

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242917 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430405**

(22) Data zgłoszenia: **2019.06.28**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.01.11 BUP 01/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.05.15 WUP 20/2023**

(51) MKP:

C04B 28/24 (2006.01)

C04B 38/10 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE
GŁOKOR SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Gliwice, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
**JAN JUSZCZYŃSKI, Gliwice, PL
EWELINA KURASZ, Katowice, PL
VADIM BELYAVSKIY, Katowice, PL
TOMASZ KRASZEWSKI, Gliwice, PL**

(74) Pełnomocnik:
Adam Pawłowski, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru

PL 242917 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru.

Beton komórkowy (ABK – autoklawizowany beton komórkowy) jest materiałem budowlanym, lekkim betonem otrzymywanym przez wprowadzenie gazu, najczęściej powietrza, pod odpowiednim ciśnieniem, do plastycznej mieszanki cementowej, w wyniku czego powstają w nim jednorodne pory, zwane komórkami. Powietrze wprowadza się na dwa sposoby: przez reakcję chemiczną, najczęściej proszku aluminium z cementem (gazobeton) lub przez dodanie czynnika pianotwórczego, który tworzy pęcherzyki powietrza podczas mieszania (pianobeton). Beton komórkowy charakteryzuje się niską przewodnością cieplną i dobrą ognioodpornością oraz dobrą odpornością na działanie mrozu.

Znany jest z opisu patentu europejskiego EP3178798 beton komórkowy i sposób jego wytwarzania. Wynalazek dotyczy betonu napowietrzonego ze stałym rusztowaniem, który otacza piankę powstającą lub wytwarzaną przez pory procesu napędzania. Beton komórkowy ma wytrzymałość na kruszenie kamienia od 2,0 do 3,5 N/mm², przewodność cieplną od 0,075 do 0,1 W/mK i gęstość nasypową od 300 do 400 kg/m³. Szkielet w stanie stałym zawiera od 10 do 20% masowych ziaren kwarcu, z czego jedna część to proszek kwarcowy o średniej średnicy ziarna (d₅₀) mniejszej niż 0,1 mm i jedna część piasku kwarcowego o średniej średnicy ziarna (d₅₀) pomiędzy 0,4 a 0,6 mm. Ponadto wynalazek dotyczy sposobu wytwarzania betonu komórkowego.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL416248 sposób wytwarzania betonu komórkowego z zastosowaniem wapna hydratyzowanego. Przedmiotem zgłoszenia jest sposób wytwarzania betonu komórkowego o podwyższonej wytrzymałości na ściskanie i o niższym współczynniku przewodzenia ciepła z udziałem środka modyfikującego w postaci wapna hydratyzowanego. Sposób ten przeznaczony jest do wyrobu bloczków i elementów budowlanych stosowanych w budownictwie do wznoszenia budynków, w którym do masy zarobowej wprowadza się wapno hydratyzowane Ca(OH)₂ w ilości 11% – 31% masy spoiwa, dla betonu komórkowego o gęstościach od 300 kg/m³ – 800 kg/m³.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL414951 sposób wytwarzania betonu komórkowego o zmniejszonej gęstości objętościowej i zwiększonej izolacyjności cieplnej. Sposób wytwarzania betonu komórkowego o zmniejszonej gęstości objętościowej i zwiększonej izolacyjności cieplnej charakteryzuje się tym, że w ustalonej kolejności wprowadza się grawitacyjnie surowce i półprodukty do mieszarki turbinowej o pojemności 5 m³. W pierwszej fazie jest to szlam piaskowy z wodą w ilości 1000 – 1600 kg wraz ze szlamiem odpadowym i częścią 2,5 – 4 l środka powierzchniowo czynnego, które miesza się, po czym dodaje się wapno palone mielone o zawartości całkowitych i aktywnych tlenków wapnia CaO > 90% w ilości 10 do 20 kg/m³ i miesza się, następnie dodaje się cement portlandzki: 42,5 w ilości 20 – 40 kg/m³, cement portlandzki 52,5 w ilości 10 do 20 kg/m³ oraz mączkę kwarcową o zawartości SiO₂ min 94 – 97% w ilości 0,5 – 1% w stosunku do masy ogólnej cementu i miesza się, po czym dodaje zawieszinę proszku Al 8 – 9,5 l/m³, który pozostaje wymieszany z roztworem wodnym środka powierzchniowo czynnego w proporcji 3 : 1, po czym po zbilansowaniu cieplnym masy zarobowej, podaje się ją do wysmarowanych olejem form, następnie prowadzi proces uszlachetniania i dojrzewania w komorach do wyrośnięcia i uzyskania wytrzymałości w skali 3 – 6. Na koniec prowadzi się rozformowanie form i dalszą obróbkę bloku masy do uzyskania wymaganego kształtu i wymiaru oraz formatuje wyrób, który transportuje się na stanowisko separacji wyrobów, na którym oddziela się każdą kształtkę w linii cięcia wzdłużnego, po czym produkt wraz z dnem hartowniczym wprowadza się do komór grzewczych o temperaturze 80 – 90°C, po czym poddaje się procesowi obróbki hydrotermicznej i procesowi paletyzacji oraz pakowania wyrobu końcowego.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL411218 sposób wytwarzania betonu komórkowego. Sposób wytwarzania autoklawizowanego betonu komórkowego polega na tym, że mieszanka lejna betonu komórkowego niskiej gęstości w ilości 10% ÷ 90% objętości formy, charakteryzująca się dodatkiem proszku aluminiowego o granulacji i ilości potrzebnej do osiągnięcia ostatecznej gęstości wyrobu w zakresie od 250 kg/m³ do 400 kg/m³, oraz mieszanka lejna betonu komórkowego wysokiej gęstości w ilości 10% ÷ 90% objętości formy charakteryzująca się zawartością oraz granulacją proszku aluminiowego pozwalającą osiągnąć ostateczną gęstość w zakresie od 400 kg/m³ do 700 kg/m³, zgromadzone w dwóch osobnych zasobnikach dozują się do mieszalnika statycznego ze zmiennym udziałem procentowym objętości mieszanki lejnej betonu komórkowego niskiej gęstości

