

**SPOSÓB WYTWARZANIA GRANULATU ZE SZLAMU  
POCHODZĄCEGO Z PROCESÓW METALURGICZNYCH,  
ZWŁASZCZA KONWERTOROWYCH I/LUB WIELKOPIECOWYCH.**

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania granulatu ze szlamu pochodzącego z procesów metalurgicznych, zwłaszcza konwertorowych i/lub wielkopicowych. Powstający w procesach konwertorowych i wielkopicowych szlam pochodzi z mokrego oczyszczania gazów odlotowych, wychwytywanych w trakcie wytopu stali i surówki.

Stojące przed gospodarką światową wyzwania związane z ciągłym pogarszaniem się stanu środowiska naturalnego, zmuszają wszystkie jej działy do ciągłego poszukiwania rozwiązań ograniczających lub wręcz eliminujących negatywne skutki tego oddziaływania.

Przemysł metalurgiczny i związane z nim gałęzie przemysłu surowcowego, ze względu na znaczące wielkoskalowe oddziaływanie na otoczenie naturalne, znajdują się niewątpliwie w czołwie branż charakteryzujących się negatywnym oddziaływaniem na środowisko.

Aktualnie stosowane są dwie podstawowe linie technologiczne produkcji stali: 1) linia zintegrowana obejmująca etap wytwarzania z rudy żelaza surówki w wielkich piecach (BF) oraz etap wytwarzania stali z surówki prowadzony w konwertorach tlenowych (BOF); 2) linia produkcji stali w elektrycznym piecu łukowym (EAF) ze złomu. Stosowany w obu liniach (a szczególnie w linii 1) proces technologiczny powoduje generowanie zapylnych gazów procesowych. Gazy te oczyszczane są z pyłów metodą zraszania wodą i tworzenia szlamu w

linii 1, natomiast w linii 2 metodą wyłapywania na sucho w filtrach tkaninowych. O ile suche pyły z pieca łukowego są aktualnie efektywnie wykorzystywane (recyklingowane), to pyły w postaci szlamów pochodzące z linii 1, jak dotychczas są w zdecydowanej większości deponowane na składowiskach w pobliżu hut, ze względu na brak skutecznej i uzasadnionej ekonomicznie metody ich przetwarzania w skali światowej. Składowane szlamy zawierają w swoim składzie ponad 30% wilgoci, a w suchej masie zawierają ponad 85% tlenków żelaza oraz do kilku procent tlenków cynku. Związki te stanowią cenny materiał, który mógłby być odzyskiwany, jako wsad mógłby zastąpić rudy obu pierwiastków do produkcji odpowiednio stali lub cynku.

Zdeponowane, bądź pochodzące z bieżącej produkcji pyły konwertorowe i/lub wielkopieczowe, będące w postaci szlamu mogłyby być teoretycznie (z punktu widzenia ich składu chemicznego) zawracane do procesu wielkopieczowego. Jednak przed podaniem do wielkiego pieca musiałyby być wysuszone, a ponieważ cząsteczki pyłu są bardzo drobne (poniżej 1  $\mu\text{m}$ ) to podczas suszenia materiał staje się na tyle „lotny”, że nie jest możliwe w takiej postaci wprowadzanie do pieca. Podejmowane próby dodawania szlamu do mieszanki stosowanej podczas aglomerowania rud żelaza także wykazały, że materiał ten z powodu dużej „lotności” jest zasysany z taśmy aglomeracyjnej do układu odciągu gazów. Zawracanie szlamów do wielkiego pieca nie jest także możliwe ze względu na zawarte w nich związki cynku, których zawartość już powyżej 0,4% szkodliwie oddziałuje na wymurówkę pieca. Dlatego przed zawracaniem do wielkiego pieca konieczne jest odpowiednie przygotowanie szlamu w taki sposób, aby nie następowało jego „wydmuchiwanie” ze względu na „lotność”, a zawartość związków cynku była odpowiednio niska. Jednak takie operacje są bardzo kosztowne, co czyni je nieopłacalnymi. Dużo wysiłku poświęcono opracowaniu różnych metod postępowania z pyłem i odzyskiwania wartościowego żelaza, cynku i ołowiu. Do usuwania cynku i ołowiu z pyłu proponowano różne techniki ługowania i obróbki termicznej. Procesy ługowania wykorzystują różne media, w tym kwas solny, kwas siarkowy i węglan amonu. Ogólnie rzecz biorąc, procesy ługowania nie usuwają całkowicie cynku z krzemianów i ferrytów powszechnie występujących w pyłe konwertorowym. Proponowane techniki obróbki pirotechnicznej generalnie zapewniają skuteczniejsze usuwanie cynku i ołowiu; jednak wszystkie mają pewne praktyczne wady.

