

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246083 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **418532**

(22) Data zgłoszenia: **2016.09.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2018.03.12 BUP 06/2018**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.12.02 WUP 49/2024**

(51) MKP:

C04B 18/08 (2006.01)

C04B 18/10 (2006.01)

C04B 33/135 (2006.01)

C04B 33/132 (2006.01)

F27B 7/10 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**EXPLO SOLUTION SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ANDRZEJ W. RADOMSKI, Warszawa, PL

LESZEK P. SIERZPUTOWSKI, Warszawa, PL

JANUSZ SOKOŁOWSKI, Warszawa, PL

BEATA A. STEPNOWSKA, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Ewa Malewska, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Instalacja do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, sposób wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu oraz lekkie kruszywo ceramiczne wytworzone tym sposobem

PL 246083 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest instalacja do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, sposób wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu oraz lekkie kruszywo ceramiczne wytworzone tym sposobem. W szczególności wynalazek dotyczy niskoemisyjnego, bezodpadowego, energooszczędnego procesu zagospodarowania strumieni produktów ubocznych różnorodnych procesów technologicznych, z wytworzeniem lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu o ogólnym zastosowaniu, w instalacji przystosowanej do wypalania i spiekania. Sposób według wynalazku pozwala na zagospodarowanie popiołów i pyłów dymnicowych ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego lub biomasy z wykorzystaniem strumienia lub strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, w tym ciekłych i trudnych do zagospodarowania z uwagi na ich skład chemiczny.

Dbłość o jakość naturalnego środowiska powinna być obecnie priorytetem działań ludzkości. Projektowanie i wprowadzanie do praktyki przemysłowej technologii bezodpadowych, postęp w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, zwiększanie efektywności energetyki tradycyjnej, promowanie zasad zielonej chemii czy ekonomii obiegu zamkniętego surowców i materiałów są tego dobitnym przykładem. Mimo to nie sposób w krótkim czasie zastąpić szeregu technologii generujących określone strumienie materiałów ubocznych procesami bezodpadowymi ani energetyki opartej o surowce kopalne – wyłącznie źródłami energii odnawialnej. Poza tym istnieje już wiele milionów ton odpadów nagromadzonych na hałdach otaczających kopalnie, elektrownie oraz liczne inne jednostki produkcyjne.

W tej sytuacji potrzebne jest podjęcie działań, aby co najmniej zmniejszyć coroczny strumień surowców składowanych. Do najliczniejszych należą odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalni, w tym węgla, odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych, mieszanki popiołowo-żuźłowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych oraz popioły lotne ze spalania węgla kamiennego i brunatnego. Rośnie również ilość popiołów lotnych ze spalania biomasy oraz osadów z fermentacyjnego oczyszczania ścieków.

Do szczególnie uciążliwych, trudnych do zagospodarowania, należą produkty uboczne zawierające substancje i związki niebezpieczne dla otoczenia, w tym dla zdrowia oraz życia ludzi i zwierząt, zwłaszcza gdy, substancje te są dobrze rozpuszczalne w wodzie, a z procesów przemysłowych odbierane są w postaci roztworów, jak również materiały zawierające żywice mocznikowo- oraz fenolowo-formaldehydowe, zwłaszcza surowce, wtórne z produkcji płyt meblarskich.

Znanych jest szereg technologii pozwalających na zagospodarowanie strumieni produktów ubocznych różnorodnych procesów przemysłowych i wytwarzanie z nich kruszyw sztucznych.

Znane są kruszywa pochodzenia mineralnego, uzyskiwane w wyniku prowadzenia procesów przemysłowych obejmujących modyfikację termiczną lub inną. W stanie techniki lekkie porowate kruszywa ceramiczne otrzymywane są z naturalnych materiałów ilastych modyfikowanych termicznie w piecach obrotowych z możliwością jednoczesnej utylizacji, określonych ilości odpadów, takich jak przeterminowane farby i lakiery bądź zużyte rozpuszczalniki. Kruszywa te znane są jako keramzyty.

Lekkie kruszywa sztuczne mogą być również produkowane z wtórnych surowców odpadowych, które powstają w energetyce (popioły oraz żuźle). Znane są technologie Lytag, Pollytag, Corson, w których zaglomerowane popioły i żuźle poddawane są termicznej obróbce na taśmach spiekalniczych, opalanych paliwem zewnętrznym, a także technologie Gralit lub według patentu elektrowni Wisconsin, w których spiekanie prowadzone jest w piecach obrotowych, również z dodatkiem paliwa zewnętrznego.

Przetwarzane popioły lotne zawierają w sobie pewną ilość niespalonego węgla. Jeśli zawartość węgla przekroczy 5÷6% wag. w masie wsadu, istnieją szanse poprowadzenia procesu wypalania i spiekania bez dodatku paliwa zewnętrznego. Warunki przeprowadzenia autotermicznego procesu wypalania i spiekania istnieją w piecach szybowych. Dotychczas nie udało się jednak wdrożyć do praktyki przemysłowej technologii opartej o piec szybowy, głównie z powodu trudności w prowadzeniu dużych pieców tak, by otrzymywane kruszywo miało jednakowe parametry fizykomechaniczne w całej swojej masie. Osiągnięto to natomiast w technologii LSA (polskie zgłoszenie patentowe nr P.405742), dzięki zastosowaniu pieca obrotowego o unikalnej konstrukcji (patent nr PL 196842). Otrzymywane w tej technologii z popiołów po spalaniu węgla kamiennego lekkie kruszywo o nazwie Certyd jest zdecydowanie tańsze od kruszyw produkowanych według wcześniejszych, wyżej wymienionych technologii.

Z ekologicznego punktu widzenia doniosłym i dotychczas nierozwiązanym problemem jest utylizacja strumieni ubocznych z procesów technologicznych generujących duże objętości dobrze rozpuszczalnych w wodzie związków – także soli, które nie wypadają z roztworu nawet po odstaniu czy znacznym zatężeniu, posiadają natomiast istotną wartość energetyczną.

Zalicza się tu m.in. następujące strumienie produktów ubocznych z produkcji trinitrotolenu (TNT):

- wodny roztwór soli sodowych kwasów toluenodinitrosulfonowych zawierający również azotyn sodu, siarczyn sodu i trinitrotoluen, pochodzący z oczyszczania trinitrotolenu metodą siarczynowania, po ewentualnym rozcieńczeniu, zatężeniu lub innych operacjach technologicznych, określane jako „czerwone wody”,
- odpadowy trotyl techniczny,
- wodna zawiesina gipsu z neutralizacji kwasu ponitracyjnego.

Innym przykładem może być strumień produktów ubocznych z produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych zawierający rozpuszczalne w wodzie sole (np.: azotan amonu, azotan wapnia) oraz fazę organiczną (np.: olej, ciekłe parafiny) i emulgator.

Trudne do utylizacji są również zużyte kąpiele galwaniczne zawierające sole cyjankowe, a także ścieki przemysłowe zawierające toksyczne związki organiczne.

Innym trudnym do utylizacji materiałem są odpady po flotacyjnym wzbogacaniu rud metali.

Istotnym problemem są także tak zwane „czarne wody” – odpad po flotacyjnym wzbogacaniu surowego urobku węgla kamiennego zawierający subtelne drobiny węgla i skały płonnej.

Celem wynalazku jest zapewnienie lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, o ogólnym przeznaczeniu w: budownictwie – także mieszkalnym, ogrodnictwie i tym podobnych zastosowaniach, opracowanie sposobu wytwarzania takiego lekkiego kruszywa ceramicznego, na bazie popiołów ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego i/lub biomasy oraz strumieni produktów ubocznych z innych procesów przemysłowych, a także opracowanie instalacji do realizacji wskazanego sposobu, to jest do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego w warunkach niskoemisyjnych oraz energooszczędnych. Dalszym celem wynalazku jest zapewnienie sposobu zagospodarowania nagromadzonych i/lub pochodzących z bieżącego wypadu strumieni produktów ubocznych z różnorodnych przemysłowo eksploatowanych technologii oraz przetworzenie ich w produkt rynkowy o szerokim wachlarzu zastosowań, z wykorzystaniem instalacji według wynalazku. Doniosłym, szczególnym celem niniejszego wynalazku jest zapewnienie możliwości bezpiecznej, niskoemisyjnej, autotermicznej utylizacji trudnych do zagospodarowania toksycznych i niebezpiecznych ciekłych produktów z procesu produkcji trinitrotolenu, bądź emulsyjnych materiałów wybuchowych z wytworzeniem lekkiego kruszywa ceramicznego spełniającego normy techniczne warunkujące ich szerokie zastosowanie, w szczególności normy PN-EN 13055-1:2003 i PN-EN 13055-2:2006, zastąpione aktualnie obowiązującą normą PN-EN 13055:2016.

Cele te zostały zrealizowane dzięki rozwiązaniu według wynalazku.

