

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241865**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **431076**

(51) Int.Cl.

C21C 5/36 (2006.01)

C21B 3/04 (2006.01)

C04B 18/14 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **09.09.2019**

(54) **Sposób przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
22.03.2021 BUP 06/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
19.12.2022 WUP 51/22

(73) Uprawniony z patentu:

**PRZEDSIĘBIORSTWO PRODUKCYJNO
USŁUGOWO HANDLOWE EKO-ENERGIA
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ZBIGNIEW WZOREK, Niepołomice, PL
ZBIGNIEW GRABOWSKI, Kraków, PL
ŁUKASZ MATUSZCZYK, Bębło, PL
CZESŁAW BALAK, Kraków, PL
DARIUSZ STANISŁAW JELEŃ, Kraków, PL
SZYMON HATAŁSKI, Kleszczów, PL
PIOTR RADOMSKI, Kraków, PL
MACIEJ RERUTKO, Kraków, PL
ANNA NOWAK, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Maciej Czarnik

PL 241865 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu.

Szczególnym obszarem wykorzystania przedmiotowego wynalazku jest upowszechnienie wykorzystania odpadowych żużli stalowniczych do bezpiecznego stosowania jako kruszywo budowlane, zwłaszcza w drogownictwie jako kruszywo podkładowe pod drogi i autostrady. Powstała w toku procesu przetwarzania żużli stalowniczych oraz ich rozdziału hydraulicznego alkaliczna zawiesina, zawierająca głównie $\text{Ca}(\text{OH})_2$ stanowi produkt do wykorzystania w instalacjach sekwestracji CO_2 z gazów spalinyowych z różnych procesów przemysłowych, w tym z innych procesów hutniczych, procesów energetycznych i w innych procesach oczyszczania spalin z dwutlenku węgla. Celem sekwestracji jest obniżenie emisji CO_2 do powietrza.

Żużel, obok stali, jest głównym produktem powstającym w stalowniach konwertorowych lub elektrycznych. Stal wykorzystywana jest szeroko w wielu gałęziach przemysłu, natomiast żużel jako odpad z tego procesu stanowi poważny problem z jego zagospodarowaniem.

Głównymi fazami obecnymi w odpadowym żużlu hutniczym są srebrodoloskit ($\text{Ca}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_5$), wolny tlenek wapnia (CaO), tlenek żelaza (głównie w postaci wustytu FeO) oraz krzemionka i glinokrzemiany. Odpadowy żużel stalowniczy zawiera również około 15% do 20% żelaza metalicznego. Dodatkowo żelazo w żużlu może występować w postaci magnetytu (Fe_3O_4).

Obecnie stosowane rozwiązania techniczne pozyskiwania żużli stalowniczych polegają na tym, że gorące żużle stalownicze transportowane są spod konwertora w kadziach żużlowych na teren otwartego magazynu pośredniego tak zwanego „kafara”. W tym magazynie pośrednim żużle stalownicze są wylwane z kadzi żużlowej w celu ostudzenia i wstępnego oddzielenia od żużli stalowniczych złomu skrzepowego, występującego najczęściej w postaci dużych brył nawet do 1 m^3 . Złom skrzepowy wydziela się podczas wydobywania żużli stalowniczych z „kafara” przy pomocy koparko-ladowarek z użyciem dźwigów z elektromagnesem. W celu przyspieszenia studzenia, żużle stalownicze często polewane są wodą. Następnie po ostudzeniu żużle stalownicze są wybierane z magazynu pośredniego i transportowane na teren hałdy, gdzie podlegają dalszej obróbce – kruszeniu, przesiewaniu, długotrwałemu sezonowaniu, a przede wszystkim oddzieleniu złomu stalowego od żużli stalowniczych.