W jednej z proponowanych ze stanu techniki metod, takiej jak opisana w patencie U.S. US 3386816, wstępnie zwilżoną mieszaninę pyłu konwertorowego i kwasu i/lub spoiwa, takiego jak bentonit, formuje się w kulki. Surowe kulki są suszone, a następnie wprowadzane do pieca obrotowego, gdzie są bębnowane w obecności rozdrobnionego, stałego środka redukującego, takiego jak koks. Kule są utrzymywane w piecu przez 45 minut do 3 godzin w temperaturze od 1600 do 2500°C w celu zredukowania tlenku żelaza oraz zredukowania i odparowania cynku, ołowiu i innych redukowalnych zanieczyszczeń. W tym procesie wymagany jest dłuższy okres czasu (z odpowiednimi kosztami utrzymania wysokich temperatur), aby osiągnąć pożądany stopień redukcji. Ponadto wymagany jest dodatkowy etap technologiczny, w celu oddzielenia niezwytego stałego reduktora od utwardzonych kulek. Patent ten wyraźnie wskazuje, że kulki powinny zawierać małe ilości wewnętrznego stałego środka redukującego, aby zapobiec zmniejszeniu wytrzymałości na ściskanie wysuszonych kulek do niedopuszczalnego poziomu przy transportowaniu.

Zaproponowano również zredukowanie granulowanego pyłu hutniczego przez ogrzewanie surowych granulek w obecności gazu redukującego, takiego jak reformowany metan. Oprócz konieczności stosowania gazu ziemnego, którego brakuje w tym kraju, utwardzone granulki wytwarzane w tym procesie często mają niską wytrzymałość na ściskanie i nie są w stanie wytrzymać prac transportowych wymaganych w nowoczesnych procesach obróbki rudy.

W jeszcze innej proponowanej metodzie ze stanu techniki, takiej jak ujawniona w patencie U.S. Nr 3,262,771, pył hutniczy miesza się z około 25-35% węgla i 0-10% wapienia, a powstałą domieszkę granulkuje się, surowe grudki spieka się w piecu z rusztem przesuwym w temperaturze około 1800-2300°C, spieczenie spaja granulki, jednocześnie kalcynując wapień i częściowo redukując tlenek żelaza w granulkach, a granulki są ostatecznie podgrzewane w piecu elektrycznym w celu zredukowania tlenku żelaza w żelazo i odparowania cynku, który jest usuwany w postaci pary. W amerykańskim patencie nr U.S. Pat. US 3 146 088, ujawniono podobny proces, w którym surowe brykiety o porowatości większej niż 20% są formowane z mieszaniny pyłu wielkopieczowego i pyłu z pieca martenowskiego, który został dostosowany tak, aby miał określoną zawartość węgla. Porowate surowe brykiety wypala się następnie w temperaturze od 1000 do 1250°C, a cynk i ołów odzyskuje się z pary.

W tych procesach z nieutwardzonymi surowymi grudkami należy ostrożnie obchodzić się przed wprowadzeniem do spiekania, aby zapobiec ich rozpadowi. Również znaczna ilość węgla jest spalana podczas etapu grudkowania, więc warunki grudkowania muszą być

dokładnie kontrolowane, aby zapewnić wystarczającą ilość węgla w grudce i aby zapewnić pożądaną redukcję podczas końcowego etapu ogrzewania. Ponadto wysokie temperatury wymagane w etapie grudkowania powodują wysokie koszty operacyjne ze względu na wymaganą ilość energii cieplnej.

Celem amerykańskiego wynalazku nr US 3770416 jest zapewnienie takiego procesu, w którym stały środek redukujący jest wprowadzany do aglomeratu, tak że jego zawartość może być ściśle kontrolowana w celu uzyskania szybkiej i zasadniczo całkowitej redukcji żelaza, cynku, ołowiu i innych redukowalnych zanieczyszczeń, a jednak powstały aglomerat nie ma wystarczającą wytrzymałość, aby wytrzymać przenoszenie i transport przed rozdrobnieniem.

