

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 245618 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437655**

(22) Data zgłoszenia: **2021.04.20**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.10.24 BUP 43/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.09.09 WUP 37/2024**

(51) MKP:

**C04B 28/02** (2006.01)

**C04B 14/18** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:  
**SYSTEM 3E SPÓŁKA AKCYJNA, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**PATRYK ADAM BOLIMOWSKI, Warszawa, PL**  
**DARIUSZ LEWANDOWSKI, Warszawa, PL**  
**KATARZYNA KOLMUS, Warszawa, PL**  
**PIOTR BUDNIK, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Jarosław Kulikowski, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, zwłaszcza do wytwarzania kształtowych elementów budowlanych**

**PL 245618 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, która znajduje zastosowanie do przygotowywania ultra-lekkiego betonu termoizolacyjnego, z którego wytwarza się kształtowe elementy budowlane oraz elementy prefabrykowane, w tym w szczególności bloczki, pustaki, oraz inne elementy przeznaczone do stawiania konstrukcji nośnych oraz nienośnych.

W stanie techniki znanych jest szereg publikacji, które ujawniają i odnoszą się do różnego rodzaju mas i mieszanek budowlanych powszechnie wykorzystywanych między innymi do przygotowywania i wytwarzania tak zwanego ultra-lekkiego betonu który posiada właściwości termoizolacyjne.

I tak, z polskiego zgłoszenia patentowego P.427542 znana jest mieszanka cementowo perlitowa, do wytwarzania kształtowych elementów budowlanych, która przeznaczona jest zwłaszcza do produkcji bloczków, pustaków, a także innych kształtowych elementów budowlanych. Mieszanka według wynalazku zawiera w składzie spoiwo którym jest cement, kruszywo w postaci perlitu, wapno, gips oraz wodę. Ujawniona mieszanka charakteryzuje się tym, że składa się z 30–40% wag. cementu, 10–30% wag. perlitu ekspandowanego, 2–6% wag. wapna hydratyzowanego, 2–6% wag. gipsu, 0–1% wag. mieszaniny związków powierzchniowo czynnych oraz 30–50% wag. wody zarobowej.

Z polskiego zgłoszenia patentowego P.424526 znana jest mieszanka betonowa o podwyższonych parametrach wytrzymałościowych i zwiększonej izolacyjności cieplnej zawierająca cement portlandzki, wodę, kruszywa takie jak piasek, grys, pył krzemionkowy oraz dodatki uszlachetniające. Mieszanka ta charakteryzuje się tym, że w gotowym betonie wskaźnik wagowej zawartości wody w stosunku do cementu portlandzkiego wynosi 0,2–0,6, przy czym ciężar właściwy użytego cementu portlandzkiego wynosi 300–700 kg/m<sup>3</sup>. Ponadto mieszanka składa się z piasku o granulacji 0/2 mm w ilości 80–150 kg/m<sup>3</sup> cementu, grysu w ilości 80–150 kg/m<sup>3</sup> cementu, oraz zawiera perlit i wermikulit w łącznej ilości 10–60% objętościowych w stosunku do objętości betonu, a także upłynniacze w ilości 0,5–2,0% wagowych w stosunku do masy cementu.

Polskie zgłoszenie patentowe P.306314 ujawnia perlitowe wyroby izolacyjne, które są hydraulicznie wiązane. Wyroby te produkowane są z masy, która zawiera do 60% wag. ekspandowanego perlitu o uziarnieniu 0–4 i 0–1 mm, stanowiącego mieszankę w stosunku 3:7 perlitu o gęstości pozornej 0,8 g/cm<sup>3</sup> i perlitu o gęstości pozornej 1,2 g/cm<sup>3</sup>, do 40% wag. cementu portlandzkiego, cementu glinowego lub ich mieszanki i korzystnie do 40% wag. krzemionki o uziarnieniu 0–1 mm. Dodatek wody do suchych składników mieszanki według tego zgłoszenia wynosi do 25% wag.