Z polskiego opisu patentowego nr PL 204475 pt. „Sposób obróbki surowego żużla hutniczego i sposób uzyskiwania z żużla hutniczego spoiwa hydraulicznego odpowiadającego cementowi portlandzkiemu” znany jest sposób obróbki surowego żużla hutniczego, polegający na prowadzeniu procesu utleniania surowego żużla z dostarczaniem tlenu lub powietrza lub ich mieszanki pod ciśnieniem od 1 do 15 barów, korzystnie od 5 do 10 barów w temperaturze w zakresie od 1650 do 1400°C , korzystnie w zakresie od 1550°C do 1450°C . Surowy żużel hutniczy zawiera w stosunku do całkowitego ciężaru żużla przynajmniej 45% wagowych CaO i mniej niż 30% wagowych Fe_2O_3 . Następnie do tak utlenionego żużla dodaje się źródło wapna uzupełnionego w razie potrzeby źródłem krzemionki i/lub źródłem tlenu glinowego. Proporcje źródła wapna i opcjonalnie źródła krzemionki/tlenu glinowego zostały wybrane tak, że żużel po transformacji i w temperaturze pokojowej posiada zawartość Fe_2O_3 przynajmniej 13% wagowych, a skład mineralny zawiera – przynajmniej 40% wagowych fazy mineralnej C_3S i ponad 10% wagowych, korzystnie przynajmniej 40% wagowych żelazianu wapnia w postaci C_3F i/lub fazy mineralnej C_4AF , w stosunku do ciężaru całkowitego przetworzonego żużla.

Z polskiego opisu patentowego nr PL 204517 pt. „Sposób obróbki żużla hutniczego, w którym otrzymuje się żużel hutniczy LD, obrobiony żużel LD i materiał zawierający mieszaninę cementu i obrobionego żużla LD” znany jest sposób otrzymywania żużla hutniczego LD. Sposób ten polega na tym, że do ciekłego żużla posiadającego temperaturę od 1350°C do 1550°C wdmuchuje się tlen albo mieszaninę gazów zawierającą gazowy tlen, miesza się i utlenia żużel. Wdmuchiwanie przeprowadza się tak, aby utrzymać ciśnienie tlenu lub mieszaniny gazów w równowadze z ciekłym żużlem od 10^2 do $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, następnie dodaje się do wymieszanego ciekłego żużla i rozpuszcza się w nim źródła tlenu glinu, wapna, krzemionki i żelaza, przy czym na 1000 kg obrabianego żużla dodaje się 142 do 1057 kg tlenu glinu, 250 do 779 kg wapna, 0 do 129 kg krzemionki oraz 0 do 140 kg żelaza, po czym chłodzi się żużel aż do zakrzepnięcia. Skład mineralogiczny otrzymanych żużli LD czyni je materiałami syntetycznymi o lepszych właściwościach przy stosowaniu ich na budowie w postaci granulatów do betonu lub dróg, spoiwa hydraulicznego lub spoiwa potencjalnie hydraulicznego.

Niedogodnością przy zastosowaniu żużli LD w postaci granulatów do betonu lub budowy dróg, do wytwarzania zarówno górnych warstw bitumicznych, jak i warstw fundamentów, jest obecność wolnego wapna, które powoduje pęcznienie nawierzchni drogi lub betonu. Również niedogodnością według znanych z wcześniejszego stanu techniki sposobów uzdatniania żużli hutniczych w celu ich dalszego wykorzystania, na przykład w drogownictwie jako kruszywo budowlane, jest utrudniony proces jego stabilizacji, ze względu na występujący w nim wolny tlenek wapnia CaO. Żużle stalownicze, a w szczególności ich frakcja drobna, posiadają wysoki wskaźnik rozpadów chemicznych związanych z hydratacją CaO do $\text{Ca}(\text{OH})_2$, powodujących jego niestabilność zarówno chemiczną jak i fizyczną. Jest to związane zarówno z reakcjami hydratacji wolnego CaO, ale też wieloma reakcjami wtórnymi, w wyniku których powstaje węglan wapnia wskutek swobodnego dostępu CO_2 i wody z powietrza. Podczas hydratacji następuje pęcznienie żużli stalowniczych, a w efekcie ich rozpad na frakcje drobne. Powolny rozpad żużli stalowniczych znany z wcześniejszego stanu techniki powoduje, że żużle te muszą być sezonowane nawet do 2 lat. W tym czasie żużle stalownicze muszą być przesypywane i polewane wodą, tak aby przyspieszyć zachodzące w nich procesy fizykochemiczne do osiągnięcia poziomu maksymalnie 3% sumy rozpadów (wg normy PN-EN 1744-1: 2000 Badania chemicznych właściwości kruszyw. Analiza chemiczna), co jest procesem długotrwałym i kosztownym. Po ustabilizowaniu żużle stalownicze są klasyfikowane na przesiewaczu sitowym na frakcje dla drogownictwa: 0÷12 mm, 13÷31 mm oraz 32÷63 mm. Frakcja powyżej 63 mm jest kruszona i kierowana do ponownego przesiewania lub sprzedawana jako frakcja ponadgabarytowa.