Sposób według wynalazku nr US 3770416 obejmuje w szerokim zakresie etapy przygotowania zwilżonej domieszki bogatego w cynk pyłu hutniczego, drobno rozdrobnionego stałego materiału węglowego i środka wiążącego, starzenia zwilżonej domieszki przez czas wystarczający do uwodnienia wypalonego wapna i/lub cząstek zawartych w pyłe, formując tę podgrzewaną domieszkę do postaci aglomerowanej, utwardzając hydrotermicznie aglomeraty w stosunkowo niskiej temperaturze do postaci o podwyższonej wytrzymałości, odpornej na zgniatanie, a następnie podgrzewając utwardzone aglomeraty w podwyższonej temperaturze w celu całkowitego ulotnienia się cynku i ołowiu oraz metalizacji zawartego w nich tlenku żelaza. Etap utwardzania hydrotermicznego przeprowadza się w temperaturze znacznie niższej od temperatury spalania lub rozkładu materiału węglowego, tak że ilość wprowadzona do surowych aglomeratów pozostaje dostępna dla kolejnego etapu redukcji.

Drobno frakcyjny pył w postaci cząstek jest usuwany z par wydobywających się z pieca BOF za pomocą konwencjonalnego odpylacza elektrostatycznego. Pył typowo zawiera 40 do 70% żelaza, 3 do 15% CaO, 1 do 5% SiO<sub>2</sub>, 0,01 do 15% Zn, 0,01 do 3% Pb i niewielkie ilości innych zanieczyszczeń, takich jak MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i tym podobne. Ze względu na wysoką temperaturę formowania, cząstki pyłu konwertorowego są stosunkowo drobne i mają przede wszystkim kulisty kształt. Zazwyczaj mają rozkład wielkości około 80%, który jest mniejszy niż 0,8 mikrona i około 20%, wynoszący od około 0,1 do około 0,3 mikrona. Niektóre cząsteczki pyłu BOF mogą mieć nawet 0,05 mikrona. Oddzielony pył jest przenoszony do konwencjonalnego mieszalnika, gdzie jest mieszany z rozdrobnionym stałym materiałem węglowym, środkiem wiążącym i wystarczającą ilością wody, aby utworzyć zwilżoną

domieszkę, którą można uformować w oddzielne, zaglomerowane masy. Ewentualnie do mieszanki można dodać jeden lub więcej dodatków wzmacniających i inne drobne odpady hutnicze, takie jak pył z otwartego paleniska, śrut, zgorzelina walcownicza. Pył z paleniska otwartego jest dość podobny do pyłu konwertorowego, ale generalnie zawiera mniej żuźla i wypalonego wapna. Do pyłu dodaje się różne materiały ściernie, takie jak piasek, tlenek glinu i drobne żeliwo, więc ich skład może się różnić. Zgorzelina walcownicza składa się głównie z tlenków żelaza i zanieczyszczeń z gorących materiałów ogniotrwałych. Większe cząstki można oddzielić i zawrócić do wielkiego pieca, ale drobniejsze cząstki wymagają aglomeracji przed ponownym użyciem i można je dodać do mieszanki wraz z pyłem konwertorowym. Stwierdzono, że ilości jednego lub większej liczby tych innych miałów odpadowych z huty stali, w ilościach sięgających 75 masy całkowitej masy miału stosowanego w domieszce, dają powstałe, utwardzone aglomeraty o doskonałej wytrzymałości na ściskanie.

Zwilżona domieszka jest przenoszona do urządzenia do sezonowania w celu uwodnienia wypalonego wapna i/lub żuźla, typowo zawartego w pyłe konwertorowym i innych stosowanych drobnych odpadach hutniczych. Sezonowa mieszanka jest następnie przenoszona do konwencjonalnych urządzeń formujących, takich jak granulator, w którym jest formowana w zaglomerowaną postać. Surowe aglomeraty są przesiewane do z góry określonego, zasadniczo jednolitego rozmiaru, co jest korzystne przy załadunku do pieca do wytwarzania stali, w konwencjonalnym urządzeniu przesiewającym. Niewymiarowe granulki są zawracane do granulatora w celu dalszej aglomeracji. Surowe aglomeraty są albo wprowadzane bezpośrednio do komory reakcyjnej, takiej jak autoklaw, albo najpierw przenoszone do konwencjonalnej suszarki, gdzie są przynajmniej częściowo suszone w celu usunięcia większości zawartej w nich wilgoci przed wprowadzeniem do autoklaw. W autoklawie surowe lub wysuszone aglomeraty ogrzewa się do podwyższonej temperatury pod ciśnieniem i w obecności wilgoci w celu utwardzenia i związania cząstek w integralny aglomerat o wysokiej wytrzymałości.