i mieszanki lejnej betonu komórkowego wysokiej gęstości w tworzonej kompozycji, przy założeniu że suma objętości tych mieszanek jest stała w jednostce czasu. Następnie miesza się powstałą kompozycję w mieszalniku statycznym w sposób ciągły oraz bezpośrednio układa w formie o wysokości o 20% wyższej od grubości wytwarzanego elementu murowego.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL407311 sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej. Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z udziałem środka modyfikującego w postaci wapna hydratyzowanego oraz mieszaniny wapna hydratyzowanego i gipsu, w którym krzemionkę rozdrabnia się w młynie kulowym do uzyskania jednorodnego uziarnienia o powierzchni właściwej $> 3000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Następnie mieszaninę surowców poddaje się homogenizacji w mieszarce w czasie co najmniej 3 minut, składniki w reakcji z krzemionką tworzą związek chemiczny nadający wytrzymałość mechaniczną co najmniej $2,0 \text{ N/mm}^2$ i przewodność cieplną o współczynniku λ , nie więcej niż $0,09 \text{ W/mK}$.

Znana jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL406981 mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego. Mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego, zwłaszcza autoklawizowanego, przeznaczonego do produkcji wyrobów budowlanych oraz wielkowymiarowych elementów prefabrykowanych, itp. składająca się z wapna, cementu, piasku, środka porotwórczego, charakteryzuje się tym, że zawiera pył perlitowy z ekspandowania rudy perlitowej, w ilości od 7 do 55% wagowo całkowitej ilości mikro kruszywa.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL409671 autoklawizowany beton komórkowy oraz zastosowanie haloizytu jako dodatku do autoklawizowanego betonu komórkowego. Autoklawizowany beton komórkowy charakteryzuje się tym, że zawiera dodatek haloizytu w ilości do 10% masy cementu, korzystnie 2,5 do 5,0%. Przedmiotem zgłoszenia jest też zastosowanie haloizytu jako dodatku do autoklawizowanego betonu komórkowego składającego się z cementu, wapna palonego, piasku, gipsu, proszku glinowego oraz wody.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia wzoru użytkowego PL121837 mieszalnik do produkcji betonu komórkowego. Przedmiotem wzoru użytkowego jest mieszalnik do produkcji betonu komórkowego, przeznaczony do mieszania i miksowania zwłaszcza masy zarobowej betonu komórkowego. Mieszalnik do produkcji betonu komórkowego złożony ze zbiornika, układu napędowego oraz mieszadła charakteryzuje się tym, że napęd wału mieszadła realizowany za pomocą dwóch silników elektrycznych, poprzez przekładnie pasowe, przy czym układ napędowy silniki przekładnie tworzy zarys litery „V”. Na powierzchni dna zbiornika do wysokości styku z powierzchnią walcową zbiornika, usytuowane są wymienne segmenty, w postaci arkuszy wykonanych z trudnościeralnego materiału, a na powierzchniach ścian zbiornika na czterech poziomach umieszczone są progi mieszające, przy czym progi mają otwory i rozmieszczone są na osiach symetrii zbiornika w czterech grupach po 3 sztuki, zaś w najwyższym rzędzie umieszczono dwa progi.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia wzoru użytkowego PL120592 mieszalnik do produkcji betonu komórkowego. Mieszalnik do produkcji betonu komórkowego, przeznaczony do mieszania i miksowania zwłaszcza masy zarobowej betonu komórkowego, złożony jest ze zbiornika, układu napędowego, oraz mieszadła, przy czym ściany zbiornika w części górnej i dolnej usytuowane są pod kątem, tworząc zarys ściętego stożka, zaś dno zbiornika wykonane jest z dwóch segmentów stożkowych, ukształtowanych w ten sposób, że tworzą one profil wklęsło-wypukły z wznoszącym się stożkiem w środkowej jego części i w stronę powierzchni bocznych ścian mieszalnika, zaś na ścianach bocznych mieszalnika usytuowane są progi, powyżej dwa progi oraz powyżej cztery progi, zaś mieszadło, ma w części dolnej wirnik, którego łopatki, usytuowane są pod kątem rozwartym w stosunku do osi wału, równoległe do skośnych płaszczyzn stożkowego dna zbiornika.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL395312 sposób wytwarzania betonu komórkowego z zastosowaniem przetworzonego kruszu oraz sposób przygotowania kruszu.

Znana jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL389751 mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego.

Znana jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL381381 mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego. Mieszanka do wytwarzania betonu komórkowego, zwłaszcza autoklawizowanego składająca się z wapna i/lub cementu, surowca siarczanowego i popiołów lotnych, środka powierzchniowo czynnego i spulchniającego, znamienna tym, że zawiera popioły lotne z fluidalnego spalania węgla, ewentualnie mieszankę popiołów z fluidalnego spalania węgla i popiołów krzemionkowych w ilości od 10 do 100% wagowo całkowitej ilości popiołów krzemionkowych.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL384482 sposób wytwarzania betonu komórkowego.