Zauważono, że podczas schładzania żużli stalowniczych, które polega na całkowitym przykryciu żużli stalowniczych warstwą wody, w wyniku gwałtownych zmian temperatury następuje spękanie ich struktury, co skutkuje przyśpieszonym rozpadem na frakcje drobne. Jednocześnie, szybkie schłodzenie żużli stalowniczych zapobiega procesom krystalizacji frakcji mineralnych, co powoduje zwiększenie ich przydatności jako kruszywo budowlane.

Nieoczekiwanie okazało się, że rozpadowi żużli stalowniczych towarzyszy przyśpieszona hydratacja wolnego CaO, który podczas przetwarzania przechodzi do wody w formie zawiesiny zawierającej głównie $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Dodatkowo związanie wolnego CaO żużli stalowniczych zapobiega dalszym procesom rozpadu, głównie frakcji powyżej 3–4 mm, zachodzącym podczas sezonowania w warunkach atmosferycznych, co umożliwiłoby znacznie szybsze wykorzystanie przetworzonych żużli stalowniczych np. do celów budowlanych.

Sposób przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, według wynalazku, obejmujący etap usuwania z tych żużli frakcji żelazonośnej, polega na tym, że te gorące żużle transportuje się spod konwertora w kadziach żużlowych na teren otwartego magazynu pośredniego, charakteryzuje się tym, że żużle hutnicze, w tym żużle stalownicze, mające temperaturę mniejszą lub równą 850°C , wylewa się bezpośrednio z kadzi do betonowego basenu, gdzie schładza się je gwałtownie poprzez wprowadzenie wody chłodzącej, aż do osiągnięcia poziomu lustra wody powyżej górnej powierzchni żużli, do całkowitego zakrycia powierzchni schładzanych żużli, co powoduje nagłe wystąpienie naprężeń termicznych i samorzutne rozbitcie żużli stalowniczych na mniejsze frakcje. Następnie poddaje się te żużle powolnemu samoczynnemu chłodzeniu do osiągnięcia temperatury nie większej niż 100°C , następnie schłodzone żużle wybiera się z betonowego basenu i poddaje procesowi usuwania frakcji żelazonośnej, następnie kieruje się je do systemu separacji hydraulicznej wraz z wodą z betonowego basenu, przy czym w procesie separacji hydraulicznej następuje rozdział odżelazionych żużli hutniczych od zawiesiny, w tym odżelazionych żużli stalowniczych na poszczególne frakcje, z których wydziela się nadziarno o granulacji powyżej 12 mm, zawierające głównie frakcje żelazonośne oraz wydziela się frakcję 4 do 12 mm i frakcję 0 do 4 mm, po czym wydzielone frakcje kieruje się na wybrane składowiska odżelazionych żużli, a po ich wystudzeniu i klasyfikacji hydraulicznej nadają się do bezpośredniego wykorzystania, bez konieczności ich sezonowania, przy czym żużle te zawierają średnio:

- 10% do 40% frakcji 0,0 do 4,0 mm,
- 10% do 30% frakcji 4,0 do 12,0 mm,
- 30% do 50% frakcji powyżej 12,0 mm,

natomiast zawiesina zawierająca pozostałą frakcję, zwłaszcza o uziarnieniu poniżej 4 mm, stanowi sorbent do absorpcji zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym oraz CO_2 , korzystnie prowadzonej w kolumnie absorpcyjnej spalin pochodzących z procesów energetycznych.

Korzystnie w procesie separacji hydraulicznej wydziela się frakcję 1–12 mm.

