenku cynku, zawierającego 69,9% Zn. Pył tlenku cynku ZnO został następnie zmagazynowany. Pozostały gaz odpylony przekazany został do emitora.

W wyniku procesów zachodzących w trakcie topienia granulatu w piecu łukowo-oporowym uzyskano również 683,1 g stopu żelaza (95,6% Fe; 0,008% Zn; 3,2% C), które następnie poddano obróbce w piecu kadziowym z lancą tlenową, polegającej na przedmuchaniu tlenem w celu usunięcia nadmiaru węgla oraz na dodaniu żelazochromu HC w ilości 250 g (64% Cr, 29% Fe) oraz żelazomolibdenu w ilości 18 g (65% Mo, 33% Fe), w wyniku czego otrzymano 924 g stopu żelaza zawierającego 0,45% C; 17,5% Cr, 1,3% Mo (stal nierdzewna chromowo-molibdenowa).

|                                                                                                        |                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materiał wsadowy:                                                                                      | 1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych (2,12 % Zn; 66,7 % Fe;),<br>250 g pyłu węglowego                           |
| Czas przetopu:                                                                                         | 60 min                                                                                                                     |
| Temperatura maks.                                                                                      | 1480°C                                                                                                                     |
| Produkty:                                                                                              | 683,1 g stopu żelaza (95,6 % Fe; 0,008 Zn; 3,2 % C;),<br>28,9 g pyłu ZnO (69,9 % Zn),<br>163 g żużla (1,36 % Fe; 0,1 % Zn) |
| Dodatki stopowe do modyfikacji stopu żelaza:<br>- żelazochrom HC<br>- żelazomolibden                   | 250 g (64% Cr, 29% Fe)<br>18 g (65% Mo, 33% Fe)                                                                            |
| Stop żelaza po obróbce<br>(modyfikacja składu w piecu kadziowym – utlenianie węgla, dotowanie Cr i Mo) | 924g (0,45 % C; 17,5% Cr, 1,3% Mo)                                                                                         |

### Przykład 3

1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych zawierających 3,95% Zn i 60,4% Fe, zostały zmieszane z 210 g pyłu węglowego pełniącego rolę reduktora i poddane granulowaniu przy wykorzystaniu granulatora talerzowego. Po granulacji, materiał został przekierowany do zintegrowanego agregatu metalurgicznego, którego głównym elementem był piec łukowo-oporowy, w którym w procesie ciągłym w temperaturze 1500°C przez 50 min, przeprowadzono proces redukcji tlenków żelaza i cynku, a wytrącony cynk w postaci gazowej został odpędzony i utleniony w strumieniu powietrza. W tym etapie procesu otrzymano: (i) materiał odpadowy – żużel odpadowy w ilości 172 g i zawierający 1,91% Fe i 0,07% Zn, który następnie został poddany kruszeniu a następnie zmagazynowany, oraz (ii) gazy procesowe i (iii) stop żelaza, które zostały podane dalszej obróbce. I tak, gazy procesowe zostały poddane dwuetapowemu odpylaniu.

W pierwszym etapie odpylania gazy przeszły przez komorę wstępnego odpylania (komorę osadczą), gdzie odbierane zostały grubsze frakcje pyłów, o średnicy powyżej 0,1 mm, które uwagi na zawar-

tość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca zostały zawrócone do procesu. W kolejnym etapie odpylania, gazy zostały schłodzone do temperatury 185°C i skierowane na odpylacze filtracyjne w postaci filtrów workowych, w wyniku czego oddzielono stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm zawierające tlenek cynku w formie drobnego pyłu. W wyniku oddzielenia cząsteczek stałych otrzymano 63,3 g pyłu tlenku cynku, zawierającego 61,9% Zn. Pył tlenku cynku ZnO został następnie zmagazynowany. Pozostały gaz odpylony przekazany został do emitora.