Istnieje metoda odwadniania osadów polegająca na tym, że w celu związania zawartej w nich wilgoci miesza się je z wapnem palonym i przechowuje przez 2-3 dni do wchłonięcia i wyrównywania wilgoci (Butorina IV Utylizacja odpadów przemysłowych i domowych. - Mariupol: Strategia, 1999. Str. 150)

Ta metoda jest technicznie prosta i nie wymaga dużych kosztów energii do jej wdrożenia. Jednocześnie metoda ta jest skuteczna tylko w przypadkach, gdy obecność dużej

ilości wapna gaszonego w suszonym materiale jest dopuszczalna w warunkach procesu konsumenckiego. Ponadto dodatek dużych ilości wapna znacznie zwiększa koszt procesu odwadniania osadów.

Istnieje również metoda odwadniania osadów poprzez przetwarzanie ich w piecach obrotowych (Podręcznik wzbogacania rud. W 3 tomach / Ch. wyd. system operacyjny Bogdanow. T. 2. Produkcja podstawowa i pomocnicza, część II: Procesy specjalne i pomocnicze, badanie wymywalności, sterowanie i automatyzacja. - M.: Nedra, 1974.- str. 452). Metoda nie jest uzależniona od warunków atmosferycznych i pozwala na uzyskanie materiału o dowolnej wilgotności, ale wysokie ceny nośników energii, a także znaczne nakłady inwestycyjne na urządzenia suszące powodują, że ta metoda odwadniania osadów jest niezwykle kosztowna. Odpylanie prowadzi do konieczności instalowania odpylaczy, co dodatkowo podnosi koszt procesu. Nie można wykluczyć gromadzenia się szlamu na ścianach pieca obrotowego, co wymaga bezproduktywnych przerw na jego czyszczenie.

Najbardziej rozpowszechnionym sposobem odwadniania osadów, w tym szlamów z pieców konwertorowych, jest metoda odwadniania osadów w zbiornikach osadów i faz odwadniania, wykorzystująca naturalne procesy usuwania wilgoci przez odpływ wody i parowanie wilgoci. Metoda ta maksymalnie wykorzystuje naturalne procesy, co minimalizuje bieżące koszty przy zadowalającej jakości odwodnienia. Wydłuża to jednak znacznie cykl odwadniania (3-5 miesięcy lub więcej), co prowadzi do konieczności budowania zbiorników składowania i odwadniania osadów, które wymagają dużych powierzchni i szkód środowiskowych spowodowanych zanieczyszczeniami.

Sposób odwadniania szlamów z procesów metalurgicznych prezentuje patent ukraiński nr UA 78450, w którym przedstawiono metodę odwadniania osadów, polegającą na zastosowaniu nowych materiałów i warunków przetwarzania, co skraca się czas odwadniania do określonej wilgotności. W metodzie, w wyniku odparowania wilgoci (zgodnie z opisaną poniżej procedurą) następuje odwodnienie do poziomu 25-30%, dla warstwy o grubości 100 mm i przechowywanej przez 4-7 dni.

Mechanizm odwadniania osadów w zbiornikach osadowych jest następujący. W trakcie i po wlaniu do zbiornika pulpy, ze względu na różny ciężar właściwy osadu i wody:

lżejsza woda wypływa do góry, a ciężki osad osadza się na dnie, tworząc luźną, porowatą warstwę, pomiędzy której cząsteczkami jest woda. W celu przyspieszenia procesu górna warstwa wody może być odprowadzona przez odpływ ułożony w formie syfonu z regulowaną wysokością poziomu wody lub wylana przez górną część osadnika do wanny odpływowej.