Pozostałe po separacji hydraulicznej odżelazone żużle hutnicze, w tym odżelazone żużle stalownicze, są przeznaczone między innymi do wytwarzania:

- kruszyw drogowych i budowlanych;
- produktu dla górnictwa do wypełniania wyrobisk pogórnich;
- materiału żelazonośnego dla przemysłu hutniczego;
- materiału będącego składnikiem zestawu surowcowego w przemyśle cementowym,
- ścierniwa.

Pozostała po klasyfikacji hydraulicznej zawiesina zawierająca fazę stałą o uziarnieniu poniżej 4,0 mm jest kierowana do dalszego wykorzystania jako sorbent do pochłaniania szkodliwego dwutlenku węgla CO₂ z gazów procesowych lub spalinowych powstałych w różnych procesach technologicznych.

Powstały w wyniku nagłej, przyspieszonej hydratacji wolnego tlenku wapnia drobnoziarnisty Ca(OH)₂ przechodzi do zawiesiny wodnej. Zawiesina wodna, zawierająca cząstki stałe o uziarnieniu 0 do 4 mm, korzystnie 0–1 mm, kierowana jest do zbiornika pośredniego z mieszadłem. Mieszanie ma na celu utrzymanie jednolitego składu zawiesiny. Następnie zawiesina, ze zbiornika pośredniego kierowana jest do absorbera zamontowanego w ciągu spalin pochodzących między innymi z procesu podgrzewania stali w walcowni, z koksowni lub innych procesach oczyszczania spalin. W absorberze zachodzi sekwestracja gazowego CO₂ obecnego w gazach procesowych lub spalinowych.

Korzystnie, gdy w sposobie według wynalazku zawiesina poabsorpcyjna kierowana jest do odstojnika Dorr'a, skąd frakcja wodna zawracana jest do betonowego basenu służącego do schładzania żużli hutniczych, w tym żużli stalowniczych, zaś frakcja stała o granulacji 0 do 4 mm kierowana na składowisko kruszywa drobnego do dalszego wykorzystania, np. do wytwarzania klinkieru portlandzkiego.

Zaletą sposobu przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, według wynalazku, jest możliwość wykorzystania odpadowych odżelazionych żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych, po usunięciu z ich składu większości frakcji żelazonośnych, co pozwala na ich dalszą przeróbkę mechaniczną dla szerszej możliwości ich wykorzystania. Sposób według wynalazku pozwala na bezpośrednie wykorzystanie wydzielonych frakcji kruszywowych o granulacji 4 do 12 mm na ich bezpośrednie użycie w budownictwie. Również frakcja 0 do 4 mm wydzielona sposobem według wynalazku pozwala na jej bezpośredni dodatek do zestawu surowcowego dla wytwarzania klinkieru portlandzkiego. Taka pylasta forma odżelazionych żużli stalowniczych dodatkowo generuje korzyści przy przygotowywaniu mieszaniny surowcowej, która w praktyce przemysłowej w całości domielana jest poniżej 0,2 mm. Ponadto odżelazone żużle stalownicze można zestawiać i mieszać z innymi surowcami żelazonośnymi, a także dodawać do zestawu surowcowego do produkcji klinkieru portlandzkiego we wszystkich cementowniach. Również otrzymana w trakcie realizacji sposobu według wynalazku zawiesina zawierająca fazę stałą o uziarnieniu poniżej 3–4 mm jest wykorzystywana do absorpcji zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym oraz CO₂, ze spalin pochodzących z procesów energetycznych, korzystnie w kolumnach absorpcyjnych. Ponadto istotną zaletą jest fakt, iż zaproponowana metoda postępowania z żużłami hutniczymi ułatwia odzysk żelaza metalicznego zawartego w tych żużłach.

Sposób przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalowniczych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, według wynalazku, został ujawniony w poniższych przykładach wykonania.

Przykład 1

Do przetwarzania żużli użyto żużli stalowniczych pobranych bezpośrednio z otwartego magazynu pośredniego – tak zwanego „kafara”. Pobrana próba żużli stalowniczych została uśredniona i ujednolicona. Pobrana próba żużli stalowniczych została rozdrobniona w kruszarce młotkowej i rozdzielona na sitach celem otrzymania frakcji o uziarnieniu 10÷25 mm. Z tak otrzymanej próby pobrano następnie 200 g żużli stalowniczych i wyprażono przez 1 godzinę w piecu kantelowym w temperaturze około 800°C. Po zakończeniu prażenia próbę żużła stalowniczego natychmiast po wyjęciu z pieca kantelowego wrzuciono do wcześniej odważonej wody przy założeniu stosunku masowego: masa żużła/masa wody 1/4.