Instalacja do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, na bazie popiołów i pyłów dymnicowych ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego i/lub biomasy, obejmująca urządzenia do mieszania, zarabiania mieszanek surowcowych, ich rozdrabniania, aglomerowania (granulowania), transportowania, suszenia oraz do wypalania i spiekania ziaren kruszywa, a także do ich chłodzenia oraz ewentualnie kruszenia, segregacji i składowania, według obecnego wynalazku obejmuje zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej, pieca szybowo-obrotowego i pionowego spiekalnika, gdzie taśma suszarni obudowana jest osłoną termiczną, podzieloną na co najmniej trzy strefy suszenia granulatu podawanego z zasobnika w przeciwnym kierunku względem gazów spalinowych wychodzących przez łącznik z pieca szybowo-obrotowego z osią obrotu odchyloną od poziomu, posadowionego na konstrukcji nośnej zaopatrzonej w rolki biegowe i rolki biegowo-oporowe, którego szyb zbudowany jest z płaszcza stalowego, z bieżniami dla rolek biegowych i biegowo-oporowych, wymurowanego w środku warstwą żaroodpornego betonu izolacyjnego i warstwą żaroodpornego betonu roboczego, gdzie do szybu pieca, przez rozdzielacz jest doprowadzane powietrze, w przeciwnym kierunku układzie krzyżowym i/lub poosiowym, na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca, zaś poprzez łącznik – gazy spalinowe z pionowego, nieruchomego spiekalnika, zbudowanego z płaszcza stalowego z wlotem powietrza oraz z wymurówką izolacyjną i roboczą, przy czym spiekalnik stanowi przedłużenie pieca szybowo-obrotowego, posadowiony na chłodniku taśmowym, a od dołu spiekalnik wyposażony jest w układ ślimaków obrotowych do rozładunku kruszywa i jego dozowania do wskazanego chłodnika taśmowego.

Korzystnie, oś szybu pieca odchylona jest od poziomu o co najmniej 25°, korzystnie powyżej 45°.

Korzystnie, powierzchnia warstwy betonu roboczego w piecu szybowo-obrotowym jest ryflowana wzdłuż osi pieca.

Korzystnie, rolki biegowe i rolki biegowo-oporowe mają napęd zapewniający ruch obrotowy pieca realizowany w sposób cierny.

Korzystnie, na płaszczu stalowym pieca szybowo-obrotowego zamontowany jest wieniec zębaty do realizacji ruchu obrotowego tego pieca.

Korzystnie, wszystkie elementy składowe zintegrowanego urządzenia spiekalniczego są szczelnie połączone łącznikami.

Alternatywnie, zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej, pieca szybowo-obrotowego i pionowego spiekalnika, stanowi wyodrębnioną całość, składającą się z trzech odrębnych przemieszczalnych (przenośnych) modułów, zespalanych w szczelną całość za pomocą łączników.

Sposób wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, na bazie popiołów i pyłów dymnicowych ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego i/lub biomasy, w warunkach energooszczędnych, utylizujący strumienie produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, uzupełniające energetyczny wsad w procesie wypalania i spiekania kruszywa w warunkach autotermiczności, obejmujący mieszanie, zarabianie mieszanek surowcowych, ich rozdrabnianie, aglomerowanie (granulowanie), transportowanie, suszenie oraz wypalanie i spiekanie ziaren kruszywa, a następnie chłodzenie oraz ewentualnie kruszenie, segregacja i składowanie, z wykorzystaniem instalacji opisanej wyżej, według obecnego wynalazku polega na tym, że do mieszanki surowcowej obejmującej wskazane popioły i pyły dodaje się wysokoenergetyczne, ewentualnie ciekłe i zapewniające ekwiwalent wody technologicznej, produkty uboczne z innych procesów technologicznych, stanowiące energetyczny ekwiwalent węgla, do zapewnienia autotermiczności procesu wypalania i spiekania kruszywa, w ilości zapewniającej uzupełnienie wsadu energetycznego w tej mieszance do zawartości co najmniej 6% wag., korzystnie 10% wag. w przeliczeniu na węgiel lub do wartości opałowej co najmniej 1,7 MJ/kg, korzystnie 2,8 MJ/kg w przeliczeniu na suchą mieszankę oraz do zapewnienia sumarycznej wilgotności wsadu nie przekraczającej 30% wag. oraz ewentualnie wprowadza się dodatek czynnika wspomagającego aglomerację drobin mieszanki surowcowej, a następnie prowadzi się aglomerację bezciśnieniową, korzystnie granulowanie, po czym wilgotny granulat, o wielkości ziaren powyżej 4 mm, poddaje się suszeniu do temperatury gwarantującej jego samozapłon przed skierowaniem do wypalania w piecu szybowo-obrotowym, gdzie w całej wypalanej masie utrzymuje się identyczne warunki wypalania i korzystnie atmosferę redukującą lub półredukującą, podając strumień powietrza w układzie krzyżowym na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca i/lub poosiowo wraz z gazami spalinowymi ze spiekalnika i w przeciwnym kierunku do wypalanego granulatu, osiągając na wyjściu z pieca szybowo-obrotowego temperaturę co najmniej 1000°C, a następnie wypalony granulat poddaje się w spiekalniku spiekaniu w temperaturze do 1250°C, zaś po zakończeniu spiekania, materiał poddaje się chłodzeniu, a powietrze podgrzane w tym etapie kieruje się do pieca szybowo-obrotowego i/lub suszarni, i odbiera się uzyskane ochłodzone lekkie kruszywo, które ewentualnie kieruje się dalej na składowisko gotowego produktu.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych stosuje się strumień lub strumienie produktów ubocznych z produkcji trinitrotoluenu.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku stosuje się strumień stanowiący wodny roztwór soli sodowych kwasów toluenodinitrosulfonowych, zawierający również azotyn sodu, siarczyn sodu i trinitrotoluen, pochodzący z oczyszczania trinitrotoluenu metodą siarczynowania, po ewentualnym rozcieńczeniu, zateżeniu lub innych operacjach technologicznych, określane jako „czerwone wody”. W szczególności, korzystnie stosuje się strumień odpadowego trotylu technicznego i/lub strumień wodnej zawiesiny gipsu z neutralizacji kwasu ponitracyjnego.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień emulsji wodnej z płukania/czyszczenia urządzeń i/lub środków transportowo-załadowniczych wykorzystywanych w produkcji, transporcie i załadunku (do otworów strzałowych) emulsyjnych materiałów wybuchowych.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień odpadu po flotacyjnym wzbogacaniu surowego urobku węgla kamiennego, zawierającego subtelne drobiny węgla i skały płonnej, znanego jako „czarne wody”.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień odpadu po flotacyjnym wzbogacaniu rud metali, zwłaszcza rud żelaza.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień zużytych kąpeli galwanicznych zawierających sole cyjankowe i/lub strumień ścieków przemysłowych zawierających toksyczne związki organiczne.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień nitroamin, nitroestrów i mieszanin zawierających nitroaminy i/lub nitroestry, w tym w szczególności formy użytkowe tych mieszanin.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się odpady technologiczne z mechanicznej obróbki płyt wiórowych i płyt OSB, o wysokiej wartości opałowej, lecz z dużą zawartością klejów i żywic organicznych, zwłaszcza mocznikowo- lub fenolowo-formaldehydowych, przy czym wskazany materiał stanowi strumień surowcowy zmniejszający wilgotność mieszanki popiołowej, a ze względu na znaczną zawartość celulozy – jako strumień surowcowy wspomagający proces granulowania mieszanki surowcowej poprzez regulację zwilżalności drobin materiałów suchych na granicach faz.

Korzystnie, w sposobie według wynalazku, jako surowiec bazowy stosuje się suche popioły z elektrowni, elektrociepłowni i/lub ciepłowni, ze spalania węgla kamiennego, a także ze spalania węgla brunatnego i/lub biomasy, pochodzące z bezpośredniego wypadu z elektrowni, elektrociepłowni i/lub ciepłowni.

Alternatywnie, jako surowiec bazowy stosuje się wilgotne popioły zgromadzone na hałdach.

Zgodnie z wynalazkiem, w sposobie według wynalazku czynnik wspomagający aglomerację stosuje się w ilości zależnej od właściwości środka aglomerującego, w zakresie 2÷4% wag. dla specjalnie preparowanych materiałów ilastych typu montmorylonitu lub 6÷10% wag. dla glin. Korzystnie, jako czynnik wspomagający aglomerację stosuje się dodatek wybrany z grupy obejmującej: pofermentacyjne osady ściekowe, uwzględniając, że ich wilgotność sięga 70% wag., zawiesiny wodne drobin węgla po płukaniu urobku węgla kamiennego, zwłaszcza w postaci pasty po odfiltrowaniu na prasach filtracyjnych, strumienie gipsu, tak w postaci powietrzno-suchej, przykładowo z procesu mokrego odsiarczania gazów spalinowych, jak i w postaci zawiesiny wodnej, przykładowo z procesu neutralizacji strumienia kwasów ponitracyjnych, jak również emulsje wodne, przykładowo z procesu płukania/czyszczenia urządzeń wykorzystywanych w produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych, przy czym jeśli jako surowiec bazowy stosuje się popioły o odczynie alkalicznym, zwłaszcza ze spalania węgla brunatnego i/lub biomasy, to stosuje się dodatek środka wspomagającego aglomerację w postaci kwaśnego fosfogipsu, neutralizującego jednocześnie odczyn mieszanki.

Wynalazek obejmuje także lekkie kruszywo ceramiczne typu popiołoporytu, wytworzone powyższym sposobem, które zgodnie z wynalazkiem ma granule o wymiarach w granicach 2÷16 mm i korzystnie większość granul, a najkorzystniej 80% granul, ma wymiary powyżej 3 mm, a ponadto ma gęstość w granicach 0,6 do 0,9 g/cm³, korzystnie 0,8 g/cm³ oraz zawartość węgla poniżej 0,1% wag.

Jak wspomniano wyżej, zgodnie z wynalazkiem powietrze potrzebne do procesu wypalania wsadu energetycznego doprowadzane jest poosiowo w jednym miejscu – na dole szybu, wraz z gazami spalinowymi przepływającymi ze spiekalnika. Alternatywnie, strumienie powietrza podawane są do pieca promieniowo na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca i/lub poosiowo od dołu pieca.

Szczelne połączenie wszystkich elementów składowych urządzenia spiekalniczego eliminuje niepożądaną emisję gazów spalinowych i pyłów, obniżając efektywność procesów wypalania i spiekania, a także zapylenie hali technologicznej.