Znane są z opisów polskich zgłoszeń patentowych PL210846, PL381381, PL370184 i patentu PL209319 sposoby wytwarzania lekkiego mineralno-pucolanowego betonu komórkowego. Sposoby wytwarzania lekkiego mineralno-pucolanowego betonu komórkowego charakteryzują się tym, że stosuje się mieszaninę suchych składników podstawowych, takich jak: korzystnie klasyfikowany popiół lotny w ilości 5,0 – 75,0 części wagowych, krzemian trójwapniowy w ilości 2,5 – 10,0 części wagowych, krzemian dwuwapniowy w ilości 20,0 – 40,0 części wagowych, glinian wapnia w ilości 5,0 – 8,0 części wagowych, siarczan wapnia w ilości 2,0 – 5,0 części wagowych, węglan sodu w ilości 0,1 – 1,0 części wagowych, węglan potasu w ilości 0,1 – 1,0 części wagowych, siarczan glinu w ilości 0,1 – 0,5 części wagowych, glinian sodu w ilości 0,1 – 0,5 części wagowych.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL340716 i opisu polskiego patentu PL191518 sposób wytwarzania betonu komórkowego. Sposób wytwarzania betonu komórkowego, którego masę tworzą znane składniki jak szlam piaskowy, wapień, cement oraz wodny roztwór proszku aluminiowego, które poddawane jest procesowi autoklawizacji, charakteryzuje się tym, że do znanej masy dodaje się krusz betonu komórkowego o wilgotności 10 – 30% i gramaturze 2 – 5 mm i ilości wagowej 2 – 15% ogólnej masy składników oraz do procesu autoklawizacji wprowadza się fazę wstępną ogrzewania masy, która przebiega w temp. 50 – 100°C w czasie 10 – 30 minut.

Znana jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL330955 instalacja do wytwarzania lekkich materiałów budowlanych, w szczególności gazobetonu lub betonu komórkowego.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL317764 sposób wytwarzania betonu komórkowego.

Znany jest z opisu polskiego patentu PL199385 sposób wytwarzania betonu komórkowego. Beton komórkowy jest wytwarzany z wykorzystaniem, jako wypełniacza, frakcji piaszczystej o zawartości 80 – 90% SiO_2 , która jest materiałem odpadowym ze spalania węgla brunatnego oraz, jako środek wiążący wapno i cement. Surowce te są mielone na sucho i mieszane z wodą o temperaturze około 50°C i ze środkiem wytwarzającym pory. Tak otrzymaną mieszaninę wylewa się na formy.

Znana jest z opisu polskiego patentu PL196953 mieszanka z betonu komórkowego stosowana zwłaszcza jako materiał izolacyjny.

Znany jest z opisu polskiego patentu PL97654 sposób wytwarzania betonu komórkowego produkowanego na bazie popiołów lotnych.

W znanych sposobach wytwarzania betonu komórkowego powstaje z mieszanki betonu drobnoziarnistego i czynnika pianotwórczego. Beton drobnoziarnisty jest wodną dyspersją mineralnych, nieaktywnych proszków-wypełniaczy i składnika aktywnego (cement, wapno). Czynnikiem pianotwórczym jest wytworzona wcześniej piana lub aktywny chemicznie dodatek (proszek aluminiowy). Piana, ze względu na swoją nietrwałość, wymaga szybkiego zastosowania i utwardzenia. Gotowy produkt z betonu komórkowego powstaje w procesie utwardzania w kontrolowanych warunkach (autoklaw, podwyższona temperatura). Gotowy produkt z betonu komórkowego stanowi utwardzoną pianę mineralną.

Właściwości betonu komórkowego są od siebie zależne. Od gęstości betonu zależy jego izolacyjność termiczna oraz odporność na ściskanie. Im gęstość betonu komórkowego jest mniejsza, czyli im więcej porów wypełnionych powietrzem zawiera, tym lepszą izolacją termiczną się charakteryzuje. Jednak mała gęstość betonu powoduje małą odporność na ściskanie. Wskazaniem byłoby zatem stworzenie betonu komórkowego o małej gęstości oraz wysokiej izolacyjności termicznej oraz wysokiej odporności na ściskanie.

Wytrzymałość i trwałość betonu zależy najbardziej od jego składu i budowy strefy przejściowej piasek – matryca cementowa – piana. Piasek jest obojętnym wypełniaczem mineralnym. Piana jest wytwarzana ze związków organicznych, których obecność w betonie negatywnie wpływa na jego właściwości. Związki organiczne powodują hydrofobizację wewnątrz betonu, co utrudnia hydratację cementu i trwałe połączenie jego składników. Jest to dodatkowe ograniczenie znanych metod – brak lub słabe wiązanie składników. Stosowanie standardowych, nieaktywnych składników nie wytwarza trwałych połączeń chemicznych czy fizycznych, przez co beton jest kruchy. Kolejną niedogodnością znanych metod jest powolne utwardzanie betonu po uformowaniu gotowego produktu. W trakcie utwardzania betonu część piany rozkłada się, zwłaszcza w dolnej warstwie, przez co u dołu pojawia się warstwa betonu nie spienionego lub mało spienionego, o innej gęstości. Różnica w strukturze betonu i gęstości powoduje jego pękanie. Wskazaniem byłoby zatem stworzenie betonu komórkowego z aktywnych składników, które w wyniku reakcji tworzą trwałe połączenia i twardą strukturę.

Znane sposoby wytwarzania betonu komórkowego wymagają dobrej jakości składników i dużej zawartości aktywnych składników spoiwa (aktywnego cementu). Piasek nie może zawierać dużej ilości zanieczyszczeń (<3%), frakcja uziarnienia piasku jest restrykcyjnie określona (<0,2 mm). Wskazaniem byłoby zatem stworzenie betonu komórkowego sposobem, który pozwoli na wykorzystanie łatwo dostępnych i niedrogich składników.

Geopolimery to klasa nowoczesnych, nieorganicznych, amorficznych, syntetycznych polimerów glinokrzemianowych o specyficznym składzie i właściwościach. Geopolimery są najczęściej twardymi, odpornymi mechanicznie ciałami stałymi. Wszystkie odmiany geopolimerów charakteryzują się bardzo wysoką ogniotrwałością.

Większość metod produkcji geopolimerów polega na zmieszaniu: rozdrobnionego, wysuszonego materiału pucolanowego (metakaolin lub popiół lotny), wodnego roztworu krzemianu sodu lub potasu i silnej zasady – stężonego wodorotlenku sodu lub potasu. Powstała masa zastyga w ciągu kilku godzin. Do półpłynnej masy powstającej po wymieszanu składników geopolimeru można dodawać różnego rodzaju agregaty i domieszki zmieniające własności fizykochemiczne (jak np. superplastyfikatory), uzyskując w ten sposób materiały kompozytowe – betony, zaprawy murarskie itp.