Japońskie zgłoszenie patentowe JPH05139801A ujawnia skład lekkiego betonu, który dzięki zastosowaniu perlitu jako kruszywa charakteryzuje się doskonałą stabilnością wymiarową oraz wytrzymałością. Ujawniony w tej publikacji beton jest utwardzany w autoklawie. Beton ten zawiera spoiwo składające się z 8–63% wag. cementu portlandzkiego, 4–56% wag. drobnego proszku żużla wielkopiecowego i 30–60% proszku kwarcytu oraz 200–1 000 litrów perlitu (w przeliczeniu na objętość nasypową) na 1 m<sup>3</sup> betonu.

W kolejnym dokumencie patentowym, tj. w zgłoszeniu międzynarodowym WO2003097553 ujawniony jest beton lekki na bazie cementu portlandzkiego, w którym kruszywo składa się wyłącznie lub częściowo z pokruszonego ekspandowanego szkła (szkła piankowego). Lekki beton zawiera pokruszone szkło piankowe w ilości co najmniej 20% wagowo względem świeżego betonu oraz materiał pulchawny, który jest zawarty w ilości co najmniej 8% wagowo wobec cementu zawartego w tym betonie. Składnik(i) cementu w ujawnionym w tej publikacji betonie lekkim są wybrane spośród cementu niskoalkalicznego CEM I (maks. 0,6% wag. Na<sub>2</sub>O), cementu CEM II z popiołu lotnego o zawartości składników zasadowych (Na<sub>2</sub>O) poniżej 8% względem masy popiołu lotnego, a także mieszanki takich cementów.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US20120010331 znane są kompozycje betonu zawierające spoiwo, wodę, drobne kruszywo, grube kruszywo oraz domieszkę. Spoiwo jest utworzone z mieszanki żużla wielkopiecowego, zawierającej w swym składzie 100 części masowych mieszaniny składającej się z 80–95% masowych drobnych cząstek żużla wielkopiecowego o uziarnieniu 3000–13000 cm<sup>2</sup>/g oraz 5–20 części masowych gipsu, i 0,5–1,5 części masowych lub 5–45 części masowych związku alkalicznego. Opisane kompozycje betonowe mogą zachować doskonałą funkcjonalność dzięki zmniejszonemu uwalnianiu dwutlenku węgla oraz zmniejszonej w czasie płynności oraz zawartości powietrza w przygotowanych mieszankach betonowych. Ujawnione kompozycje mogą również odznaczać się mniejszym skurczem w trakcie suszenia i zapewniać uzyskanie wyrobów o niezbędnej wytrzymałości.

Z amerykańskiego zgłoszenia patentowego US20150203406 znany jest beton zawierający w swym składzie cement, skuteczną ilość wody; kruszywo (G1) o maksymalnej wielkości 20 mm i gęstości rzeczywistej ( $\rho_1$ ) od 450 do 1200 kg/m<sup>3</sup>; opcjonalnie kruszywo (G2) o maksymalnym rozmiarze 4 mm i gęstości rzeczywistej ( $\rho_2$ ), tak, że rzeczywista gęstość ( $\rho$ ) mieszaniny (G1) + (G2) zawarta jest w przedziale od 450 do 1200 kg/m<sup>3</sup>. Ujawniony w tej publikacji beton ma gęstość w stanie surowym od 800 do 1500 kg/m<sup>3</sup>, oraz stosunek  $W_{\text{efekt}}/B_{\text{równ}}$  wahający się od 0,19 do 0,60. Efektywna ilość wody w ujawnionym rozwiązaniu mieści się w zakresie od 100 do 320 litrów na metr sześcienny świeżego betonu, zaś ilość cementu i dodatków jest większa lub równa 200 kilogramom na metr sześcienny świeżego betonu. Objętość zaczynu cementowego jest większa lub równa 300 l/m<sup>3</sup> świeżego betonu przy objętościowej zawartości powietrza od 1 do 16%.