Korzystnie w instalacji według wynalazku zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej, pieca szybowo-obrotowego i pionowego spiekalnika, stanowi wyodrębnioną całość, składającą się z trzech odrębnych przemieszczalnych (przenośnych) modułów, zespалanych w szczelną całość w miejscu przygotowania mieszanki surowcowej do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego.

Produkcja lekkiego kruszywa ceramicznego według wynalazku jest energooszczędna, czyli prowadzona bez dodatku konwencjonalnego paliwa zewnętrznego oraz bezodpadowa, czyli że wszystkie odpady powstające w trakcie produkcji zwracane są do procesu. Odzyskiwana jest również woda.

Ciepło gazów spalinowych wynoszonych z urządzenia spiekalniczego oraz ciepło ze strumienia chłodzącego gotowe lekkie kruszywo wykorzystywane jest do przeciwwądrowego suszenia zgranulowanej mieszanki; może być także wykorzystywane w fabryce dla celów socjalnych, a nadmiar odzyskany w kotle utylizatorze może być wykorzystany dla celów zewnętrznych.

Jedną z głównych zalet rozwiązania według wynalazku jest wykorzystanie trudnych do zagospodarowania i utylizacji strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, zwłaszcza roztworów wodnych dobrze rozpuszczalnych związków, w tym soli związków organicznych, oraz zawieszin substancji pochodzenia naturalnego, które dotychczas nie nadawały się do utylizacji nawet po zagęszczeniu na prasach lub przez odparowanie wody.

Przedmiot wynalazku jest omówiony w sposób szczegółowy z odniesieniem do rysunku, na którym:

- Fig. 1 przedstawia schemat blokowy sposobu wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego według wynalazku, realizowanego w instalacji pokazanej na rysunku Fig. 2,
- Fig. 2 przedstawia zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej, pieca szybowo-obrotowego i pionowego spiekalnika, w instalacji według wynalazku,
- Fig. 3 przedstawia przekrój przez piec szybowo-obrotowy wzdłuż jego osi podłużnej.

Szczegółowy opis wynalazku

W zakresie sposobu wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, wynalazek polega na takim zestawieniu mieszanek surowcowych na bazie popiołów elektrowniarnych ze spalania węgla kamiennego, a także węgla brunatnego i/lub biomasy w warunkach energooszczędnych, utylizujący strumienie produktów ubocznych pochodzących z innych procesów technologicznych, aby wilgotność mieszanki surowcowej zapewniała jej właściwą aglomerację, a sumaryczny wsad energetyczny w przetwarzanej mieszance surowcowej gwarantował autotermiczny bieg procesu wypalania i spiekania wytworzonych na wstępie wilgotnych granul.

Schemat blokowy sposobu według wynalazku przedstawiony jest na załączonym rysunku Fig. 1. Sposób ten obejmuje mieszanie strumieni surowcowych, zarabianie mieszanek surowcowych, ich aglomerowanie, transportowanie, suszenie oraz wypalanie i spiekanie ziaren kruszywa, a następnie kruszenie i segregację gotowego kruszywa i magazynowanie. Strumienie gazów spalinowych z procesu wypalania i końcowego spiekania oraz powietrza chłodzącego gotowe kruszywo wykorzystuje się do suszenia granulatu, a gazy opuszczające suszarnię kieruje się do komina po ewentualnym wykropleniu wody technologicznej.

Linia technologiczna jest zgodnie z wynalazkiem tak zorganizowana, że ciepło gazów spalinowych wynoszonych z urządzenia spiekalniczego oraz pieca szybowo-obrotowego wykorzystywane jest do przeciwnieprądowego suszenia zgranulowanej mieszanki, przy czym urządzenie spiekalnicze jest zasilane ciepłym strumieniem powietrza chłodzącego gotowe lekkie kruszywo.

Zintegrowane urządzenie spiekalnicze wykorzystywane w omawianej linii technologicznej, złożone z suszarni taśmowej, pieca szybowo-obrotowego i pionowego spiekalnika, w którym taśma suszarni posiada osłonę termiczną, pozwala na bezodpadową, niskoemisyjną produkcję lekkich kruszyw ceramicznych, konkurencyjnych pod względem parametrów fizykomechanicznych, fizykochemicznych i handlowych z dostępnymi na rynku kruszywami spełniającymi normy PN-EN 13055-1:2003 i PN-EN 13055-2:2006 (aktualnie: PN-EN 13055:2016).

Zastosowanie pieca szybowo-obrotowego pozwala na bardzo duże wypełnienie szybu pieca wypalaniem materiałem, zmniejszając jego konieczną długość i poprawiając warunki uzyskania autotermiczności w stosunku do tradycyjnych pieców obrotowych.

Bazę dla zestawienia mieszanki surowcowej do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego stanowią suche popioły z elektrowni, elektrociepłowni i/lub ciepłowni, pochodzące ze spalania węgla kamiennego, a także ze spalania węgla brunatnego i/lub biomasy, pochodzące z bezpośredniego wypadu. Popioły te są mieszane ze strumieniami produktów ubocznych z innych procesów technologicznych. Możliwe jest wykorzystanie strumieni roztworów i zawieszin wodnych, w ilości gwarantującej wilgotność mieszanki surowcowej do 30% wag., przy czym niektóre z ich składników mogą jednocześnie pełnić rolę dodatku ułatwiającego aglomerację.

Zgodnie z wynalazkiem możliwe jest również zestawienie mieszanki surowcowej do procesu wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego z popiołów ze spalania surowców energetycznych w elektrowniach, elektrociepłowniach i/lub ciepłowniach, zgromadzonych na hałdach, a zatem zwilżonych wodami opadowymi i/lub podskórnymi. W takim wypadku, korzystnymi dodatkowymi strumieniami produktów ubocznych gwarantujących uzupełnienie wsadu energetycznego są suche materiały, w tym także suche popioły ze spalania naturalnych surowców energetycznych z bezpośredniego wypadu oraz przykładowo trociny i wióry z mechanicznej obróbki płyt wiórowych i płyt OSB w fabrykach mebli, które mają wysoką wartość opałową, ale ze względu na dużą zawartość klejów i żywic organicznych, głównie mocz-

nikowo- i fenolowo-formaldehydowych, nie są dopuszczone do spalania, przykładowo po zbrykietowaniu, w konwencjonalnych paleniskach. Wióry takie mogą być strumieniem ale ze względu na dużą zawartość klejów i żywic organicznych, głównie mocznikowo- i fenolowo-formaldehydowych, nie są dopuszczone do spalania, przykładowo po zbrykietowaniu, w konwencjonalnych paleniskach. Wióry takie mogą być strumieniem zmniejszającym wilgotność mieszanki popiołów, a ze względu na zawartość celulozy, mogą wspomagać proces granulowania mieszanki surowcowej poprzez regulację zwilżalności drobin materiałów na granicach faz.

Generalnie ilość dodatku środka wspomagającego aglomerację mieszanki surowcowej zależy od właściwości środka aglomerującego i wynosi 2÷4% wag. dla specjalnie preparowanych materiałów ilastych typu montmorylonitu lub 6÷10% wag. dla glin. Środkiem takim mogą być także pofermentacyjne osady ściekowe, z uwzględnieniem ich wilgotności, która sięga 70% wag. Korzystnym środkiem aglomerującym, wnoszącym jednocześnie istotny wkład energetyczny oraz wsad mineralny do mieszanki surowcowej, są zawiesiny wodne drobin węgla po płukaniu surowego urobku węgla kamiennego, tak zwane „czarne wody”, dostępne jako poflotacyjny strumień produktów ubocznych w postaci pasty po odfiltrowaniu na prasach filtracyjnych. Pasta taka zawiera również znaczny wagowy udział subtelnie rozdrobnionej skały płonnej, stanowiącej jednocześnie przydatny wsad mineralny do mieszanki surowcowej. Również korzystnym środkiem wspomagającym aglomerację mieszanki surowcowej są odpadowe strumienie gipsu, tak w postaci powietrzno-suchej, przykładowo z procesu mokrego odsiarczania gazów spalinowych, jak i w postaci zawiesiny wodnej, przykładowo z procesu neutralizacji strumienia kwasów ponitracyjnych. Należy zaznaczyć, że jeśli podstawowy surowiec do produkcji kruszywa jest zdecydowanie bardziej alkaliczny niż popioły elektrowniane ze spalania węgla kamiennego, a więc niektóre popioły ze spalania węgla brunatnego czy biomasy, może okazać się korzystny dodatek środka wspomagającego granulowanie w postaci kwaśnego fosfogipsu, neutralizującego jednocześnie odczyn mieszanki. Jako czynnik wspomagający aglomerację stosować można także emulsje wodne, przykładowo z procesu z płukania/czyszczenia urządzeń wykorzystywanych w produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych.

Przygotowując mieszankę surowcową do stosowania w sposobie według wynalazku, do popiołów i pyłów ze spalania węgla kamiennego, brunatnego i/lub biomasy dodawane są strumienie produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, które wnoszą swój wkład energetyczny do przygotowywanej mieszanki surowcowej, ulegając jednocześnie utylizacji. Ilość dodawanych materiałów powinna uzupełniać wsad energetyczny w mieszance do zawartości co najmniej 6% wag., korzystnie 10% wag. w przeliczeniu na węgiel lub do wartości opałowej co najmniej 1,7 MJ, korzystnie 2,8 MJ w przeliczeniu na 1 kg suchej mieszanki.