Znane są z opisu polskiego patentu PL226104 tworzywo geopolimerowe oraz sposób wytwarzania tworzywa geopolimerowego, który charakteryzuje się tym, że stosuje się mieszaninę na bazie glinokrzemianów zawartych w tufie wulkanicznym. Tworzywo to zawiera tuf wulkaniczny, rozdrobniony do wielkości ziaren 10 – 800 μm i kalcynowany przez 2 – 4 godziny w temperaturze 700 – 850°C. Jako alkaliczne aktywatory glinokrzemianów tworzywo zawiera sodowe i/lub potasowe szkło wodne w roztworze wodnym wodorotlenku sodu i/lub potasu.

Znany jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL418861 sposób otrzymywania geopolimeru, zastosowanie geopolimeru do wytwarzania elementów konstrukcyjnych, zwłaszcza elementów konstrukcyjnych odpornych na działanie wysokich temperatur, oraz sposób wytwarzania elementów konstrukcyjnych, który charakteryzuje się tym, że stosuje się wypalony i rozdrobniony odpad wydobywczy, który miesza się z piaskiem i kruszywem budowlanym, a następnie tak otrzymaną mieszaninę składników sypkich miesza się z roztworem otrzymanym przez zmieszanie wodnego roztworu wodorotlenku sodu lub potasu oraz wodnego roztworu krzemianu sodu lub potasu do uzyskania masy gęsto plastycznej.

Znana jest z opisu patentu europejskiego EP2852562 kompozycja aktywatora geopolimeru i wytwarzane z niej geopolimerowe spoiwo, pasta i beton, który charakteryzuje się tym, że zawiera dodatki wybrane spośród cukrów i ich pochodnych i/lub kwasów organicznych i ich soli.

Znana jest z opisu polskiego zgłoszenia patentowego PL407565 mieszanina geopolimerowa. Mieszanina geopolimerowa zawiera popioły uzyskane ze spalania węgla kamiennych, brunatnych, z równoczesnym ich odsiarczaniem i charakteryzuje się tym, że popioły z fluidalnego spalania w ilości 0,1 do 70% wagowych są aktywnym materiałem wypełniającym o właściwościach pucolanowych i hydraulicznych.

Znany jest z polskiego zgłoszenia patentowego PL373364 cement geopolimerowy na bazie poli(disilokso-sialanu) i metoda jego otrzymywania. Geopolimerowy cement lub spoiwo zawiera bezpośrednią matrycę szklistą składającą się ze związku geopolimerycznego typu poli(sialan-disilokso). Cement składa się z mieszaniny różnych odmian polisialanów, glinokrzemianu i cząstki kwarcu.

Znane są również sposoby wytwarzania prefabrykatów z geopolimerów.

Znany jest z opisu zgłoszenia patentowego PL420004 system elementów geopolimeru do budowy domów, który charakteryzuje się tym, że z geopolimeru wykonano prefabrykaty: pustaki, belki, nadproże, umożliwiających połączenie poszczególnych elementów domu ze sobą.

Znane są sposoby wytwarzania geopolimeru, w których surowcami są wodny roztwór odpowiedniego krzemianu, np. krzemianu sodu lub potasu, oraz silna zasada, np. stężony roztwór wodorotlenku sodu lub potasu. Są to składniki drogie, które znacząco podnoszą koszt produktu. Obecność silnej zasady z geopolimerem podnosi jego pH, co powoduje korozję zbrojeń.

Wskazaniem byłoby zatem usprawnienie sposobu wytwarzania, celem uzyskania optymalnego produktu i optymalnego procesu jego wytwarzania.

Optymalny produkt charakteryzowałby się kosztami wytwarzania niższymi o 30% w porównaniu ze standardowymi metodami, zmniejszoną gęstością objętościową, zwiększoną izolacyjnością cieplną, minimalną liczbą pęknięć oraz wysokimi parametrami wytrzymałościowymi.

Optymalny proces charakteryzowałby się niskim zużyciem materiałów i energii oraz większą wydajnością, możliwością użycia piasku zawierającego do 10% zanieczyszczeń, użyciem taniego lepszczka zamiast wysokiej jakości cementu, szybkim utwardzaniem betonu po uformowaniu gotowego produktu, bez zastosowania autoklawu.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru, z surowców aktywnych charakteryzujący się tym, że: wytwarza się aktywną krzemionkę przez mielenie, suszenie i aktywację piasku w polu elektromagnetycznym; wytwarza się aktywny żużel przez mielenie i suszenie żużłu; wytwarza się aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie przez aktywację w polu elektromagnetycznym; wytwarza się geopolimer poprzez zmieszanie aktywnej krzemionki, aktywnego żużłu i aktywnego roztworu metakrzemianu sodu z mikrozbrojeniem; spienia się geopolimer poprzez dodanie do wytworzonego geopolimeru białkowego środka spieniającego; przy czym poszczególne składniki dozuje się w następującym udziale wagowym względem całkowitej masy spienionego betonu komórkowego: aktywna krzemionka od 20% do 30%; aktywny żużel od 20% do 30%; aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie od 37% do 51%; mikrozbrojenie od 0,5% do 1%; białkowy środek spieniający od 1% do 2%.

Korzystnie, aktywną krzemionkę wytwarza się z piasku podsypkowego lub budowlanego o uziarnieniu $< 0,2$ mm i ilości pyłów od 3% do 10%.

Korzystnie, aktywną krzemionkę wytwarza się in-situ, przez aktywację piasku w procesie mielenia do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszenia powietrzem o temperaturze od 500°C do 800°C do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych, a następnie oddziałuje się na piasek zmiennym polem elektromagnetycznym w aparacie do intensyfikacji procesów.

Korzystnie, aktywny żużel wytwarza się z żużla wielopieczowego granulowanego o wilgotności nie większej niż 0,5%.