Pozostała woda spływa dnem zbiornika, w którym zainstalowany jest porowaty filtr. Następnie w odsączonej pulpie znajdują się dwie warstwy. W górnej warstwie powietrze pojawia się pomiędzy cząstkami, a w dolnej wszystkie szczeliny są wypełnione wodą, która nie może przejść przez filtr ze względu na przeciwstawne siły grawitacyjne napięcia powierzchniowego wody, które jest tym większe im mniejsze kapilary, wielkość cząstek osadu i stopień zagęszczenia materiału. Czas suszenia wynosi 3-5 miesięcy lub dłużej. W przyszłości poziom wody nie spada, a woda jest usuwana przez górną warstwę przez odparowanie. A jeśli słup wody w szlamie nie zostanie przerwany, to w trakcie parowania woda jest odsysana z filtra dolnego, co zapobiega wysychaniu osadu. Wilgotność utrzymuje się na poziomie 25-30%.

W celu intensywniejszego suszenia szlamu konieczne jest rozerwanie warstwy kapilarnej, co uzyskuje się poprzez usunięcie szlamu ze zbiornika, a wyekstrahowany szlam musi zostać poddany pewnemu zagęszczeniu, ściśnięciu (również pod własnym ciężarem), co zmniejsza pory i wyciska nadmiar wilgoci. Zatem maksymalna ilość wilgoci zatrzymanej dla drobno frakcyjnego szlamu przy braku ciśnienia wynosi 32-37%, a przy ciśnieniu 50 MPa w szlamie pozostaje tylko 13-15% wilgoci. Wraz ze wzrostem wielkości osadu maksymalna ilość zatrzymywanej wilgoci zmniejsza się i wynosi średnio 25-30%. Działanie niektórych pras filtracyjnych, takich jak seria FPAKM, czy filtrów próżniowych, w których rolę ciśnienia pełni ciśnienie atmosferyczne, opiera się na wypieraniu wilgoci.

Dodatki niektórych substancji, w tym środki powierzchniowo czynne, które zmniejszają napięcie powierzchniowe wody, a także te, które tworzą kanały odpływu wilgoci z matrycy, sprzyjają szybszemu usuwaniu wilgoci. W szczególności proces odwadniania osadów jest znacząco intensyfikowany przez ich kontakt ze stałymi bezwodnikami kwasowymi (kwarc, koncentrat magnetytu) oraz niektórymi innymi materiałami o wysokiej higroskopijności, które aktywnie usuwają nadmiar wilgoci i intensyfikują proces odwodnienia. Zawartość wilgoci zostaje obniżona z 13-14% do 5-6%. Podobne właściwości ma żużel stalowniczy,

który jest często wykorzystywany do drenażu, który z niego się pozyskuje i na cząstkach, na których składowane są resztki żużla (Tołoczko A.I. Zagospodarowanie pyłów i szlamów w hutnictwie żelaza / A.I. Tołoczko, W.I. Slavin, Yu.M. Suprun i wsp. - Czelabińsk: Metalurgia, 1990.- str. 152).

Znany jest również sposób zagospodarowania odpadów zawierających tlenki żelaza z urządzeń do odpylania na mokro. Istota znanej metody polega na tym, że zawierający tlenki żelaza osad z mokrego oczyszczania gazów poddaje się osadzaniu i zagęszczaniu, przy wilgotności około 40-50%, następnie z zagęszczonego wytwarzany jest aglomerat i/lub pelety. Zagęszczony osad podawany jest specjalnymi pompami do mieszarek wtórnych wyposażonych w dysze ewolwentowe. Te ostatnie zapewniają rozpylanie zagęszczonej zawiesiny i równomierne zwilżanie wsadu. W przypadku zablokowania się rurociągów, następuje ich przepłukiwanie czystą wodą dostarczaną pod ciśnieniem. Po umyciu zanieczyszczona woda podawana jest do zagęszczacza. Analiza chemiczna osadów ze zbiorników sedymentacyjnych wykazała, że pod względem użytecznych składników osad można przyrównać do rudy o zawartości żelaza do 35%, dlatego wskazane jest jego zagospodarowanie. W przypadku braku możliwości utylizacji osadu na spiekalni, stosuje się odprowadzenie osadu rurociągami ciśnieniowymi do zbiorników magazynowych osadu o pojemności zapewniającej przechowywanie osadu przez 10-18 lat lub dłużej, po czym wysuszony osad można przesłać do spiekalni (prototyp, "Produkcja wielkopiecowa", informator, tom 2, państwowe wydawnictwo naukowo-techniczne literatury o metalurgii żelaza i metali nieżelaznych, Moskwa 1963, s. 276-281).