Ze względu na jakość i efektywność procesu aglomeracji surowców sumaryczna wilgotność wkładu nie powinna przekraczać 30% wag. Oznacza to, że jeśli choć jeden z utylizowanych strumieni jest w postaci wodnego roztworu czy wodnej zawiesiny, to popioły elektrowniane w całości lub części powinny być suche, czyli pochodzić z bezpośredniego wypadu z elektrofiltrów.

Produkcja kruszywa ceramicznego wg wynalazku jest energooszczędna, czyli prowadzona bez dodatku konwencjonalnego paliwa zewnętrznego oraz bezodpadowa, czyli że wszystkie odpady międzyoperacyjne powstające w trakcie produkcji zwracane są do procesu. Odzyskiwana jest również woda.

Według wynalazku przygotowanie mieszanek surowcowych, aglomerowanie wsadu, granulację oraz rozsortowywanie gotowego produktu prowadzi się z wykorzystaniem typowych urządzeń do mieszania, zarabiania, rozdrabniania, granulowania, transportowania i siania materiałów. Nowością w sposobie według wynalazku jest wykorzystanie trudnych do zagospodarowania i utylizacji strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, w tym zwłaszcza stanowiących roztwory wodne dobrze rozpuszczalnych związków, w tym soli związków organicznych oraz zawiesin substancji pochodzenia naturalnego, które dotychczas nie nadawały się do utylizacji nawet po zagęszczeniu na prasach lub przez odparowanie. Przeszkodą w skutecznym zagęszczeniu niektórych takich strumieni był dotychczas wybuchowy charakter rozpuszczonych soli bądź ich nietrwałość i toksyczność produktów rozkładu. Obecny wynalazek pozwala także na wykorzystanie strumieni nitroamin, nitroestrów i mieszanin zawierających nitroaminy i/lub nitroestry, w tym w szczególności formy użytkowe tych mieszanin. Wykorzystanie tych związków – nawet w niewielkich ilościach, sprzyja utrzymaniu autotermiczności procesu w sposobie wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu według wynalazku.

Dzięki rozcieńczeniu tych trudnych do zagospodarowania strumieni produktów ubocznych nieaktywną masą popiołów i pyłów ze spalania węgla kamiennego, brunatnego i/lub biomasy w elektrowniach,

elektrociepłowniach i/lub ciepłowniach oraz dzięki możliwości regulowania dopływu powietrza do procesu wypalania i spiekania ziaren wytwarzanego kruszywa w stopniu umożliwiającym utrzymanie atmosfery redukującej lub półredukującej we wszystkich lub wybranych strefach wypalania i/lub spiekania ziaren kruszywa, w sposobie według wynalazku nie występuje ryzyko eksplozji wsadu. Dzięki szczelności stref spiekania, wypalania oraz suszenia mieszanki surowcowej do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego, wynalazek zapewnia niskoemisyjny proces, w którym potencjalnie szkodliwe substancje gazowe ulegają redukcji i w stanie nieszkodliwym dla ludzi i otoczenia są odprowadzane (korzystnie po wykropleniu wody technologicznej) przez komin.

Zgodnie z wynalazkiem można wykorzystywać m.in. następujące strumienie produktów ubocznych z produkcji trinitrotoluenu (TNT):

- wodny roztwór soli sodowych kwasów toluenodinitrosulfonowych, zawierający również azotyn sodu, siarczyn sodu i trinitrotoluen, pochodzący z oczyszczania trinitrotoluenu metodą siarczynowania, po ewentualnym rozcieńczeniu, zatężeniu lub innych operacjach technologicznych, określane jako „czerwone wody”,
- odpadowy trotyl techniczny,
- wodna zawiesina gipsu z neutralizacji kwasu ponitracyjnego.

Zgodnie z wynalazkiem jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, które mogą być korzystnie utylizowane, stosuje się strumień emulsji wodnej z płukania/czyszczenia urządzeń i/lub środków transportowo-załadowniczych wykorzystywanych w produkcji, transporcie i załadunku do otworów strzałowych emulsyjnych materiałów wybuchowych.

Trudne do utylizacji, zużyte kąpiele galwaniczne zawierające sole cyjankowe, a także ścieki przemysłowe zawierające toksyczne związki organiczne mogą stanowić dodatkowy strumień materiałowy do przygotowania mieszanki surowcowej do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego. Wykorzystywane mogą także być odpady po flotacyjnym wzbogacaniu rud metali, zwłaszcza rud żelaza.

Nowe warunki technologiczne procesu według wynalazku dotyczą warunków suszenia oraz wypalania i spiekania ziaren kruszywa.

Zgodnie z wynalazkiem suszenie granul o zawartości wody do 30% wag. prowadzi się stopniowo, korzystnie trójstopniowo, zużywając w tym celu strumień gazów z procesu wypalania kruszywa. Suszone granule są kierowane bezpośrednio do pieca szybko-obrotowego, co pozwala na ich rozgrzanie do temperatury, w której tuż przed wpadnięciem do pieca szybko-obrotowego ulegają zapłonowi i płonące wpadają do strefy wypalania.

Technicznie powietrze wzbogacające gazy uchodzące ze spiekalnika, w którym następuje dopalenie składników organicznych mieszanki surowcowej i wityfikacja składników mineralnych wewnątrz ziaren kruszywa, kierowane poosiowo do pieca szybko-obrotowego można podawać wzdłuż osi pieca lub promieniowo przez ścianę boczną szybu pieca. Podział potrzebnego strumienia powietrza i rozdzielanie miejsc dozowania zapewnia z jednej strony możliwość utrzymania w piecu atmosfery redukującej lub półredukującej, zmniejszającej ryzyko eksplozji oraz ryzyko emisji szkodliwych związków lotnych, takich jak tlenki azotu NO_x lub tlenki siarki, z drugiej zaś ogranicza niebezpieczeństwo powstawania większych spieków z ziaren granulatu w szybie pieca. Temu celowi służy także obrót szybu wzdłuż jego osi podłużnej. Atmosfera półredukująca sprzyja procesowi zeszklenia rdzeni granul, co pozytywnie wpływa na jakość kruszywa.

Lekkie kruszywo ceramiczne według wynalazku, wytwarzane wyżej omówionym sposobem, spełnia w zakresie parametrów fizykomechanicznych, fizykochemicznych i handlowych normy PN-EN 13055-1:2003 i PN-EN 13055-2:2006.

Jego granule mają wymiary w granicach $2\div 16$ mm, przy czym korzystnie większość $2\div 6$ mm, a najkorzystniej około 80% granul ma wymiary powyżej 3 mm oraz gęstość w granicach $0,6\div 0,9$ g/cm³, korzystnie 0,8 g/cm³.

Z uwagi na reżim temperaturowy oraz warunki wypalania i spiekania, lekkie kruszywo ceramiczne typu popiołoporytu według wynalazku ma zawartość węgla poniżej 0,1% wag. oraz zawartość związków wymywalnych, zgodną z obowiązującymi normami, między innymi z normą nr PN-EN 12457-4:2006.

Kruszywo to nadaje się do wykorzystania w budownictwie jako wypełnienie, ocieplenie stropów i podłóg, zwłaszcza w pomieszczeniach niepodpiwniczonych, jako dodatek do betonów, a także w innych zastosowaniach, przykładowo w kontakcie z uprawami lub na otwartej przestrzeni, gdyż kontakt z opadami atmosferycznymi nie powoduje wypłukiwania składników szkodliwych dla zdrowia i środowiska.

Wynalazek w zakresie instalacji do realizacji wyżej omówionego sposobu wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu jest zilustrowany na załączonym rysunku, gdzie Fig. 2 przedstawia w przekroju pionowym zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej (2), pieca szybowo-obrotowego (6) i pionowego spiekalnika (16), posadowionego na krótkim chłodniku taśmowym (21), Fig. 3 pokazuje schemat konstrukcji pieca szybowo-obrotowego (6) instalacji według wynalazku, zaś Fig. 1 przedstawia schemat blokowy instalacji według wynalazku.

Instalacja przedstawiona na rysunku Fig. 2, do realizacji sposobu według wynalazku obejmuje zasobnik (1) wilgotnego granulatu, suszarnię taśmową (2) w osłonie termicznej (3) otaczającej taśmę spiekalniczą (4), zbudowaną z celek (5) z perforowanym dnem, przymocowanych do ogniwi rozpiętych między dwa koła krzyżakowe, napędowe i zwrotne, z regulacją napięcia taśmy, zamontowane na metalowej konstrukcji nośnej. Taśma obudowana jest osłoną termiczną (3). Osłona termiczna (3) podzielona jest na co najmniej trzy strefy suszące, przy czym strefa o najwyższej temperaturze znajduje się bezpośrednio nad wlotem do pieca szybowo-obrotowego (6).

W osłonie termicznej (3), w układzie przeciwwądowym przepływa strumień gazów suszących kierowanych przewodami do kolejnych stref osłony termicznej (3). Przepływ gazów suszących przez poszczególne celki (5) odbywa się raz z dołu do góry, drugi raz z góry do dołu przez poszczególne warstwy ziaren, (nie uwidocznione na rysunku). Jako gazy suszące do osłony termicznej (3) kierowane są gazy spalinowe wychodzące przez łącznik (7) z pieca szybowo-obrotowego (6). Schłodzone suszące gazy spalinowe, odprowadzane z suszarni (2), przed ich wyemitowaniem przez komin, przechodzą przez wykraplacz (nieuwidoczony na rysunku), w którym odbierana jest woda technologiczna.

Kąt pochylenia suszarni taśmowej (2) w stosunku do poziomu jest wypadkową jej długości i kąta pochylenia pieca szybowo-obrotowego (6).