Korzystnie, żużel mieli się do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszy się go gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych.

Korzystnie, aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie wytwarza się przez zmieszanie roztworu katolitu o temperaturze 110°C od 50% do 80% wagowo pełniącego rolę zasady i popiołu lotnego od 20% do 50% wagowo jako źródła SiO_2 , w aparacie do intensyfikacji procesów za pomocą zmiennego pola elektromagnetycznego.

Korzystnie, roztwór katolitu o $\text{ORP} = -1800$ mV, $\text{pH} > 13$, powstały w procesie elektrolizy wodnego roztworu wodorowęglanu sodu o stężeniu od 10 do 20% wagowo.

Korzystnie, stosuje się popiół lotny zawierający, w przeliczeniu na tlenki: SiO_2 od 48 do 52%, Al_2O_3 od 15 do 18%, Fe_2O_3 od 8 do 12%, CaO od 2% do 5%, K_2O od 2% do 5%, MgO od 2% do 5%.

Korzystnie, geopolimer wytwarza się przez zmieszanie surowców aktywnych z mikrozbrojeniem w czasie nie dłuższym niż 20 minut od momentu wytworzenia surowców aktywnych.

Korzystnie, stosuje się białkowy środek spieniający odporny na $\text{pH} > 13$, na bazie wysokoaktywnych, pianotwórczych białek o masie molowej od 20 000 do 120 000 daltonów.

Korzystnie, tak wytworzony beton komórkowy utwardza się w temperaturze od 25°C do 40°C , pod ciśnieniem atmosferycznym, przez 4 h, do uzyskania wytrzymałości na ściskanie od 0,3 do 0,5 MPa.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony za pomocą rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia schematycznie sposób wytwarzania betonu komórkowego z geopolimeru według wynalazku.

W sposobie według wynalazku tworzy się aktywną krzemionkę z piasku podsypkowego lub budowlanego o uziarnieniu $< 0,2$ mm i ilości pyłów powyżej 3%. Aktywna krzemionka stanowi od 20% do 30% wagowo wagi betonu komórkowego. Aktywna krzemionka jest wytwarzana in-situ, efekt aktywacji jest krótkotrwały i dlatego konieczne jest jej zastosowanie w ciągu 20 minut od wytworzenia. Aktywna krzemionka powstaje korzystnie przez aktywację piasku w procesie jego mielenia do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszenia powietrzem o temperaturze powyżej 500°C do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5%, w rozdrabniarkach udarowo-prętowych, a następnie przez działanie zmiennym polem elektromagnetycznym, korzystnie o natężeniu z zakresu od $6,4 \cdot 10^4$ do $20,0 \cdot 10^4$ A/m, w aparacie do intensyfikacji procesów. Zastosowanie udarowych i ściernych metod rozdrabniania pozwala na wydajne rozdrobnienie piasku do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm oraz aktywację jego powierzchni. W wyniku dostarczenia energii: mechanicznej, cieplnej i elektromagnetycznej powstaje frakcja pyłowa różnych minerałów z aktywną powierzchnią: kwarcu, metakaolinu, krzemionki bezpostaciowej oraz trydymitu. Krzemionka oraz minerały z aktywną powierzchnią łatwiej i szybciej reagują z pozostałymi

składnikami geopolimeru. Wilgotność mielonego piasku mierzy się w trakcie procesu. W trakcie mielenia piasek suszy się gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5%. Zawartość wilgotności poniżej 0,5% pozwala zachować aktywność powierzchni krzemionki.

W sposobie według wynalazku tworzy się aktywny żużel przez mielenie i suszenie żużlu wielkopieczowego granulowanego, o wilgotności nie większej niż 0,5%. Aktywny żużel stanowi od 20% do 30% wagowo wagi betonu komórkowego. Żużel mieli się do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszy się go gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych. Zastosowanie udarowych i ściernych metod rozdrabniania pozwala na wydajne rozdrobnienie żużlu do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm oraz aktywację powierzchni ziaren. Ziarna z aktywną powierzchnią łatwiej i szybciej reagują z pozostałymi składnikami geopolimeru. Wilgotność mielonego żużlu mierzy się w trakcie procesu. W trakcie mielenia żużel suszy się gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5%. Zawartość wilgotności poniżej 0,5% pozwala zachować aktywność powierzchni ziaren mielonego żużlu.

W sposobie według wynalazku tworzy się aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie. Aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie stanowi od 37% do 51% wagowo wagi betonu komórkowego. Aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie powstaje przez zmieszanie roztworu katolitu od 50% do 80% wagowo i popiołu lotnego od 20% do 50% wagowo w aparacie do intensyfikacji procesów za pomocą zmiennego pola elektromagnetycznego. Roztwór katolitu powstaje w procesie elektrolizy wodnego roztworu wodorowęglanu sodu o stężeniu od 10 do 20% wagowo. Katolit ma potencjał ORP = -1800 mV, pH > 13 i pełni rolę zasady. Roztwór katolitu podgrzany do temperatury 110°C jest mieszany z popiołem lotnym. Do procesu stosuje się popiół lotny zawierający, w przeliczeniu na tlenki: SiO₂ od 48 do 52%, Al₂O₃ od 15 do 18%, Fe₂O₃ od 8 do 12%, CaO od 2% do 5%, K₂O od 2% do 5%, MgO od 2% do 5%. Popiół lotny pełni rolę źródła krzemionki w formie bardzo drobnych, zaokrąglonych ziaren. Po zmieszanu składników i pod wpływem zmiennego pola elektromagnetycznego, które intensyfikuje procesy i reakcje, powstaje roztwór metakrzemianu sodu.