W wyniku procesów zachodzących w trakcie ogrzewania granulatu w piecu łukowo-oporowym uzyskano również 622 g stopu żelaza (96,3% Fe; 0,01% Zn; 2,88% C), które poddano obróbce mającej na celu utlenienie węgla w konwertorze tlenowym, w wyniku czego otrzymano 588 g stopu żelaza o zawartości 0,70% C.

|                                                                  |                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materiał wsadowy:                                                | 1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych (3,95 % Zn; 60,4 % Fe;),<br>210 g pyłu węglowego                           |
| Czas przetopu:                                                   | 50 min                                                                                                                     |
| Temperatura maksymalna:                                          | 1500 °C                                                                                                                    |
| Produkty:                                                        | 622 g stopu żelaza (96,3 % Fe; 0,01 % Zn; 2,88 % C),<br>63,3 g pyłu ZnO (61,9 % Zn),<br>172 g żużla (1,91 % Fe; 0,07 % Zn) |
| Stop żelaza po obróbce (utlenianie węgla w konwertorze tlenowym) | 588 g (0,70% C;)                                                                                                           |

#### **Przykład 4**

1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych zawierających 2,55% Zn; 62,4% Fe, zostało zmieszane z 235 g pyłu węglowego pełniącego rolę reduktora i poddane granulowaniu przy wykorzystaniu granulatora talerzowego. Po granulacji, materiał został przekierowany do zintegrowanego agregatu metalurgicznego, którego głównym elementem był piec łukowo-oporowy, w którym w procesie ciągłym w temperaturze maksymalnej 1520°C przez 60 min, przeprowadzono proces redukcji tlenków żelaza i cynku, a wytrącony cynk w postaci gazowej został odpędzony i utleniony w strumieniu powietrza. W tym etapie procesu otrzymano: (i) materiał odpadowy – żużel odpadowy w ilości 171 g zawierający 1,76% Fe oraz 0,06% Zn, który następnie został poddany kruszeniu a następnie zmagazynowany, oraz (ii) gazy procesowe i (iii) stop żelaza, które zostały podane dalszej obróbce.

I tak, gazy procesowe zostały poddane dwuetapowemu odpylaniu. W pierwszym etapie odpylania gazy przeszły przez komorę wstępnego odpylania (komorę osadczą), gdzie odebrane zostały grubsze frakcje pyłów, o średnicy powyżej 0,1 mm, które uwagi na zawartość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca zostały zawrócone do procesu. W kolejnym etapie odpylania, gazy zostały schłodzone do temperatury 180°C i skierowane na odpylacze filtracyjne w postaci filtrów workowych, w wyniku czego oddzielono stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm zawierające tlenek cynku w formie drobnego pyłu. W wyniku oddzielenia cząsteczek stałych otrzymano 36,8 g pyłu tlenku cynku, zawierającego 68,8% Zn. Pył tlenku cynku ZnO został następnie zmagazynowany. Pozostały gaz odpylony przekazany został do emitora.

W wyniku procesów zachodzących w trakcie topienia granulatu w piecu łukowo-oporowym uzyskano również 641,2 g stopu żelaza 96,6% Fe; 0,007% Zn; 3,0% C, które następnie poddano obróbce w piecu kadziowym, polegającej na przedmuchaniu tlenem w celu usunięcia nadmiaru węgla oraz na dodaniu żelazochromu HC w ilości 210 g (64% Cr, 29% Fe) oraz żelazomolibdenu w ilości 15 g (65% Mo, 33% Fe), w wyniku czego otrzymano 849 g stopu żelaza zawierającego 0,33% C; 15,0% Cr; 1,0% Mo (stal nierdzewna chromowo-molibdenowa).

|                                                                                                     |                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materiał wsadowy:                                                                                   | 1000 g mieszanki pyłów i szlamów konwertorowych (2,55 % Zn; 62,4 % Fe;),<br>235 g pyłu węglowego                            |
| Czas przetopu:                                                                                      | 60 min                                                                                                                      |
| Temperatura maksymalna:                                                                             | 1520 °C                                                                                                                     |
| Produkty:                                                                                           | 641,2 g stopu żelaza (96,6 % Fe; 0,007 Zn; 3,0 % C;),<br>36,8 g pyłu ZnO (68,8 % Zn),<br>171 g żużla (1,76 % Fe; 0,06 % Zn) |
| Dodatki stopowe do modyfikacji stopu żelaza:<br>- żelazochrom HC<br>- żelazomolibden                | 210 g (64% Cr, 29% Fe)<br>15 g (65% Mo, 33% Fe)                                                                             |
| Stop żelaza po obróbce (modyfikacja składu w piecu kadziowym – utlenianie węgla, dotowanie Cr i Mo) | 849g (0,33 % C; 15,0 % Cr; 1,0 % Mo)                                                                                        |