Europejskie zgłoszenie patentowe EP0431112 ujawnia beton o wysokiej wytrzymałości, szczególnie przydatny do wytwarzania prefabrykowanych, sprężonych wyrobów. Opisana w tym zgłoszeniu mieszanka składa się z 8 do 60% cementu, od 0,5 do 20% ekspandowanego perlitu o gładkiej powierzchni, 5 do 30% wody, oraz z 0 do 12% pucolan. Dodatkowo, jeśli jest to pożądane w danych okolicznościach, mieszanka zawiera kruszywo drobne i kruszywo grube. Uzyskany z tej mieszanki beton zapewnia doskonałą przyczepność do pasm wzmacniających.

Obecnie w stanie techniki brak jest rozwiązań, które wykorzystywałyby w pełni właściwości termoizolacyjne lekkich kruszyw (takich jak perlit ekspandowany i inne), które w połączeniu z cementem oraz dodatkami są wykorzystywane do produkcji materiałów budowlanych jak elementy konstrukcyjne. Dodatkowo, brak jest rozwiązań, które łączyłyby istotny wpływ rozkładu uziarnienia kruszywa oraz innych surowców sypkich (stosu okruszowego) z parametrami wyrobów budowlanych takich jak termoizolacyjność oraz wytrzymałość mechaniczna, jednocześnie przy zachowaniu odpowiednich parametrów takich jak niska absorpcja wody, stabilności wymiarowa, ognioodporność, odporność na zamrażanie przy zachowaniu odpowiednich cech estetyczno-użytkowych gotowego wyrobu.

Problemem technicznym było więc opracowanie składu mieszanki lekkiego kruszywa oraz cementu, która pozwoliłaby na pełne wykorzystanie właściwości termoizolacyjnych lekkich kruszyw, które w połączeniu z cementem oraz dodatkami są wykorzystywane do produkcji materiałów budowlanych takich jak elementy konstrukcyjne oraz elementy prefabrykowane wielkogabarytowe. Dodatkowo, przedmiotowy wynalazek rozwiązuje problem wpływu rozkładu uziarnienia (stosu okruszowego) kruszywa oraz innych surowców sypkich na takie parametry wyrobów budowlanych jak termoizolacyjność oraz wytrzymałość mechaniczna.

Zatem aby rozwiązać przedstawione powyżej problemy opracowano wynalazek, którego istotę stanowi mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, zwłaszcza do wytwarzania kształtowych elementów budowlanych, zawierająca w swym składzie cement jako spoiwo, wodę zarobową, związek powierzchniowo czynny oraz kruszywo lekkie w postaci perlitu ekspandowanego, a także dodatki reaktywne lub niereaktywne. Mieszanka według wynalazku charakteryzuje się tym, że jest mieszanką o ciągłym rozkładzie uziarnienia, w której zawartość kruszywa lekkiego wynosi 15–45% wag., zaś zawartość dodatków reaktywnych lub niereaktywnych wynosi od 5–25% wag. Korzystnie jest gdy mieszanka zawiera cement jako spoiwo w ilości 15–45% wag., wodę zarobową w ilości 25–55% wag., związek powierzchniowo czynny w ilości 0–2% wag., kruszywo lekkie w postaci perlitu ekspandowanego w ilości 15–45% wag., oraz dodatki reaktywne lub niereaktywne w ilości 5–25%, przy czym mieszanka jest mieszanką o ciągłym rozkładzie uziarnienia. Korzystnie jest gdy kruszywo lekkie stanowi mieszaninę perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 0–25% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 75–100% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. Korzystnie jest gdy dodatki reaktywne lub niereaktywne stanowią żużel wielkopiecowy i/lub pył krzemionkowy i/lub pucolanę naturalną i/lub pucolanę naturalną wypalaną i/lub popiół lotny krzemionkowy i/lub popiół lotny wapienny i/lub łupek palony i/lub wapień. Korzystnie jest gdy związek powierzchniowo czynny stanowi oleinian sodu i/lub stearynian cynku i/lub stearynian wapnia i/lub stearynian magnezu. Korzystnie jest gdy mieszanka ma ciągły rozkład uziarnienia mieszający się w zakresie 0–2 mm. Korzystnie jest gdy mieszanka oprócz kruszywa lekkiego, zawiera również składniki uzupełniające stos okruszowy (innymi słowy składniki uzupełniające rozkład wielkości ziaren) w ilości 5–25% wag. Korzystnie jest gdy składniki uzupełniające stos okruszowy obejmują pumeks naturalny, pumeks hutniczy, scorię, tufoporyt, węglanoporyt, keramzyt, ekspandowany wermikulit, łupek ekspandowany, pregan, pollytag, ekspandowany żużel wielkopiecowy, spieniony żużel wielkopiecowy, spiekany popiół lotny, szkło spiekane, szkło spienione (ekspandowane), puste sfery mikro szklane, pełne