Kolejnym etapem jest wytwarzanie geopolimeru (15) z aktywnych surowców i mikrozbroyenia. Do wytworzonych surowców aktywnych dodaje się mikrozbroyenie, w ilości od 0,5% do 1% wagowo wagi betonu komórkowego. Mikrozbroyeniem może być włókno celulozowe o długości od 1 do 5 mm i średnicy 0,1 do 0,5 mm. Mikrozbroyenie wzmacnia i uelastycznia strukturę betonu komórkowego. Wszystkie surowce miesza się razem od 1 do 3 minut. Geopolimer wytwarza się przez zmieszanie surowców aktywnych z mikrozbroyeniem w czasie nie dłuższym niż 20 minut od momentu wytworzenia surowców aktywnych.

Następnym etapem jest spienienie geopolimeru (16). Do wytworzonego geopolimeru dodaje się białkowy środek spieniający w ilości od 1% do 2% wagowo wagi betonu komórkowego. Wszystko miesza się razem przez czas od 3 do 5 minut. Od zastosowanego środka spieniającego zależy jakość wytworzonego betonu komórkowego, jego twardość i gęstość. Stosowany białkowy środek spieniający jest odporny na pH > 13 i zawiera wysokoaktywne, pianotwórcze białka o masie molowej od 20 000 do 120 000 daltonów. Tak wytworzony spieniony geopolimer jest gotowym do utwardzania betonem komórkowym o niskiej przewodności cieplnej, z którego można tworzyć wyroby budowlane.

Ostatnim etapem jest utwardzanie betonu komórkowego z geopolimeru (17).

Z wytworzonego betonu komórkowego tworzy się wyroby budowlane przez napełnienie przygotowanych foremek spienionym geopolimerem. Beton komórkowy jest utwardzany w temperaturze od 25°C do 40°C, pod ciśnieniem atmosferycznym, przez 4 h, do uzyskania wytrzymałości na ściskanie od 0,3 do 0,5 MPa. W ten sposób uzyskuje się wyroby budowlane o niskiej przewodności cieplnej.

Wszystkie inne procesy wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru według sposobu przedstawionego na Fig. 1 mogą być wykonywane z wykorzystaniem urządzeń znanych w stanie techniki.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia uzyskanie co najmniej części z następujących korzyści technicznych w porównaniu ze znanymi metodami.

Wytrzymałość na ściskanie betonu komórkowego jest wyższa o 30 – 40% przy takiej samej gęstości.

W przypadku zmniejszenia gęstości objętościowej o 30%, zwiększa się izolacyjność cieplna o od 10 do 30%, przy zachowaniu wytrzymałości na ściskanie. Dodatkowo liczba pęknięć jest minimalna.

Proces według wynalazku daje możliwość użycia piasku o wysokiej zawartości zanieczyszczeń (do 10%), zastąpienia wysokiej jakości cement tanimi rodzajami lepiszcza, szybkiego utwardzania betonu po uformowaniu gotowego produktu, bez użycia autoklawu. Koszt wytwarzania produktu jest niższy o 20% w porównaniu ze standardowymi metodami. Wydajność wzrasta o 30%, przy jednoczesnym zużyciu energii mniejszym o 30%.

Przykład wykonania

Wytworzono wyroby z betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru według wynalazku, jak przedstawiono na Fig. 1.

Obliczenia procentowe i wagowe wykonano dla partii 100 kg.

Wytworzono 30 kg aktywnej krzemionki z 32 kg piasku podsypkowego o uziarnieniu od 0 do 0,2 mm i o ilości pyłów 5%. Aktywna krzemionka powstała przez aktywację piasku w procesie mielenia do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszenia powietrzem o temperaturze 600°C do osiągnięcia wilgotności 0,4%, w rozdrabniarkach udarowo-prętowych, a następnie przez działanie zmiennym polem elektromagnetycznym w aparacie do intensyfikacji procesów. Zastosowano aparat do intensyfikacji procesów typu GlobeCore AVS-100. W aparacie do intensyfikacji procesów zastosowano konwertery o wymiarach $35 \times 2,5$ mm. Proces aktywacji trwał 3 sekundy.

Powstała frakcja pyłowa różnych minerałów z aktywną powierzchnią: kwarcu, metakaolinu, krzemionki bezpostaciowej oraz trydymitu.

Wytworzono 20 kg aktywnego żużlu przez mielenie i suszenie 21 kg żużlu wielopieczowego granulowanego, o wilgotności 0,5%. Żużel mielono do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszono gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych.

Wytworzono 24 kg roztworu katolitu w procesie elektrolizy 48 kg wodnego roztworu wodorowęglanu sodu o stężeniu 20% wagowo wagi roztworu. Katolit ma potencjał $\text{ORP} = -1800$ mV, $\text{pH} > 13$ i pełni rolę zasady.

Wytworzono 48 kg aktywnego roztworu metakrzemianu sodu w wodzie. Aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie powstał przez mieszanie roztworu katolitu (24 kg, 50% wagowo wagi mieszanki) i popiołu lotnego (24 kg, 50% wagowo wagi mieszanki) w aparacie do intensyfikacji procesów za pomocą zmiennego pola elektromagnetycznego. Roztwór katolitu podgrzano do temperatury 110°C i mieszano z popiołem lotnym. Zastosowano aparat do intensyfikacji procesów typu GlobeCore AVS-100. W aparacie do intensyfikacji procesów zastosowano konwertery o wymiarach $35 \times 2,5$ mm. Czas procesu wynosił 10 min.

Do procesu zastosowano popiół lotny zawierający, w przeliczeniu na tlenki: SiO_2 48%, Al_2O_3 od 15%, Fe_2O_3 8%, CaO 2%, K_2O 2%, MgO 2%.

Po zmieszaniu składników i pod wpływem zmiennego pola elektromagnetycznego, które intensyfikuje procesy i reakcje, powstał roztwór metakrzemianu sodu.

Kolejnym etapem było wytwarzanie geopolimeru (15) z aktywnych surowców i mikrozbrojenia. Jako mikrozbrojenie zastosowano włókno celulozowe o długości 5 mm i średnicy 0,5 mm.