Piec szybowo-obrotowy (6) posadowiony jest na konstrukcji nośnej zaopatrzonej w dwie rolki biegowe (8) i dwie rolki biegowo-oporowe (9). Ruch obrotowy pieca (6) realizowany jest poprzez napęd rolek (8, 9) lub przez wieniec zębaty (nieuwidoczony na rysunku) zamontowany na stalowym płaszczu (10) szybu pieca (6).

Oś szybu pieca szybowo-obrotowego (6) odchylona jest od poziomu o co najmniej 25°, korzystnie powyżej 45°, co pozwala na bardzo duże wypełnienie szybu tego pieca (6) materiałem, zmniejszając jego konieczną długość i poprawiając warunki uzyskania autotermiczności w stosunku do tradycyjnych pieców obrotowych. Odchylenie pieca szybowo-obrotowego (6) od pionu i wprawienie go w ruch obrotowy likwiduje trudności występujące przy prowadzeniu wypalania i spiekania kruszywa w tradycyjnych piecach szybowych i gwarantuje produkcję kruszywa o jednakowych parametrach fizykomechanicznych w całej objętości wsadu.

Szyb pieca szybowo-obrotowego (6) zbudowany jest (rysunek Fig. 3) z płaszczu stalowego (10), z dwoma bieżniami (11) dla rolek nośnych (8, 9), wymurowanego w środku warstwą (12) żaroodpornego betonu izolacyjnego i warstwą (13) żaroodpornego betonu roboczego. Powierzchnia warstwy (13) żaroodpornego betonu roboczego jest korzystnie ryflowana (14) wzdłuż osi pieca (6), żeby wspomagać przesypywanie się granul wsadu w trakcie wypalania i spiekania.

Piec szybowo-obrotowy (6) zbudowany jest z płaszczu (10) ze stali kotłowej, na którym są spawane bieżnie (11), które współpracują z parą rolek biegowych (8) i biegowo-oporowych (9). Płaszcz (10) wymurowany jest warstwą (12) żaroodpornego betonu izolacyjnego i warstwą (13) żaroodpornego betonu roboczego. Powierzchnia betonu roboczego jest ryflowana wzdłuż osi szybu pieca (6), przykładowo w sposób pokazany na przekroju A-A. Obroty pieca (6) są realizowane w sposób cierny, poprzez napęd rolek (8 i 9).

Osiowo do wnętrza pieca (6) przez rozdzielacz (15) może być podawane powietrze niezbędne do procesu wypalania wsadu energetycznego w wypalanych ziarnach kruszywa. Powietrze doprowadzane jest w układzie przeciwwądowym, jeśli podawane jest w jednym miejscu – na dole szybu pieca (6), lub korzystnie w układzie przeciwwądowym i krzyżowym, jeśli podawane jest także na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca (6). Technicznie powietrze podawane jest wzdłuż osi pieca (6) lub promieniowo przez ścianę boczną szybu pieca (6) jako uzupełnienie gazów spalinowych przepływających do szybu pieca szybowo-obrotowego (6) z pionowego spiekalnika (16), w którym następuje dokończenie procesu wypalania i ostateczne spieczenia ziaren kruszywa.

Podział potrzebnego strumienia powietrza i rozdzielenie miejsc dozowania pozwala na dobór atmosfery wypalania właściwej dla składu mieszanki surowcowej. Z jednej strony pozwala uniknąć wypalania wybuchowego, z drugiej zaś – w wyniku właściwej regulacji temperatury ogranicza niebezpieczeństwo powstawania większych spieków z ziaren granulatu w szybie pieca (6). Także obrót szybu pieca

(6) wokół jego osi podłużnej poprawia warunki wypalania i eliminuje ryzyko powstawania większych aglomeratów spiekanych ziaren granulatu.

Pionowy spiekalnik (16), szczelnie połączony łącznikiem (17) z szybem pieca szybowo-obrotowego (6), jest jego naturalnym przedłużeniem. W spiekalniku (16) zachodzi dopalanie resztek wsadu energetycznego zawartego w mieszance surowcowej i ostateczne spieczenie ziaren kruszywa. Ponieważ proces ten nie biegnie już tak intensywnie jak w piecu szybowo-obrotowym (6) i nie występuje już niebezpieczeństwo powstawania większych spieków, szyb spiekalnika (16) może być pionowy i nieruchomy, co znacznie obniża koszt instalacji w stosunku do urządzenia, w którym cały proces wypalania i spiekania prowadzony byłby w piecu szybowo-obrotowym.

Spiekalnik (16), podobnie jak piec szybowo-obrotowy (6), zbudowany jest z płaszcza stalowego z wymurówką izolacyjną i roboczą. W okolo jednej trzeciej wysokości spiekalnika, mierząc od dołu, znajduje się wlot powietrza atmosferycznego, służącego do dopalania wsadu energetycznego w granulach kruszywa. Od dołu spiekalnik (16) zamknięty jest układem ślimaków obrotowych (19), rozładujących gotowe kruszywo ceramiczne i dozujących je do celek (20) chłodnika taśmowego (21), w którym następuje wychłodzenie kruszywa, które następnie odtransportowywane jest na składowisko produktu.

Jak to pokazano na rysunku Fig. 2, urządzenie spiekalnicze instalacji według wynalazku, złożone z trzech jednostek łatwych do zespolenia i demontażu, pracujących w różnych płaszczyznach, zajmuje stosunkowo niewielką powierzchnię hali produkcyjnej. Taka modułowa konstrukcja stwarza szansę budowy mobilnej instalacji, którą można by transportować, montować i używać w miejscach powstawania czy zalegania poszczególnych materiałów, możliwych do przetwarzania sposobem według wynalazku na lekkie kruszywo ceramiczne. Korzystnie trzy odrębne przemieszczalne (przenośne) moduły: suszarni taśmowej (2), pieca szybowo-obrotowego (6) i pionowego spiekalnika (16), mogą być zespolone w szczelną całość za pomocą łączników (7 i 17), w miejscu składowania produktów ubocznych z innych procesów technologicznych i innych surowców do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego według wynalazku.

Wykorzystując instalację według wynalazku do realizacji sposobu wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego, postępuje się w sposób niżej opisany.

Z mieszanki surowcowej wytwarza się wilgotny granulát, który z talerza granulacyjnego transportowany jest do zasobnika 1, z którego w sposób ciągły, a korzystnie cykliczny, zasypywany jest do jednej lub kilku celek (5), tworzących taśmę spiekalniczą (4). Taśma (4) przesuwa się przez 3 do 5 stref suszących, w których wilgotne granule suszone są w przeciwprądzie strumieniem gazów spalinowych, wychodzących z pieca szybowo-obrotowego (6) przez łącznik (7), ewentualnie w mieszaninie z powietrzem chłodzącym z chłodnika taśmowego 21.

Suszenie zgranulowanej mieszance surowcowej – ze względu na niewielką początkową wytrzymałość mechaniczną ziaren, jest prowadzone w urządzeniu, w którym dokonywanych jest minimum operacji mechanicznych nasypywania i przesypywania wilgotnego granulatu. Warunki takie spełnione są w suszarni taśmowej. Taśma suszarni złożona jest z określonej ilości celek z perforowanym dnem, przymocowanych do ogniw rozpiętych między dwa koła krzyżakowe, napędowe i zwrotne, z regulacją napięcia taśmy, zamontowane na metalowej konstrukcji nośnej. Posuw taśmy jest jednostajny lub skokowy. Ze względów technologiczno-procesowych preferowany jest posuw skokowy.

Operacja suszenia granulatu przeprowadzana jest w taki sposób, aby wysuszone już granule ulegały samozapłonowi w celkach (5), znajdujących się w ostatniej – najwyżej położonej strefie suszącej suszarni (2) i jako żarzące się ziarna spadały do szybu pieca szybowo-obrotowego (6), co pozwala na wykorzystanie pełnej objętości pieca do wypalania substancji palnej zawartej w granulach oraz zapoczątkowanie procesu spiekania. Następuje to pod wpływem powietrza podawanego poosiowo lub promieniowo na dwóch lub trzech poziomach szybu pieca (6), w mieszaninie z gazami odbieranymi ze spiekalnika (16), zależnie od składu zastosowanej mieszanki surowcowej.

Nachylenie osi pieca szybowo-obrotowego (6) pozwala na bardzo duże wypełnienie szybu pieca (6) wypalaniem materiałem, zmniejszając jego konieczną długość i poprawiając warunki uzyskania autotermiczności w stosunku do tradycyjnych pieców obrotowych. Ryflowanie (14) wewnętrznej powierzchni warstwy (13) żaroodpornego betonu roboczego wspomaga przesypywanie się granul wsadu w trakcie wypalania i spiekania, zapoczątkowanego w piecu szybowo-obrotowym.

Proces spiekania kontynuowany jest w spiekalniku (16), gdzie spiekanie nie biegnie już tak intensywnie, jak w piecu szybowo-obrotowym. W tej fazie procesu nie występuje już niebezpieczeństwo po-

wstawania większych spieków, co pozwala na pionowe ustawienie szybu spiekalnika i jego unieruchomienie, co z kolei znacznie obniża koszt instalacji w stosunku do urządzenia, w którym cały proces wypalania i spiekania prowadzony byłby w piecu szybowo-obrotowym.

Gotowe kruszywo rozładowywane jest ze spiekalnika (16) układem ślimaków obrotowych (19), dozujących kruszywo do celek (20) chłodnika taśmowego (21), w którym następuje wychłodzenie kruszywa. Kruszywo jest odbierane i konfekcjonowane albo odtransportowywane jest na składowisko produktu.

W trakcie pracy wszystkie elementy składowe urządzenia spiekalniczego uwidocznione na rysunku Fig. 2 są możliwie szczelnie połączone, aby ustrzec się niepożądanych emisji gazów spalinowych i pyłów obniżających efektywność procesów wypalania i spiekania oraz żeby nie powodować zapylenia hali technologicznej.