sfery mikroszklane. Tym samym mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, według wynalazku, pozwoliła rozwiązać problemy techniczne stawiane przed wynalazkiem. Mieszanka według wynalazku pozwala wykorzystać właściwości termoizolacyjne lekkich kruszyw wykorzystywanych przy wytwarzaniu budowlanych elementów konstrukcyjnych, a jednocześnie pozwala rozwiązać problem wpływu rozkładu uziarnienia na parametry wyrobów budowlanych takie jak termoizolacyjność oraz wytrzymałość mechaniczna. Wykorzystanie lekkich kruszyw w mieszance według wynalazku umożliwia uzyskanie materiału o niskiej gęstości w zakresie od 280,0 do blisko 500 kg/m<sup>3</sup>, charakteryzującą się obniżoną termoizolacyjnością od 0,06–0,12 W/(mK) oraz wytrzymałością od 0,8 MPa do 4,5 MPa. Dodatek reaktywnych bądź niereaktywnych dodatków do spoiwa mineralnego umożliwia sterowanie wytrzymałością mechaniczną końcowego produktu oraz umożliwia sterowanie czasem reakcji wiązania cementu w mieszance.

Skład mieszanki, a w tym głównie zawartość kruszywa lekkiego jest zaprojektowana tak, że zapewnia możliwie najwyższą szczelność matrycy, co z kolei przekłada się na wysokie parametry termoizolacyjne oraz wytrzymałościowe. Szczelność matrycy jest cechą wynikającą z zastosowania kruszywa i/lub mieszaniny kruszyw charakteryzujących się uziarnieniem ciągłym lub uziarnieniem zbliżonym do ciągłego, mikrostruktura materiału o obniżonej porowatości oraz obniżonej jamistości umożliwia wykorzystanie termoizolacyjnych właściwości kruszyw lekkich zastosowanych przy produkcji kształtowych elementów konstrukcyjnych oraz podczas prefabrykacji elementów wielkogabarytowych.

Mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, według wynalazku, znajduje zastosowanie w formowaniu kształtowych elementów konstrukcyjnych oraz prefabrykacji elementów wielkogabarytowych. Beton termoizolacyjny, otrzymany z mieszanki według wynalazku, może zostać wykorzystany jako materiał izolujący termicznie duże powierzchnie pionowe lub poziome, jak również skomplikowane elementy budynków w tym balkony, nadproża, połączenia okien i drzwi w domach. Wysoka termoizolacyjność uzyskanych wyrobów budowlanych umożliwia zastosowanie mieszanki jako podstawowego materiału do konstruowania przegród pionowych lub poziomych w budynkach o podwyższonym standardzie energooszczędności. Beton uzyskany z mieszanki według wynalazku może być stosowany również jako materiał dociepleniowy w budownictwie i może być on nakładany w postaci prefabrykowanych paneli, ręcznie lub maszynowo bezpośrednio na miejscu budowy.