Dostarczono odważone surowce do mieszalnika ślimakowego:

1. aktywna krzemionka 30 kg;
2. aktywny żużel 20 kg;
3. aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie 48 kg;
4. mikrozbrojenie 1 kg.

Wszystkie surowce mieszano razem przez 3 minuty.

Następnym etapem było spienienie geopolimeru (16). Do wytworzonego geopolimeru dodano środek spieniający LithoFoam® VC w ilości 1% wagowych wagi betonu komórkowego. Wszystko mieszano przez 5 minut i spieniano przez dodawanie sprężonego powietrza. Zastosowany białkowy środek spieniający jest odporny na $\text{pH} > 13$ i zawiera wysokoaktywne, pianotwórcze białka o masie molekularnej od 20 000 do 120 000 daltonów. Tak wytworzony spieniony geopolimer był gotowym do utwardzania betonem komórkowym o niskiej przewodności cieplnej, z którego wytworzono wyroby budowlane.

Ostatnim etapem było utwardzanie betonu komórkowego z geopolimeru (17). Z wytworzonego betonu komórkowego wytworzono wyroby budowlane przez napełnienie przygotowanych foremek o wymiarach $100 \times 100 \times 100$ mm spienionym geopolimerem. Beton komórkowy utwardzał się w temperaturze 30°C , pod ciśnieniem atmosferycznym, przez 4 h, do uzyskania wytrzymałości na ściskanie 0,3 MPa.

Parametry uzyskanego produktu 1 (po 28 dniach):

Parametr	Wartość	Jedn.	Metody badań
Wytrzymałość na ściskanie	2	MPa	PN-EN 12390-3:2011/AC:2012
Gęstość	250	kg/m ³	PN-EN 12390-7:2011
Współczynnik przewodzenia ciepła λ	0,075	W/(mK)	PN-EN ISO 6946:2008
Liczba pęknięć	brak		

Dla porównania przetestowano produkt 2, podobnej klasy, o takiej samej wytrzymałości na ściskanie. Przetestowano wyroby z betonu komórkowego dostępne na rynku YTONG ENERGO 300 PP2/0,35.

Parametry produktu 2:

Parametr	Wartość	Jedn.	Metody badań
Wytrzymałość na ściskanie	2	MPa	PN-EN 12390-3:2011/AC:2012
Gęstość	350	kg/m ³	PN-EN 12390-7:2011
Współczynnik przewodzenia ciepła λ	0,095	W/(mK)	PN-EN ISO 6946:2008
Liczba pęknięć	5		

Stwierdzono większą o 20% izolacyjność cieplną produktu 1, przy jednocześnie mniejszej o 30% gęstości objętościowej produktu 1 i równej wytrzymałości na ściskanie obu produktów. Dodatkowo na produkcie 1 nie zaobserwowano pęknięć.

Stwierdzono możliwość użycia piasku o dużej zawartości zanieczyszczeń (5% zanieczyszczeń). Zastąpiono wysokiej jakości cement tanimi rodzajami lepiszcza, zaobserwowano szybkie utwardzanie betonu po uformowaniu gotowego produktu.

Koszt wytwarzania produktu 1 był niższy o 20% w porównaniu ze standardowymi metodami, wydajność została zwiększona o 30%, zużycie energii było o 30% mniejsze, dzięki nie stosowaniu autoklawu.

Ogólnie, sposobem według wynalazku można uzyskać beton o następujących parametrach minimalnych:

Gęstość [kg/m ³]	Współczynnik przewodzenia ciepła λ [W/(mK)]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
250	0,075	2
350	0,085	2-3
600	0,1	5-8

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że możliwe jest wykonanie wyrobów z betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru według wynalazku. Rozwiązanie według wynalazku umożliwia uzyskanie co najmniej części korzyści technicznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania betonu komórkowego o niskiej przewodności cieplnej z geopolimeru, z surowców aktywnych, **znamienny tym**, że:
 - wytwarza się aktywną krzemionkę (11) przez mielenie, suszenie i aktywację piasku w polu elektromagnetycznym;
 - wytwarza się aktywny żużel (12) przez mielenie i suszenie żużłu;
 - wytwarza się aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie (13) przez aktywację w polu elektromagnetycznym;
 - wytwarza się geopolimer (15) poprzez zmieszanie aktywnej krzemionki, aktywnego żużłu i aktywnego roztworu metakrzemianu sodu z mikrozbrojeniem;
 - spienia się geopolimer (16) poprzez dodanie do wytworzonego geopolimeru białkowego środka spieniającego;
 - przy czym poszczególne składniki dozuje się w następującym udziale wagowym względem całkowitej masy spienionego betonu komórkowego:
 - aktywna krzemionka od 20% do 30%;
 - aktywny żużel od 20% do 30%;
 - aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie od 37% do 51%;
 - mikrozbrojenie od 0,5% do 1%;
 - białkowy środek spieniający od 1% do 2%.
2. Sposób według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że aktywną krzemionkę wytwarza się z piasku podsypkowego lub budowlanego o uziarnieniu $< 0,2$ mm i ilości pyłów od 3% do 10%.
3. Sposób według zastrzeżenia 2, **znamienny tym**, że aktywną krzemionkę wytwarza się in-situ, przez aktywację piasku w procesie mielenia do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszenia powietrzem o temperaturze od 500°C do 800°C do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych, a następnie oddziaływuje się na piasek zmiennym polem elektromagnetycznym w aparacie do intensyfikacji procesów.
4. Sposób według któregośkolwiek z zastrzeżeń 1 do 3, **znamienny tym**, że aktywny żużel wytwarza się z żużla wielkopiecowego granulowanego o wilgotności nie większej niż 0,5%.
5. Sposób według zastrzeżenia 4, **znamienny tym**, że żużel mieli się do uziarnienia $d_{80\%} < 0,08$ mm i suszy się go gorącym powietrzem do osiągnięcia wilgotności poniżej 0,5% w rozdrabniarkach udarowo-prętowych.
6. Sposób według któregośkolwiek z zastrzeżeń 1 do 5, **znamienny tym**, że aktywny roztwór metakrzemianu sodu w wodzie wytwarza się przez zmieszanie roztworu katolitu o temperaturze 110°C od 50% do 80% wagowo pełniącego rolę zasady i popiołu lotnego od 20% do 50% wagowo jako źródła SiO₂, w aparacie do intensyfikacji procesów za pomocą zmiennego pola elektromagnetycznego.