Gwałtowne schłodzenie żużła skutkowało jego samorzutnym rozdrobnieniem. Około 15% żużła uległo rozdrobnieniu do uziarnienia poniżej 1 mm. Zawartość frakcji 0–4 mm wynosiła 50%, natomiast uziarnienie pozostałej części żużła mieściło się w zakresie 4–10 mm.

Otrzymany roztwór wodny został poddany procesowi wolnego chłodzenia i sedymentacji powstałej zawiesiny poprzez odstawienie roztworu na okres 2 godzin przy swobodnym dostępie powietrza. Po

oddzieleniu klarownego roztworu od substancji stałej, roztwór został przeniesiony do kolumny bez wypełnienia celem przeprowadzenia procesu absorpcji CO₂ z przygotowanej mieszaniny gazowej zawierającej suche powietrze i CO₂. Mieszanie gazów podawanych na kolumnę odbywało się w naczyniu uśredniającym, a samo ich dozowanie realizowano przy użyciu automatycznych regulatorów przepływu. Gaz do kolumny podawano od dołu przez spiek ceramiczny w celu otrzymania pęcherzyków gazu o średnicy około 2 mm, utrzymując cały czas stałe natężenie przepływu. Stosunek średnicy wewnętrznej do długości kolumny, przy wypełnieniu jej w 95% długości, wynosił 13,7. W procesie absorpcji CO₂ przyjęto stosunek objętość roztworu/natężenie przepływu gazu = 2,7, natomiast zawartość CO₂ w suchym powietrzu wynosiła 10 do 15% objętościowych.

W procesie użyto 570 cm³ klarownego roztworu po oddzieleniu odżelazionego żuźla stalowniczego, przy czym natężenie przepływu gazu wynosiło 210,3 cm³/min, a zawartość CO₂ w mieszaninie gazowej było = 11,8% objętościowych. Ze względu na zmienność warunków otoczenia takich jak temperatura, ciśnienie, skład gazu oznaczano przed podaniem do kolumny każdorazowo przed oraz w trakcie realizacji pomiarów. Zawartość CO₂ w gazie określano przy zastosowaniu aparatu Orsata, wyposażonego w płuczki roztworem KOH o stężeniu 10% wagowych do selektywnego absorbowania CO₂. W czasie pomiarów skład gazów opuszczających kolumnę (po przejściu przez roztwór) oznaczano ze stałym odstępem czasu wynoszącym 2 minuty, z tym że pierwszego pomiaru zawartości CO₂ w gazie opuszczającym kolumnę dokonywano 2 minuty od rozpoczęcia procesu. Proces absorpcji CO₂ kończono kiedy zawartość CO₂ w gazach opuszczających kolumnę w dwóch następujących po sobie pomiarach była równa zawartości CO₂ w gazie podawanym do sekwestracji CO₂ na kolumnie.

Na podstawie zmiany składu gazu w trakcie procesu wyznaczono zdolność do pochłaniania/absorpcji CO₂ (zdolność do sekwestracji CO₂), która wyniosła 57,3 mg CO₂/100 cm³ roztworu, co odpowiada 40,2 mg CO₂/100 g odżelazionego żuźla stalowniczego.

Przykład 2

Zbadano zdolność do sekwestracji CO₂ w analogicznych warunkach jak w Przykładzie 1, z tym że roztwór z szybkiego chłodzenia żuźla stalowniczego otrzymano po 24 godzinnym procesie sedymentacji. Na podstawie zmiany składu gazu wyznaczono zdolność do pochłaniania CO₂ otrzymanego roztworu, która wynosiła 136 mg CO₂/100 cm³ roztworu, co odpowiada 95,4 mg CO₂/100 g nieprażonego żuźla stalowniczego.