Korzyścią z zastosowania mieszanki lekkiego kruszywa oraz cementu, według wynalazku, jest generowanie oszczędności na ogrzewanie i chłodzenie budynków w przypadku stosowania jako materiału podstawowy do przegród zewnętrznych w budownictwie. Dodatkową korzyścią z zastosowania mieszanki według wynalazku jest uzyskanie wysokiej wytrzymałości mechanicznej ultra-lekkiego betonu, która umożliwia jego wykorzystanie jako materiału konstrukcyjnego w budownictwie. Mieszanka według wynalazku pozwala obniżyć grubość przegród zewnętrznych przy jednoczesnym utrzymaniu maksymalnej termoizolacyjności. Kolejną zaletą mieszanki jest jej urabialność, która zapewnia jej zastosowanie w produkcji elementów konstrukcyjnych, prefabrykatów oraz nakładania ręcznego lub maszynowego. Mieszanka zapewnia podwyższenie akustyki przegród wewnętrznych oraz zewnętrznych w budownictwie. Mieszanka dzięki swym właściwościom jest odpowiednia do produkcji elementów konstrukcyjnych małych, średnich i wielkogabarytowych.

Co bardzo istotne, mieszanka zapewnia finalnie wyroby o niskim ciężarze końcowym co w konsekwencji umożliwia projektowanie lżejszych i trwalszych budynków.

Mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu według wynalazku została przedstawiona w poniższych przykładach wykonania.

#### Przykład wykonania 1

W pierwszym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:  
cement typu CEM I 52.5 – 15% wag.,  
woda zarobowa – 45% wag.,  
kruszywo lekkie – 35% wag.,  
dodatek reaktywny w postaci żużla wielkopiecowego – 5% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 20% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 80% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. W mieszance nie zastosowano dodatku związku powierzchniowo czynnego, ani też dodatku składników uzupełniających stos okrucowy.

Mieszankę przygotowano w ten sposób, że w pierwszym etapie sporządzono mieszaninę kruszyw lekkich (perlitów ekspandowanych) w stosunku wagowym zdefiniowanym powyżej. Mieszaninę

mieszano na sucho w pierwszym mieszalniku przemysłowym przez czas od 10 do 60 sekund. W drugim mieszalniku przemysłowym przygotowano suchą mieszankę spoiwa, w skład którego wchodził cement i dodatek reaktywny w postaci żuźla wielkopieczowego. Mieszalinę w drugim mieszalniku mieszano na sucho przez 30 sekund. Następnie, do pierwszego mieszalnika wprowadzono zawartość z drugiego mieszalnika. Wszystkie składniki wymieszano na sucho przez 30 sekund, po czym dodano wodę zarobową w ilości określonej powyżej. Mieszanie kontynuowano przez kolejne 30 sekund w celu odpowiedniego połączenia się składników oraz uzyskania jednolitej konsystencji. Mieszanka została następnie przeniesiona ilościowo do form przeznaczonych do formowania kształtowych elementów konstrukcyjnych. Formy z mieszanką były przechowywane w warunkach pokojowych lub w warunkach o podwyższonej temperaturze i o podwyższonej wilgotności w celu związania mieszanki cementowej. Po 28 dniach uzyskane elementy zostały poddane badaniom mającym na celu określenie ich właściwości.

Elementy otrzymane z mieszanki według pierwszego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	300 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ściskanie	0,8 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,073 W/(mK)
Opór cieplny	0,64 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 30 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z pierwszego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 2

W drugim przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 45% wag.,  
woda zarobowa – 34% wag.,  
związek powierzchniowo czynny (oleinian sodu) – 1% wag.,  
kruszywo lekkie – 15% wag.,  
dodatek reaktywny w postaci pyłu krzemionkowego – 5% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 15% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 85% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. W mieszance, według tego przykładu wykonania, nie zastosowano dodatku składników uzupełniających stos okruschowy.