7. Sposób według zastrz. 6, **znamienny tym**, że stosuje się roztwór katolitu o ORP = -1800 mV, pH > 13, powstały w procesie elektrolizy wodnego roztworu wodorowęglanu sodu o stężeniu od 10 do 20% wagowo.
8. Sposób według zastrz. 6 albo 7, **znamienny tym**, że stosuje się popiół lotny zawierający, w przeliczeniu na tlenki: SiO₂ od 48 do 52%, Al₂O₃ od 15 do 18%, Fe₂O₃ od 8 do 12%, CaO od 2% do 5%, K₂O od 2% do 5%, MgO od 2% do 5%.
9. Sposób według któregokolwiek z zastrzeżeń 1 do 8, **znamienny tym**, że geopolimer wytwarza się przez zmieszanie surowców aktywnych z mikrozbrojeniem w czasie nie dłuższym niż 20 minut od momentu wytworzenia surowców aktywnych.
10. Sposób według któregokolwiek z zastrzeżeń 1 do 9, **znamienny tym**, że stosuje się białkowy środek spieniający odporny na pH > 13, na bazie wysokoaktywnych, pianotwórczych białek o masie molowej od 20 000 do 120 000 daltonów.
11. Sposób według któregokolwiek z zastrzeżeń 1 do 10, **znamienny tym**, że tak wytworzony beton komórkowy utwardza się w temperaturze od 25°C do 40°C, pod ciśnieniem atmosferycznym, przez 4 h, do uzyskania wytrzymałości na ściskanie od 0,3 do 0,5 MPa.

Rysunek

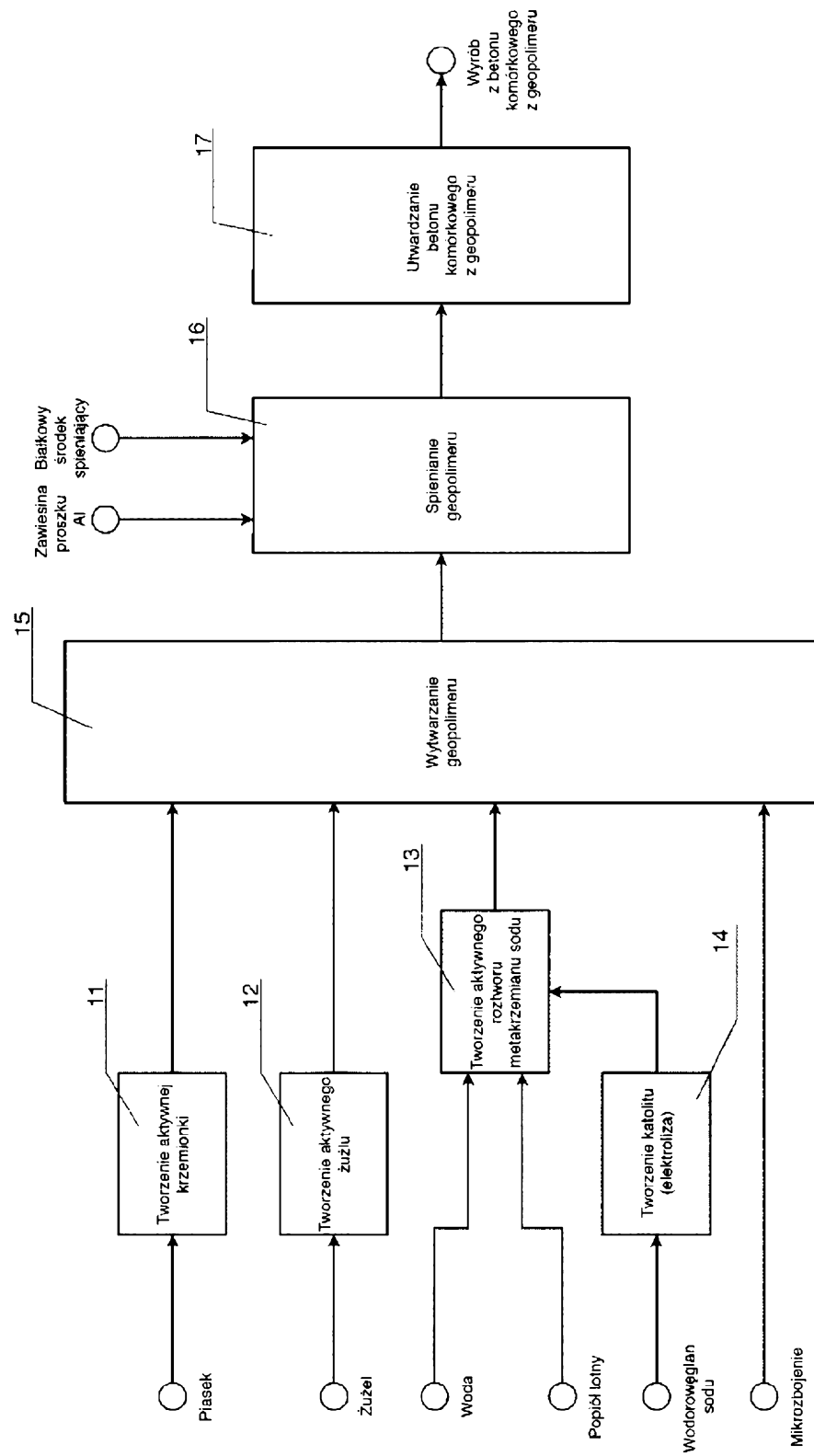


Fig. 1