Przykład 3

Określono zdolność do sekwestracji CO₂ zawiesiny otrzymanej z szybkiego chłodzenia żuźla stalowniczego. Żużel stalowniczy o frakcji 10÷25 mm wyprażono w piecu przez 1 godzinę w temperaturze 800°C. Po zakończeniu prażenia żużel natychmiast schłodzono w wodzie przy zachowaniu stosunku masowego jak w Przykładzie 1.

Otrzymaną zawiesinę rozdzielono od wyprażonego żuźla z pominięciem procesu sedymentacji. Celem oddzielenia zawiesiny od większych drobin żuźla przefiltrowano ją na sicie o wielkości oka 0,6 mm.

570 cm³ otrzymanej zawiesiny po ochłodzeniu do temperatury otoczenia w czasie około 40 minut umieszczono w kolumnie sorpcyjnej, przez którą przepuszczano gaz celem oczyszczania z CO₂. Proces absorpcji CO₂ prowadzono analogicznie jak to opisano w Przykładzie 1.

Na podstawie zmiany składu gazu w trakcie procesu wyznaczono zdolność do pochłaniania CO₂ otrzymanej zawiesiny (zdolność do sekwestracji CO₂), która wynosiła 149 mg CO₂/100 cm³ roztworu, co odpowiada 105 mg CO₂/100 g nieprażonego żuźla stalowniczego.

Przykład 4 (porównawczy)

Została określona zdolność do sekwestracji roztworu otrzymanego po wprowadzeniu do wody wyprażonego żuźla stalowniczego, który był chłodzony łagodnie. Żużel stalowniczy o frakcji 10÷25 mm wyprażono w piecu przez 1 godzinę w temperaturze 800°C. Po zakończeniu procesu żużel wyjęto z pieca i odstawiono na 24 godziny celem powolnego ostygnięcia w warunkach otoczenia. Po ostygnięciu, wyprażony żużel przeniesiono następnie do wody, wcześniej odważonej przy zachowaniu stosunku masa żuźla/masa wody: 1/4.

W czasie tego procesu nie zaobserwowano zwiększonej kruchości żuźla pod wpływem kontaktu z wodą. Otrzymany roztwór pozostawiono celem sedymentacji osadu. Proces sedymentacji trwał 2 godziny przy swobodnym dostępie powietrza, po tym czasie oddzielono klarowny roztwór od osadu.

570 cm³ otrzymanego roztworu wykorzystano następnie do procesu oczyszczania gazu z CO₂. Proces ten prowadzono w kolumnie absorpcyjnej analogicznie jako opisano w przykładzie 1. W czasie pomiarów zawartość CO₂ w mieszaninie z suchym powietrzem wynosiła 11,6% objętościowych.

Na podstawie zmiany składu gazu w trakcie procesu wyznaczono zdolność do pochłaniania CO₂ otrzymanego roztworu (zdolność do sekwestracji CO₂) i wynosiła ona 59,79 mg CO₂/100 cm³ roztworu, co odpowiada 29,9 mg CO₂/100 g nieprażonego żużla stalowniczego.

Przykład 5

Do sekwestracji CO₂ z gazu, przygotowano na bazie żużla stalowniczego wodne roztwory. Roztwory te otrzymano poprzez umieszczenie w 800 g wody 200 g żużla o uziarnieniu 10÷25 mm. Stosunek masowy żużli do wody jak w Przykładzie 1, bez żadnych dodatkowych czynności. Po upływie 2 godzin roztwór klarowny oddzielono od osadu.

570 cm³ otrzymanego roztworu wykorzystano następnie do procesu oczyszczania gazu z CO₂. Proces ten prowadzono w kolumnie absorpcyjnej analogicznie jako opisano w przykładzie 1. W czasie pomiarów zawartość CO₂ w mieszaninie z suchym powietrzem wynosiła 11,6% objętościowych.

Na podstawie zmiany składu gazu w trakcie procesu wyznaczono zdolność do pochłaniania CO₂ otrzymanego roztworu (zdolność do sekwestracji CO₂), która wynosiła 47,1 mg CO₂/100 cm³ roztworu co odpowiada 33,1 mg CO₂/100 g żużla stalowniczego.