Wadami tej metody są stosowanie pomp pogłębiarkowych, zanieczyszczanie rurociągów oraz konieczność okresowego płukania, niska jakość przygotowania wsadu. Zanieczyszczona woda jest oczyszczana w osadnikach, w których do 92% pyłu osadza się w postaci szlamu. Ze względu na to, że ścieki z oczyszczania gazów, nawet po osadnikach, stale zawierają reszkowe zanieczyszczenia mechaniczne i okresowo zanieczyszczenia chemiczne, nie wolno wprowadzać tych wód do zbiorników.

Inny sposób usuwania i przetwarzania osadów metalurgicznych z odzyskiwania osadów eksploatacyjnych prezentuje rosyjski patent nr RU 2139360. Wynalazek ten dotyczy przygotowania surowców do preferencyjnego zastosowania w hutnictwie żelaza. Sposób usuwania i przerobu szlamu hutniczego z czynnego zbiornika szlamu, w tym doprowadzenie szlamu w postaci

szlamu z urządzeń hutniczych rurociągami ciśnieniowymi do zbiornika magazynowego szlamu, wypompowanie, odwodnienie szlamu i przygotowanie do spiekania, do postaci wsadu wielkopieczowego lub wysyłkę do odbiorców, różniących się tym, że po napełnieniu zbiornika magazynowego osadu ponad 75% jego objętości użytkowej, część szlamu osadowego jest przepompowywana do co najmniej jednego osadnika osadu czynnego, a odwadnianie osadu i jego przygotowanie do użytku odbywa się w osadniku osadu czynnego (mapa rekultywacyjna). Odwadnianie szlamu prowadzi się przez suszenie na powietrzu w warunkach naturalnych. Odwadnianie szlamu przeprowadza się przez oczyszczenie i wypompowanie wody z osadnika szlamu czynnego i zawrócenie jej do zbiornika magazynowego szlamu. Szlam odwadnia się do zawartości wilgoci 36 - 44% przy gęstości pulpy w rurociągach ciśnieniowych 1,3 - 1,4 t/m<sup>3</sup>.

Kolejny sposób utylizacji szlamów z procesów konwertorowych prezentuje polski opis patentowy nr P. 427396, w którym przedmiotem zgłoszenia jest sposób bezodpadowego recyklingu pyłów i szlamów z odpylania gazów procesowych zasadowych konwertorów tlenowych. Sposób ten 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 granulat topiony jest 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 wytracony cynk w postaci gazowej utlenia się w strumieniu powietrza, przy czym odpylanie fazy gazowej jest dwuetapowe, gdzie w pierwszym etapie gazy są wstępnie odpylane w komorze osadczą, 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. 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 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. 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.

Generalną wadą znanych procesów utylizacji szlamów pochodzących z procesów metalurgicznych jest ich gromadzenie w dołach, basenach i odstożnikach znajdujących się na terenie hut. Składowany w zbiornikach ziemnych szlam, jako odpad z procesów hutniczych stanowi zagrożenie ekologiczne i wpływa negatywnie na środowisko. Przepełnione zbiorniki i osadniki stanowią poważny problem dla hut.

Zagadnienie utylizacji szlamu pochodzącego z mokrego odpylania gazów odlotowych wielkiego pieca i konwertora tlenowego, w tym odzyskania zawartego w nim żelaza, z równoczesnym odwodnieniem szlamu do postaci jego zestalenia, a następnie zgranulowania rozwiązuje wynalazek pt. „Sposób wytwarzania granulatu ze szlamu pochodzącego z procesów metalurgicznych, zwłaszcza konwertorowych i/lub wielkopieczowych”.