Jak wykazano, wszystkie strumienie materiałowe są w sposóbie według wynalazku w pełni wykorzystywane w celach technologicznych. W efekcie zapewnia to bezodpadowy, niskoemisyjny, energooszczędny sposób otrzymywania lekkiego porowatego kruszywa ceramicznego z popiołów po spalaniu węgla kamiennego, brunatnego i/lub biomasy z dodatkiem strumienia lub strumieni trudnych do utylizacji materiałów odpadowych z innych procesów technologicznych, stanowiących jednocześnie uzupełnienie energetyczne wsadu mieszanki surowcowej do przeprowadzenia procesu autotermicznego wypalania i spiekania kruszywa.

Sposób według wynalazku jest bliżej wyjaśniony w poniższych przykładach wykonania, które stanowią jedynie niektóre z możliwych sposobów realizacji wynalazku.

Przykład 1. W sposobie wytwarzania, lekkiego kruszywa ceramicznego utylizowano następujące strumienie produktów ubocznych z produkcji trinitrotoluenu (TNT):

- wodny roztwór soli sodowych kwasów toluenodinitrosulfonowych zawierający również azotyn sodu, siarczyn sodu i trinitrotoluen, pochodzący z oczyszczania trinitrotoluenu metodą siarczynowania, po ewentualnym rozcieńczeniu, zateżeniu lub innych operacjach technologicznych, określane jako tak zwane „czerwone wody”,
- odpadowy trotyl techniczny,
- wodna zawiesina gipsu z neutralizacji kwasu ponitracyjnego.

Jako podstawowy składnik kruszywa zastosowano popioły po spalaniu węgla kamiennego z Elektrociepłowni Bydgoszcz, zawierające około 3,5% wag. węgla. Użyto także trociny z cięcia płyt wiórowych z Bydgoskich Fabryk Mebli oraz bentonit jako środek wspomagający aglomerację.

Powyższe strumienie produktów ubocznych z produkcji TNT utylizowano wariantowo, w zależności od ich aktualnego nagromadzenia.

Wariant 1.1

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji 7÷10 mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1000°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.2

Przygotowano mieszankę złożoną 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 200 g wiórów z płyt wiórowych, 100 g technicznego trotylu i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i na talerzu granulacyjnym zarobiono przy pomocy 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji 7÷10 mm, wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1000°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.3

Przygotowano mieszankę złożoną z następujących suchych składników: 3214 g popiołów z EC Bydgoszcz, 206 g gipsu technicznego, 684 g wiórów z płyt wiórowych, 38 g trotylu technicznego i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano na talerzu granulacyjnym, zarobiono do wilgotności około 25% przy pomocy 670 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji 7÷10 mm, a następnie wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1000°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.4

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren, o granulacji 7÷10 mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1050°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.5

Przygotowano mieszankę złożoną 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 200 g wiórów z płyt wiórowych, 100 g technicznego trotylu i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i na talerzu granulacyjnym zarobiono przy pomocy 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1050°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.6

Przygotowano mieszankę złożoną z następujących suchych składników: 3214 g popiołów z EC Bydgoszcz, 206 g gipsu technicznego, 684 g wiórów z płyt wiórowych, 38 g trotylu technicznego i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano na talerzu granulacyjnym, zarobiono do wilgotności około 25% przy pomocy 670 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, a następnie wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1050°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.7

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1150°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.8

Przygotowano mieszankę złożoną 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 200 g wiórów z płyt wiórowych, 100 g technicznego trotylu i 200 g bentonitu. Proszki wieszano i na talerzu granulacyjnym zarobiono przy pomocy 650 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1150°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 1.9

Przygotowano mieszankę złożoną z następujących suchych składników: 3214 g popiołów z EC Bydgoszcz, 206 g gipsu technicznego, 684 g wiórów z płyt wiórowych, 38 g trotylu technicznego i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano na talerzu granulacyjnym, zarobiono do wilgotności około 25% przy pomocy 670 g „czerwonych wód” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, a następnie wysuszono i wypalono oraz spieczono w temperaturze 1150°C w piecu szybowo-obrotowym.

Uzyskane kruszywo ceramiczne spełniało normy PN-EN 13055-1:2003 i PN-EN 13055-2:2006 dla sztucznych kruszyw spiekanych.

W trakcie procesu wypalania i spiekania nie obserwowano emisji NO_x i SO_2 , większej niż dopuszczalna. Wynika to z faktu, że spalanie wsadu energetycznego, zawierającego znaczne ilości grup nitrowych, odbywało się częściowo poprzez utlenianie węgla i celulozy, zawartych w składzie utylizowanej mieszanki surowcowej, ditlenkiem azotu, który redukuje się dowolnego azotu. Stąd niezwykle istotną okazała się też ilość powietrza podawanego do procesu wypalania i spiekania. Temperatury spiekania, wynoszące w kolejnych procesach 1000°C , 1050°C i 1150°C , są niższe niż temperatura termicznego rozkładu anhydrytu, który tworzy się z gipsu w procesie wypalania i spiekania, dlatego nie ma zwiększonej zawartości SO_2 w gazach spalinowych. Stąd sposób zagospodarowania trudnych do utylizacji produktów ubocznych z procesu wytwarzania TNT, przedstawiony w niniejszym przykładzie realizacji wynalazku, można określać jako proces niskoemisyjny.

Przykład 2. W sposobie wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego utylizowano strumień produktów ubocznych z czyszczenia urządzeń wykorzystywanych w produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych, będący emulsją wodną. Przed wykorzystaniem emulsja została wielokrotnie rozcieńczona wodą (dalej: „rozcieńczona emulsja”).

Powyższy strumień produktów ubocznych z czyszczenia urządzeń wykorzystywanych w produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych utylizowano w trzech wariantach różniących się od siebie zasadniczo temperaturą spiekania.

Wariant 2.1

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EG Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując $0,7\text{ dm}^3$ „rozcieńczonej emulsji” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji $7\div 10$ mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1000°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 2.2

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EG Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując $0,7\text{ dm}^3$

„rozcieńczonej emulsji” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji 7÷10 mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1050°C w piecu szybowo-obrotowym.

Wariant 2.3

Przygotowano mieszankę złożoną z 3500 g popiołów z EC Bydgoszcz, 300 g wiórów z płyt wiórowych i 200 g bentonitu. Proszki wymieszano i zarobiono na talerzu granulacyjnym stosując 0,7 dm³ „rozcieńczonej emulsji” oraz zgranulowano do ziaren o granulacji 7÷10 mm, które następnie wysuszono, wypalono oraz spieczono w temperaturze 1150°C w piecu szybowo-obrotowym.

Przykład 3. W sposobie wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego utylizowano strumień produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania surowego urobku węgla kamiennego, będący zawiesiną drobin węgla w wodzie, określanej jako „czarne wody”, która po odfiltrowaniu na prasach filtracyjnych miała konsystencję pasty i zawierała w przybliżeniu po około 33% wag. węgla, skaty płonnej i wody.

Powyższy strumień produktów ubocznych z flotacyjnego wzbogacania surowego urobku, węgla kamiennego utylizowano w trzech wariantach różniących się od siebie zasadniczo temperaturą spiekania.

Wariant 3.1

Przygotowano mieszankę złożoną z 3240 g suchych popiołów z EC Bydgoszcz zawierających w sobie około 3,5% wag. węgla, 200 g bentonitu i 840 g pasty z odfiltrowanych „czarnych wód”. Mieszankę wymieszano i zgranulowano z dodatkiem około 0,72 dm³ wody do ziaren o granulacji 4÷8 mm, a granulaty wysuszono, wypalono i spieczono w piecu szybowo-obrotowym, w strumieniu powietrza, w temperaturze około 1000°C.

Wariant 3.2

Przygotowano mieszankę złożoną z 3240 g suchych popiołów z EC Bydgoszcz zawierających w sobie około 3,5% wag. węgla, 200 g bentonitu i 840 g pasty z odfiltrowanych „czarnych wód”. Mieszankę wymieszano i zgranulowano z dodatkiem około 0,72 dm³ wody do ziaren o granulacji 4÷8 mm, a granulaty wysuszono, wypalono i spieczono w piecu szybowo-obrotowym, w strumieniu powietrza, w temperaturze około 1050°C.

Wariant 3.3

Przygotowano mieszankę złożoną z 3240 g suchych popiołów z EC Bydgoszcz zawierających w sobie około 3,5% wag. węgla, 200 g bentonitu i 840 g pasty z odfiltrowanych „czarnych wód”. Mieszankę wymieszano i zgranulowano z dodatkiem około 0,72 dm³ wody do ziaren o granulacji 4÷8 mm, a granulaty wysuszono, wypalono i spieczono w piecu szybowo-obrotowym, w strumieniu powietrza, w temperaturze około 1150°C.