Zbadano zdolność do sekwestracji CO₂ w analogicznych warunkach, z tym, że roztwór na bazie żużla stalowniczego otrzymano po 24 godzinach przebywania żużla w wodzie, przy swobodnym dostępie powietrza. Na podstawie zmiany składu gazu wyznaczono zdolność do pochłaniania CO₂ otrzymanego roztworu, która wynosiła 61,2 mg CO₂/100 cm³ roztworu, co odpowiada 43,0 mg CO₂/100 g żużla stalowniczego.

Przykład 6

Do procesu sekwestracji CO₂ z gazu wykorzystano wodę z granulacji żużla wielkopieczowego. Proces ten prowadzono w kolumnie absorpcyjnej analogicznie jak opisano w Przykładzie 1, używając 570 cm³ wody z granulacji żużla wielkopieczowego, bez żadnych dodatkowych czynności (woda była klarowna, nie zawierała widocznych drobin). W czasie pomiarów zawartość CO₂ w mieszaninie z suchym powietrzem wynosiła 11,2% objętościowych.

Na podstawie zmiany składu gazu w trakcie procesu wyznaczono zdolność do sekwestracji CO₂, która wynosiła 27,0 mg wody z granulacji żużla wielkopieczowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób przetwarzania żużli hutniczych, zwłaszcza żużli stalownicznych dla ich dalszego wykorzystania w różnych gałęziach przemysłu, obejmujący etap usuwania z tych żużli frakcji żelazonośnej, polegający na tym, że te gorące żużle transportuje się spod konwertora w kadziach żużlowych na teren otwartego magazynu pośredniego, **znamienny tym**, że żużle hutnicze, w tym żużle stalowniczne, mające temperaturę mniejszą lub równą 850°C, wylewa się bezpośrednio z kadzi do betonowego basenu, gdzie schładza się je gwałtownie poprzez wprowadzenie wody chłodzącej, aż do osiągnięcia poziomu lustra wody powyżej górnej powierzchni żużli, do całkowitego zakrycia powierzchni schładzanych żużli, co powoduje nagłe wystąpienie naprężeń termicznych i samorzutne rozbicie żużli stalownicznych na mniejsze frakcje, a następnie poddaje się te żużle powolnemu samoczynnemu chłodzeniu do osiągnięcia temperatury nie większej niż 100°C, następnie schłodzone żużle wybiera się z betonowego basenu i poddaje procesowi usuwania frakcji żelazonośnej, następnie kieruje się je do systemu separacji hydraulicznej wraz z wodą z betonowego basenu, przy czym w procesie separacji hydraulicznej następuje rozdział odżelazionych żużli hutniczych od zawiesiny, w tym odżelazionych żużli stalownicznych na poszczególne frakcje, z których wydziela się nadziarno o granulacji powyżej 12 mm, zawierające głównie frakcje żelazonośne oraz wydziela się frakcję 4 do 12 mm i frakcję 0 do 4 mm, po czym wydzielone frakcje kieruje się na wybrane składowiska odżelazionych żużli, a po ich wystudzeniu i klasyfikacji hydraulicznej nadają się do bezpośredniego wykorzystania, bez konieczności ich sezonowania, przy czym żużle te zawierają średnio:
 - 10% do 40% frakcji 0,0 do 4,0 mm,
 - 10% do 30% frakcji 4,0 do 12,0 mm,
 - 30% do 50% frakcji powyżej 12,0 mm,

natomiast zawiesina zawierająca pozostałą frakcję, zwłaszcza o uziarnieniu poniżej 4 mm, stanowi sorbent do absorpcji zanieczyszczeń o charakterze kwaśnym oraz CO₂, korzystnie prowadzonej w kolumnie absorpcyjnej spalin pochodzących z procesów energetycznych.

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w procesie separacji hydraulicznej wydziela się frakcję o granulacji 1—2 mm.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiesinę zawierającą fazę stałą poddaje się separacji cząstek stałych, korzystnie w odstojnikach Dorr'a, a otrzymaną fazę ciekłą zwraca się do procesu schładzania żużli stalowniczych.
4. Sposób według zastrz. 1 lub 3, **znamienny tym**, że cząstki stałe po procesie separacji w odstojnikach Dorr'a dodaje się do zestawu surowcowego dla wytwarzania klinkieru portlandzkiego.