Mieszankę przygotowano w ten sposób, że w pierwszym etapie sporządzono mieszaninę kruszyw lekkich (perlitów ekspandowanych) w stosunku wagowym zdefiniowanym powyżej, Mieszalinę mieszano na sucho w pierwszym mieszalniku przemysłowym przez czas od 10 do 60 sekund. W drugim mieszalniku przemysłowym przygotowano suchą mieszankę spoiwa, w skład którego wchodził cement, dodatek reaktywny oraz związek powierzchniowo czynny, w składzie ilościowym i jakościowym przedstawionym powyżej. Mieszalinę w drugim mieszalniku mieszano na sucho przez 30 sekund. W kolejnym etapie, do pierwszego mieszalnika wprowadzono zawartość z drugiego mieszalnika. Wszystkie składniki wymieszano na sucho przez 30 sekund, po czym dodano wodę zarobową w ilości określonej powyżej. Mieszanie kontynuowano przez kolejne 30 sekund w celu odpowiedniego połączenia się składników oraz uzyskania jednolitej konsystencji. Mieszanka została następnie przeniesiona ilościowo do form przeznaczonych do formowania kształtowych elementów konstrukcyjnych. Formy z mieszanką były przechowywane w warunkach pokojowych lub w warunkach o podwyższonej temperaturze i o podwyższonej wilgotności w celu związania mieszanki cementowej. Po 28 dniach uzyskane elementy zostały poddane badaniom mającym na celu określenie ich właściwości.

Elementy otrzymane z mieszanki według drugiego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	470 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ściskanie	3,8 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,099 W/(mK)
Opór cieplny	0,30 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z drugiego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 3

W trzecim przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 30% wag.,  
woda zarobowa – 25% wag.,  
związek powierzchniowo czynny (oleinian sodu) – 2% wag.,  
kruszywo lekkie – 28% wag.,  
dodatek reaktywny w postaci pucolony naturalnej – 15% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 10% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 90% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. W mieszance, według tego przykładu wykonania, nie zastosowano dodatku składników uzupełniających stos okruszowy.

Sposób przygotowania mieszanki oraz elementów budowlanych był analogiczny do tego z drugiego przykładu wykonania.

Elementy otrzymane z mieszanki według trzeciego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	420 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	2,4 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,082 W/(mK)
Opór cieplny	0,32 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z trzeciego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 4

W czwartym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 15% wag.,  
woda zarobowa – 55% wag.,  
związek powierzchniowo czynny (stearynian wapna) – 2% wag.,  
kruszywo lekkie – 15% wag.,  
dodatek reaktywny w postaci popiołu lotnego krzemionkowego – 13% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 5% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 95% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. W mieszance, według tego przykładu wykonania, nie zastosowano dodatku składników uzupełniających stos okruszowy.

Sposób przygotowania mieszanki oraz elementów budowlanych był analogiczny do tego z drugiego przykładu wykonania.

Elementy otrzymane z mieszanki według czwartego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	403 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	1,5 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,089 W/(mK)
Opór cieplny	0,36 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 200 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z czwartego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

Przykład wykonania 5

W piątym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 15% wag.,

woda zarobowa – 45% wag.,

kruszywo lekkie – 30% wag.,

dodatek reaktywny (żużel wielkopiecowy) – 5% wag.

składnik uzupełniający stos okruszowy (pumeks hutniczy) – 5% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 20% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 80% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego. Mieszanka według tego przykładu wykonania nie zawierała związku powierzchniowo czynnego w swoim składzie.

Mieszankę przygotowano w ten sposób, że w pierwszym etapie sporządzono mieszaninę kruszyw lekkich (perlitów ekspandowanych), w stosunku wagowym zdefiniowanym powyżej, wraz ze składnikiem uzupełniającym stos okruszowy. Mieszaninę mieszano na sucho w pierwszym mieszalniku przemysłowym przez czas od 10 do 60 sekund. W drugim mieszalniku przemysłowym przygotowano suchą mieszankę spoiwa, w skład którego wchodził cement oraz dodatek reaktywny w składzie ilościowym i jakościowym przedstawionym powyżej. Mieszaninę w drugim mieszalniku mieszano na sucho przez 30 sekund.