Zastrzeżenia patentowe

1. Instalacja do wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, na bazie popiołów i pyłów dymnicowych ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego i/lub biomasy, obejmująca urządzenia do mieszania, zarabiania mieszanek surowcowych, ich rozdrabniania, aglomerowania (granulowania), transportowania, suszenia oraz do wypalania i spiekania ziaren kruszywa, a także do ich chłodzenia oraz ewentualnie kruszenia, segregacji i składowania, **znamienna tym**, że obejmuje zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej (2), pieca szybowo-obrotowego (6) i pionowego spiekalnika (16), gdzie taśma (4) suszarni (2) obudowana jest osłoną termiczną (3), podzieloną na co najmniej trzy strefy suszenia granulatu podawanego z zasobnika (1) w przeciwnym kierunku względem gazów spalinowych wychodzących przez łącznik (7) z pieca szybowo-obrotowego (6) z osią obrotu odchyloną od poziomu, posadowionego na konstrukcji nośnej zaopatrzonej w rolki biegowe (8) i rolki biegowo-oporowe (9), którego szyb zbudowany jest z płaszcza stalowego (10), z bieżniami (11) dla rolek biegowych (8) i biegowo-oporowych (9), wymurowanego w środku warstwą (12) żaroodpornego betonu izolacyjnego i warstwą (13) żaroodpornego betonu roboczego, gdzie do szybu pieca (6), przez rozdzielacz (15) jest doprowadzane powietrze, w przeciwnym kierunku układzie krzyżowym i/lub poosiowym, na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca (6), zaś poprzez łącznik (17) – gazy spalinowe z pionowego, nieruchomego spiekalnika (16), zbudowanego z płaszcza stalowego (18) z wlotem powietrza oraz z wymurówką izolacyjną

- i roboczą, przy czym spiekalnik (16) stanowi przedłużenie pieca szybowo-obrotowego (6), posadowiony na chłodniku taśmowym (21), a od dołu spiekalnik (16) wyposażony jest w układ ślimaków obrotowych (19) do rozładunku kruszywa i jego dozowania do wskazanego chłodnika taśmowego (21).
2. Instalacja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że oś szybu pieca (6) odchylona jest od poziomu o co najmniej 25°, korzystnie powyżej 45°.
 3. Instalacja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że powierzchnia warstwy (13) betonu roboczego w piecu szybowo-obrotowym (6) jest ryflowana (14) wzdłuż osi pieca (6).
 4. Instalacja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że rolki biegowe (8) i rolki biegowo-oporowe (9) mają napęd zapewniający ruch obrotowy pieca (6) realizowany w sposób cierny.
 5. Instalacja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że na płaszczu stalowym (10) pieca szybowo-obrotowego (6) zamontowany jest wieniec zębaty do realizacji ruchu obrotowego tego pieca (6).
 6. Instalacja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że wszystkie elementy składowe zintegrowanego urządzenia spiekalniczego (2, 6, 16) są szczelnie połączone łącznikami (7, 17).
 7. Instalacja według zastrz. 6, **znamienna tym**, że zintegrowane urządzenie spiekalnicze złożone z suszarni taśmowej (2), pieca szybowo-obrotowego (6) i pionowego spiekalnika (16), stanowi wyodrębnioną całość, składającą się z trzech odrębnych przemieszczalnych (przenośnych) modułów, zespalanych w szczelną całość za pomocą łączników (7, 17).
 8. Sposób wytwarzania lekkiego kruszywa ceramicznego typu popiołoporytu, na bazie popiołów i pyłów dymnicowych ze spalania węgla kamiennego, węgla brunatnego i/lub biomasy, w warunkach energooszczędnych, uptylizujący strumienie produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, uzupełniające energetyczny wsad w procesie wypalania i spiekania kruszywa w warunkach autotermiczności, obejmujący mieszanie, zarabianie mieszanek surowcowych, ich rozdrabnianie, aglomerowanie (granulowanie), transportowanie, suszenie oraz wypalanie i spiekanie ziaren kruszywa, a następnie chłodzenie oraz ewentualnie kruszenie, segregacja i składowanie, z wykorzystaniem instalacji określonej w zastrz. 1–7, **znamienny tym**, że do mieszanki surowcowej obejmującej wskazane popioły i pyły dodaje się wysokenergetyczne, ewentualnie ciekłe i zapewniające ekwiwalent wody technologicznej, produkty uboczne z innych procesów technologicznych, stanowiące energetyczny ekwiwalent węgla, do zapewnienia autotermiczności procesu wypalania i spiekania kruszywa, w ilości zapewniającej uzupełnienie wsadu energetycznego w tej mieszance do zawartości co najmniej 6% wag., korzystnie 10% wag. w przeliczeniu na węgiel lub do wartości opałowej co najmniej 1,7 MJ/kg, korzystnie 2,8 MJ/kg w przeliczeniu na suchą mieszankę oraz do zapewnienia sumarycznej wilgotności wsadu nie przekraczającej 30% wag. oraz ewentualnie wprowadza się dodatek czynnika wspomagającego aglomerację drobin mieszanki surowcowej, a następnie prowadzi się aglomerację bezciśnieniową, korzystnie granulowanie, po czym wilgotny granulát, o wielkości ziaren powyżej 4 mm, poddaje się suszeniu do temperatury gwarantującej jego samozapłon przed skierowaniem do wypalania w piecu szybowo-obrotowym, gdzie w całej wypalanej masie utrzymuje się identyczne warunki wypalania i korzystnie atmosferę redukującą lub półredukującą, podając strumień powietrza w układzie krzyżowym na jednym albo na kilku poziomach wzdłuż osi pieca i/lub poosiowo wraz z gazami spalinowymi ze spiekalnika i w przeciwnym kierunku do wypalnego granulatu, osiągając na wyjściu z pieca szybowo-obrotowego temperaturę co najmniej 1000°C, a następnie wypalony granulát poddaje się w spiekalniku spiekaniu w temperaturze do 1250°C, zaś po zakończeniu spiekania, materiał poddaje się chłodzeniu, a powietrze podgrzane w tym etapie kieruje się do pieca szybowo-obrotowego i/lub suszarni, i odbiera się uzyskane ochłodzone lekkie kruszywo, które ewentualnie kieruje się dalej na składowisko gotowego produktu.
 9. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych stosuje się strumień lub strumienie produktów ubocznych z produkcji trinitrotoluenu.
 10. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że stosuje się strumień stanowiący wodny roztwór soli sodowych kwasów toluenodinitrosulfonowych, zawierający również azotyn sodu, siarczyn sodu i trinitrotoluen, pochodzący z oczyszczania trinitrotoluenu metodą siarczynowania, po ewentualnym rozcieńczeniu, zateżeniu lub innych operacjach technologicznych, określane jako „czerwone wody”.

11. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że stosuje się strumień odpadowego trotylu technicznego.
12. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że stosuje się strumień wodnej zawiesiny gipsu z neutralizacji kwasu ponitracyjnego.
13. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień emulsji wodnej z płukania/czyszczenia urządzeń i/lub środków transportowo-załadowniczych wykorzystywanych w produkcji, transporcie i załadunku do otworów strzałowych emulsyjnych materiałów wybuchowych.
14. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień odpadu po flotacyjnym wzbogacaniu surowego urobku węgla kamiennego, zawierającego subtelne drobiny węgla i skały płonnej, znanego jako „czarne wody”.
15. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień odpadu po flotacyjnym wzbogacaniu rud metali, zwłaszcza rud żelaza.
16. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień zużytych kąpeli galwanicznych zawierających sole cyankowe i/lub strumień ścieków przemysłowych zawierających toksyczne związki organiczne.
17. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się strumień nitroamin, nitroestrów i mieszanin zawierających nitroaminy i/lub nitroestry, w tym w szczególności formy użytkowe tych mieszanin.
18. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako jeden ze strumieni produktów ubocznych z innych procesów technologicznych, stosuje się odpady technologiczne z mechanicznej obróbki płyt wiórowych i płyt OSB, o wysokiej wartości opałowej, lecz z dużą zawartością klejów i żywic organicznych, zwłaszcza mocznikowo- lub fenolowo-formaldehydowych.
19. Sposób według zastrz. 18, **znamienny tym**, że wskazany materiał stanowi strumień surowcowy zmniejszający wilgotność mieszanki popiołowej, a ze względu na znaczną zawartość celulozy – jako strumień surowcowy wspomagający proces granulowania mieszanki surowcowej poprzez regulację zwilżalności drobin materiałów suchych na granicach faz.
20. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako surowiec bazowy stosuje się suche popioły z elektrowni, elektrociepłowni i/lub ciepłowni, ze spalania węgla kamiennego, a także ze spalania węgla brunatnego i/lub biomasy, pochodzące z bezpośredniego wypadu z elektrowni, elektrociepłowni i/lub ciepłowni.
21. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że jako surowiec bazowy stosuje się wilgotne popioły zgromadzone na hałdach.
22. Sposób według zastrz. 8, **znamienny tym**, że czynnik wspomagający aglomerację stosuje się w ilości zależnej od właściwości środka aglomerującego, w zakresie 2÷4% wag. dla specjalnie preparowanych materiałów ilastych typu montmorylonitu lub 6÷10% wag. dla glin.
23. Sposób według zastrz. 22, **znamienny tym**, że jako czynnik wspomagający aglomerację stosuje się dodatek wybrany z grupy obejmującej: pofermentacyjne osady ściekowe, uwzględniając, że ich wilgotność sięga 70% wag., zawiesiny wodne drobin węgla po płukaniu urobku węgla kamiennego, zwłaszcza w postaci pasty po odfiltrowaniu na prasach filtracyjnych, strumienie gipsu, tak w postaci powietrzno-suchej, przykładowo z procesu mokrego odsiarczania gazów spalinyowych, jak i w postaci zawiesiny wodnej, przykładowo z procesu neutralizacji strumienia kwasów ponitracyjnych, jak również emulsje wodne, przykładowo z procesu płukania/czyszczenia urządzeń wykorzystywanych w produkcji emulsyjnych materiałów wybuchowych.
24. Sposób według zastrz. 22, **znamienny tym**, że jeśli jako surowiec bazowy stosuje się popioły o odczynie alkalicznym, zwłaszcza ze spalania węgla brunatnego i/lub biomasy, to stosuje się dodatek środka wspomagającego aglomerację w postaci kwaśnego fosfogipsu, neutralizującego jednocześnie odczyn mieszanki.
25. Lekkie kruszywo ceramiczne typu popiołoporytu, wytworzone sposobem określonym w zastrz. 8–24, **znamiennie tym**, że jego granule mają wymiary w granicach 2÷16 mm, korzystnie większość, a najkorzystniej 80% granul ma wymiary powyżej 3 mm, a ponadto ma gęstość w granicach 0,6 do 0,9 g/cm³, korzystnie 0,8 g/cm³ oraz zawartość węgla poniżej 0,1% wag.