Sposób wytwarzania granulatu ze szlamu pochodzącego z procesów metalurgicznych, zwłaszcza konwertorowych i/lub wielkopieczowych, polegający na zraszaniu wodą powstałych w czasie wytopu surówki i/lub stali gazów odlotowych i tworzeniu się wodnej zawiesiny pyłu będącego szlamem w postaci gęstego mułu, który poddaje się odwodnieniu przy udziale reduktora węglowego, osuszeniu i aglomerowaniu, charakteryzuje się tym, że do szlamu dodaje się reduktor będący nośnikiem wodoru, korzystnie mocznik oraz wapno palone, w wyniku czego wilgotny szlam ulega wstępnemu odwodnieniu, tworząc plastyczną pulpę. Pulpę po wstępnym uformowaniu wprowadza się do grudkownika, w którym w procesie grudkowania uzyskuje się granulaty o wielkości od 5 do 25 mm. Dodany do szlamu reduktor będący mocznikiem w stanie stałym nie przekracza 25 % masy szlamu, a dodane do szlamu wapno palone nie jest większe niż 12 % masy mieszaniny szlamu i reduktora w postaci mocznika.

Sposób wytwarzania granulatu ze szlamu pochodzącego z procesów metalurgicznych, zwłaszcza konwertorowych i/lub wielkopiecowych posiada wiele zalet i jest korzystny z powodów technologicznych i ekonomicznych. Przede wszystkim dostarczony jest sposób bezodpadowego recyklingu uwodnionych pyłów tworzących szlam pochodzących z odpylania gazów procesowych wielkiego pieca i konwertorów tlenowych, prowadzący do przetwarzania odpadów i jednoetapowej produkcji stali. Pozyskiwane grudki w procesie odwadniania szlamu i granulowania, zawierające dużą ilość żelaza, mogą stanowić źródło do dalszych procesów wytwarzania stali z ograniczonym udziałem rudy żelaza. Przekształcenie ciekłego szlamu w granulata dodatkowo całkowicie eliminuje problem odprowadzania i magazynowania uciążliwych dla środowiska odpadów na terenach hut.

Sposób wytwarzania granulatu ze szlamu pochodzącego z procesów metalurgicznych, zwłaszcza konwertorowych i/lub wielkopiecowych, według wynalazku zilustrowano na przykładach wykonania.

#### Przykład nr 1

Powstające w czasie wytopu stali w procesie konwertorowym gazy odlotowe zrasza się wodą, w wyniku czego tworzy się wodna mieszanina pyłów w postaci gęstego szlamu. Do wilgotnego szlamu dodaje się reduktor będący nośnikiem wodoru, w postaci będącego w stanie stałym mocznika, w ilości 15 % masy szlamu oraz wapno palone w ilości 8 % masy mieszaniny szlamu i reduktora w postaci mocznika, w wyniku czego wilgotny szlam ulega wstępnemu odwodnieniu, tworząc plastyczną pulpę. Pulpę po wstępnym uformowaniu wprowadza się do grudkownika, w którym w procesie grudkowania uzyskuje się granulata o wielkości pomiędzy 10 a 20 mm.

#### Przykład nr 2

Powstające w czasie wytopu surówki i w procesie wielkopiecowym gazy odlotowe zrasza się wodą, w wyniku czego tworzy się wodna mieszanina pyłów w postaci gęstego szlamu. Do wilgotnego szlamu dodaje się reduktor będący nośnikiem wodoru, w postaci będącego w stanie stałym mocznika, w ilości 20 % masy szlamu oraz wapno palone w ilości 10 % masy

mieszaniny szlamu i reduktora w postaci mocznika, w wyniku czego wilgotny szlam ulega wstępnemu odwodnieniu, tworząc plastyczną pulę. Pulę po wstępnym uformowaniu wprowadza się do grudkownika, w którym w procesie grudkowania uzyskuje się granulaty o wielkości pomiędzy 12 a 24 mm.

### Przykład nr 3

Powstające w czasie wytopu surówki w procesie wielkopieczowym i wytopu stali w procesie konwertorowym gazy odlotowe zrasza się wodą, w wyniku czego tworzy się wodna mieszanina pyłów w postaci gęstego szlamu. Do wilgotnego szlamu dodaje się reduktor będący nośnikiem wodoru, w postaci będącego w stanie stałym mocznika, w ilości 17 % masy szlamu oraz wapno palone w ilości 9 % masy mieszaniny szlamu i reduktora w postaci mocznika, w wyniku czego wilgotny szlam ulega wstępnemu odwodnieniu, tworząc plastyczną pulę. Pulę po wstępnym uformowaniu wprowadza się do grudkownika, w którym w procesie grudkowania uzyskuje się granulaty o wielkości pomiędzy 10 a 15 mm.