W kolejnym etapie, do pierwszego mieszalnika wprowadzono zawartość z drugiego mieszalnika. Wszystkie składniki wymieszano na sucho przez 30 sekund, po czym dodano wodę zarobową w ilości określonej powyżej. Mieszanie kontynuowano przez kolejne 30 sekund w celu odpowiedniego połączenia się składników oraz uzyskania jednolitej konsystencji. Mieszanka została następnie przeniesiona ilościowo do form przeznaczonych do formowania kształtowych elementów konstrukcyjnych. Formy z mieszanką były przechowywane w warunkach pokojowych lub w warunkach o podwyższonej temperaturze i o podwyższonej wilgotności w celu związania mieszanki cementowej. Po 28 dniach uzyskane elementy zostały poddane badaniom mającym na celu określenie ich właściwości.

Elementy otrzymane z mieszanki według piątego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	447,2 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	2,1 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,095 W/(mK)
Opór cieplny	0,33 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0.5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z piątego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

Przykład wykonania 6

W szóstym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 15% wag.,

woda zarobowa – 40% wag.,

kruszywo lekkie – 15% wag.,

dodatek reaktywny (pył krzemionkowy) – 13% wag.

związek powierzchniowo czynny (stearynian cynku) – 2% wag.

składnik uzupełniający stos okruszowy (szkło spiekane) – 15% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 10% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 90% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego.

Elementy otrzymane z mieszanki według szóstego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	391,7 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	2,3 MPa

Współczynnik przewodzenia ciepła	0,089 W/(mK)
Opór cieplny	0,31 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 50 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z szóstego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 7

W siódmym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o siódmym składzie:

- cement typu CEM I 52.5 – 15% wag.,
- woda zarobowa – 35% wag.,
- kruszywo lekkie – 20% wag.,
- dodatek reaktywny (pucolana naturalna) – 8% wag.
- związek powierzchniowo czynny (stearynian wapnia) – 2% wag.
- składnik uzupełniający stos okruszowy (keramzyt) – 20% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowił wyłącznie perlit ekspandowany o uziarnieniu 0–2 mm. Jego zawartość wynosiła 100% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego.

W sposobie przygotowania mieszanki oraz elementów budowlanych nie przygotowano mieszaniny perlitów. Elementy otrzymane z mieszanki według siódmego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	471,3 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ściskanie	4,5 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,094 W/(mK)
Opór cieplny	0,33 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z siódmego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 8

W ósmym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

- cement typu CEM I 52.5 – 29% wag.,
- woda zarobowa – 25% wag.,
- kruszywo lekkie – 15% wag.,
- dodatek reaktywny (pucolana naturalna wypalana) – 5% wag.
- związek powierzchniowo czynny (mieszanka stearynianu wapnia i stearynianu magnezu w stosunku wagowym 1:1) – 1% wag.
- składnik uzupełniający stos okruszowy (Pollytag) – 25% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 5% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 95% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego.

Elementy otrzymane z mieszanki według ósmego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	403,6 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ściskanie	3,4 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,117 W/(mK)
Opór cieplny	0,41 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z ósmego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 9

W dziewiątym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 18% wag.,

woda zarobowa – 37% wag.,

kruszywo lekkie – 20% wag.,

dodatek reaktywny (mieszanina popiołu lotnego krzemionkowego i popiołu lotnego wapiennego w stosunku wagowym 1:1) – 9,5% wag.

związek powierzchniowo czynny (mieszanina stearynianu cynku i stearynianu magnezu w stosunku wagowym 1:1) – 2% wag.

składnik uzupełniający stos okruszowy (puste sfery mikroszklane) – 13,5% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 15% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 85% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego.