Podane przykłady realizacji nie wyczerpują możliwości zastosowania wynalazku.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób bezodpadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych **znamienny tym**, że:
  - mieszankę pyłów i szlamów z konwertorów tlenowych o zawartości cynku w granicach od 0.5% do 3% i żelaza od 55% do 75% granuluje się w granulatorze z dodatkiem reduktora, aż do uzyskania jednorodnego materiału, przy czym ilość dodawanego reduktora mieści się w granicach od 20% do 30% masy mieszanki pyłów i szlamów z konwertora tlenowego, i zależy wprost proporcjonalnie od łącznej zawartości tlenków żelaza i cynku,
  - następnie, otrzymany granulat jest topiony w procesie ciągłym w temperaturze mieszczącej się w zakresie 1350°C – 1600°C w piecu elektrycznym łukowo-oporowym lub łukowym w zintegrowanym agregacie metalurgicznym, tak, że podczas topienia zachodzi proces redukcji tlenków żelaza i cynku, a wytrącony cynk w postaci gazowej jest odpędzany i utleniany w strumieniu powietrza,
  - przy czym odpylanie fazy gazowej jest dwuetapowe, gdzie w pierwszym etapie gazy są wstępnie odpylane w komorze osadczej, w której odbierane są grubsze frakcje pyłów o średnicy powyżej 0,1 mm, które z uwagi na zawartość w nich materiału wynoszonego mechanicznie z pieca i zbliżonego składem do materiału wsadowego do pieca są zawracane do pieca elektrycznego, po czym pozostałe gazy, zawierające pyły o średnicy poniżej 0,1 mm, są chłodzone dowolnym znanym sposobem do temperatury w zakresie 120°C – 200°C i następnie odpylane, tak że ze strumienia gazów procesowych oddzielane są stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm w celu wychwycenia i odzysku tlenku cynku w formie drobnego pyłu, który jest magazynowany, a powstały w piecu elektrycznym łukowo-oporowym lub łukowym stop żelaza i żużel odpadowy są okresowo spuszczone z pieca, przy czym stop żelaza z uwagi na podwyższoną zawartość węgla i/lub innych składników jest kierowany do konwertora tlenowego lub pieca kadziowego z łancą tlenową, gdzie następuje jego modyfikacja poprzez usunięcie nadmiaru węgla, siarki, fosforu oraz dodanie złomu stalowego i/lub dodatków stopowych w celu uzyskania stopów handlowych.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces granulowania przeprowadzany jest przy wykorzystaniu granulatora talerzowego, bębnowego lub intensywnego.

3. Sposób według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że proces granulowania przeprowadzany jest z dodatkiem reduktora będącego pyłem węglowym lub karbonizatem, lub koksikiem.
4. Sposób według zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że zintegrowany agregat metalurgiczny jest w postaci dwóch pieców współpracujących z sobą w ten sposób, że metal uzyskany w pierwszym z pieców (łukowym oporowym lub łukowym) przelewany jest bezpośrednio do pieca kadziowego, umiejscowionego przy w/w piecu elektrycznym (łukowo-oporowym lub łukowym), i następnie w piecu kadziowym prowadzona jest modyfikacja składu stopu żelaza do uzyskania odpowiedniego gatunku stali.
5. Sposób według zastrz. 1–4, **znamienny tym**, że stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm odpylane są za pomocą odpylaczy filtracyjnych.
6. Sposób według zastrz. 5, **znamienny tym**, że stałe cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 0,1 mm odpylane są za pomocą filtrów pulsacyjnych workowych.