Rysunki

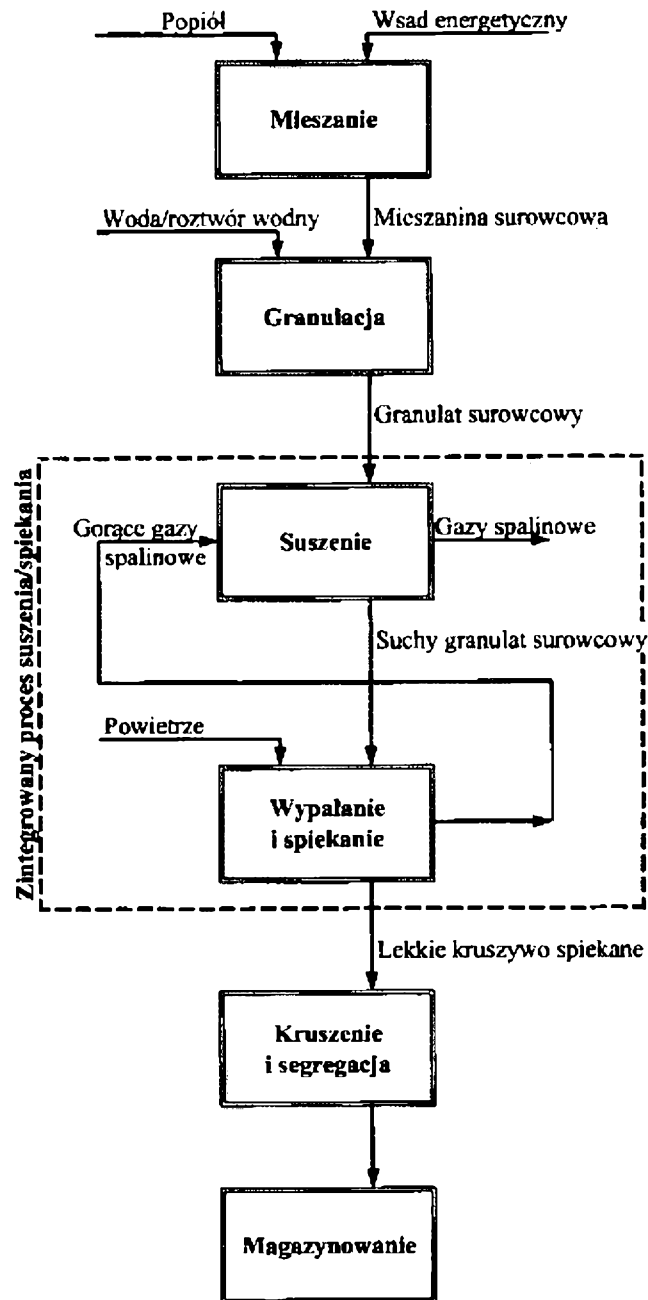


Fig. 1

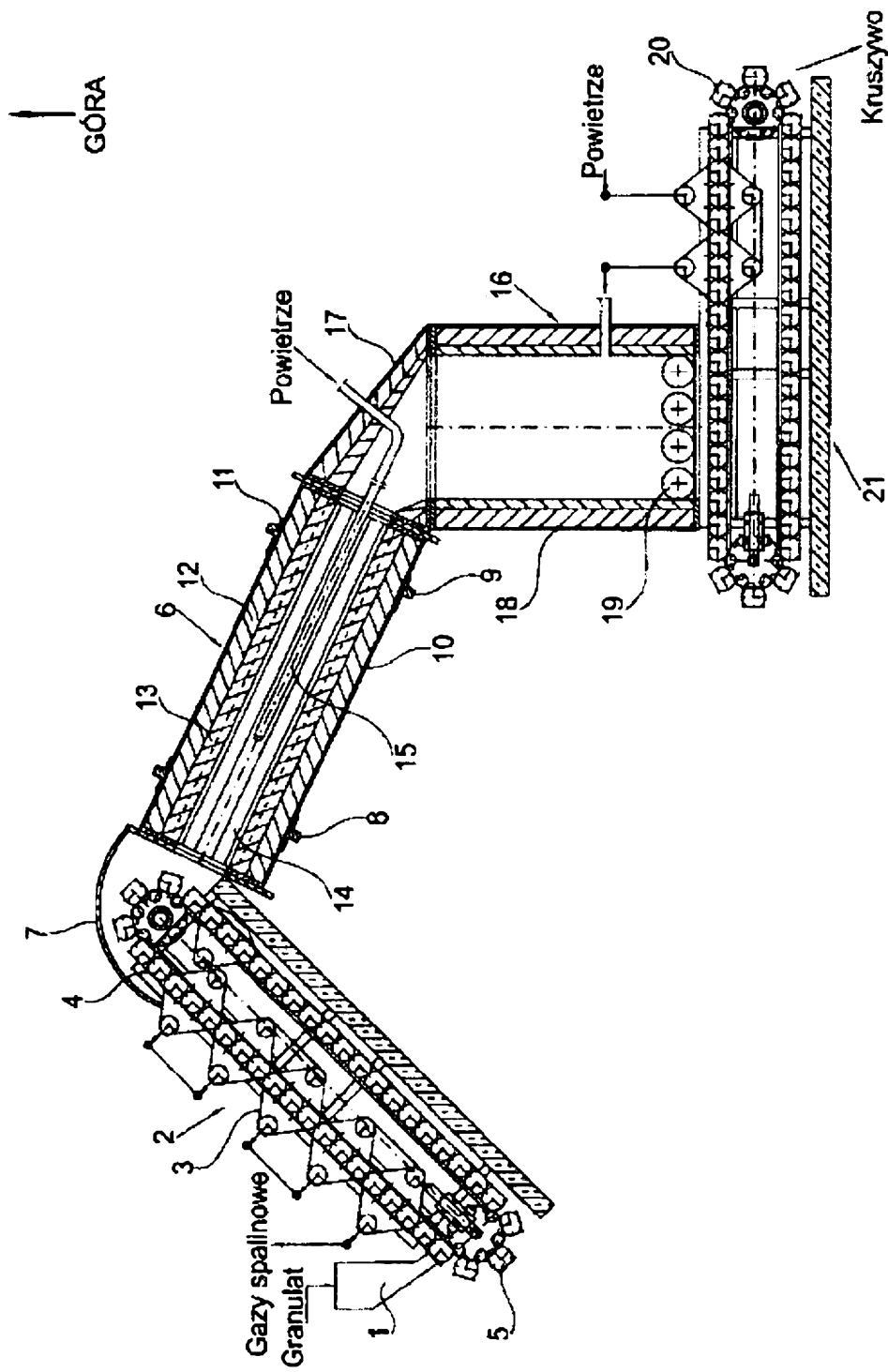


Fig. 2

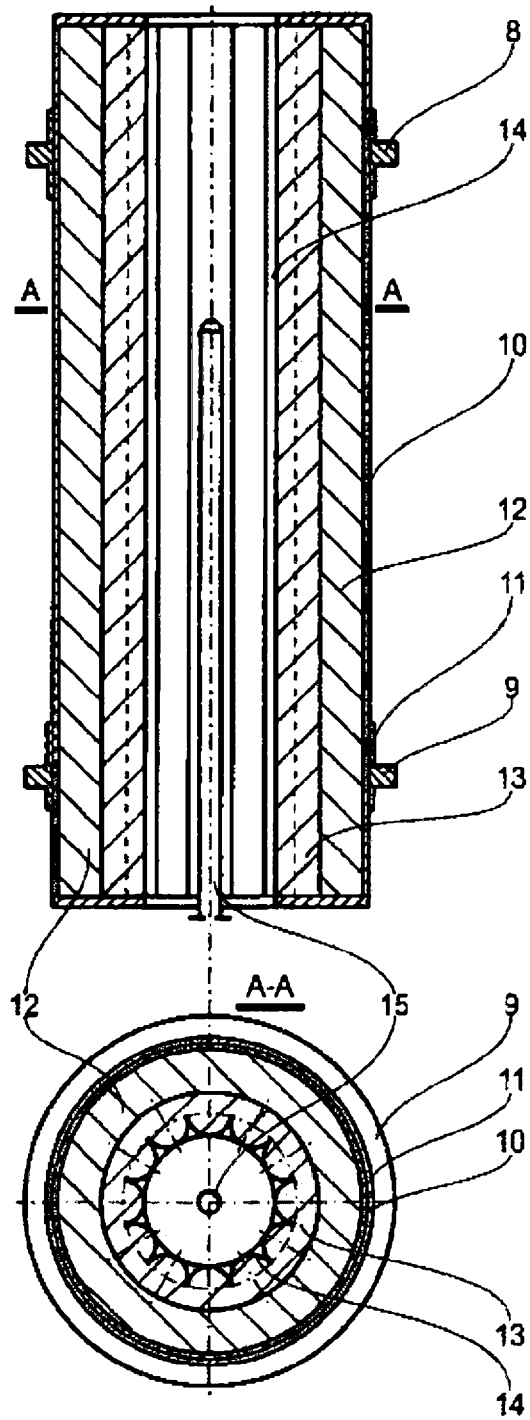


Fig. 3