Elementy otrzymane z mieszanki według dziewiątego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	280,0 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	0,8 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,066 W/(mK)
Opór cieplny	0,76 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 50 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z dziewiątego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

#### Przykład wykonania 10

W dziesiątym przykładzie wykonania przygotowano mieszankę, według wynalazku, o składzie:

cement typu CEM I 52.5 – 17% wag.,

woda zarobowa – 30% wag.,

kruszywo lekkie – 19% wag.,

dodatek reaktywny (mieszanina łupka palonego i wapienia w stosunku wagowym 1:1) – 10% wag.

związek powierzchniowo czynny (mieszanina oleinianu sodu i stearynianu cynku w stosunku wagowym 1:1) – 1% wag.

składnik uzupełniający stos okruszowy (węglanoporyt) – 23% wag.

W mieszance według tego przykładu wykonania kruszywo lekkie stanowiła mieszanina perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 10% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 90% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego,

Elementy otrzymane z mieszanki według dziesiątego przykładu wykonania charakteryzowały się następującymi parametrami:

Gęstość w stanie suchym	434,0 kg/m <sup>3</sup>
Wytrzymałość na ścislenie	3,1 MPa
Współczynnik przewodzenia ciepła	0,111 W/(mK)
Opór cieplny	0,39 (m <sup>2</sup> K/W)
Absorpcja wody spowodowana podciąganiem kapilarnym	≤ 100 g/m <sup>2</sup> * s <sup>0,5</sup>

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że mieszanka z dziesiątego przykładu wykonania pozwala na otrzymywanie kształtowych elementów budowlanych, które charakteryzują się odpowiednimi właściwościami termoizolacyjnymi, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej wytrzymałości mechanicznej i niskiej gęstości.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Mieszanka lekkiego kruszywa oraz cementu, zwłaszcza do wytwarzania kształtowych elementów budowlanych, zawierająca cement jako spoiwo, wodę zarobową, związek powierzchniowo czynny oraz kruszywo lekkie w postaci perlitu ekspandowanego, a także dodatki reaktywne lub niereaktywne, **znamienna tym**, że jest mieszanką o ciągłym rozkładzie uziarnienia, w której zawartość kruszywa lekkiego wynosi 15–45% wag., zaś zawartość dodatków reaktywnych lub niereaktywnych wynosi od 5–25% wag.
2. Mieszanka według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera:
  - a. cement jako spoiwo w ilości 15–45% wag.,
  - b. wodę zarobową w ilości 25–55% wag.,
  - c. związek powierzchniowo czynny w ilości 0–2% wag.,
  - d. kruszywo lekkie w postaci perlitu ekspandowanego w ilości 15–45% wag, oraz
  - e. dodatki reaktywne lub niereaktywne w ilości 5–25% przy czym mieszanka jest mieszanką o ciągłym rozkładzie uziarnienia.
3. Mieszanka według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że kruszywo lekkie stanowi mieszaninę perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–1 mm w ilości 0–25% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego oraz perlitu ekspandowanego o uziarnieniu 0–2 mm w ilości 75–100% wag. względem całkowitej masy kruszywa lekkiego.
4. Mieszanka według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że dodatki reaktywne lub niereaktywne stanowią żużel wielkopiecowy i/lub pył krzemionkowy i/lub pucolanę naturalną i/lub pucolanę naturalną wypalaną i/lub popiół lotny krzemionkowy i/lub popiół lotny wapienny i/lub łupek palony i/lub wapień.
5. Mieszanka według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że związek powierzchniowo czynny stanowi oleinian sodu i/lub stearynian cynku i/lub stearynian wapnia i/lub stearynian magnezu.
6. Mieszanka według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że ma ciągły rozkład uziarnienia w zakresie 0–2 mm.
7. Mieszanka według zastrz. 1–2, **znamienna tym**, że oprócz kruszywa lekkiego, zawiera składniki uzupełniające stos okruszowy w ilości 5–25% wag.
8. Mieszanka według zastrz. 7, **znamienna tym**, że składniki uzupełniające stos okruszowy obejmują pumeks naturalny, pumeks hutniczy, scorię, tufoporyt, węglanoporyt, keramzyt, ekspandowany wermikulit, łupek ekspandowany, pregan, pollytag, ekspandowany żużel wielkopiecowy, spieniony żużel wielkopiecowy, spiekany popiół, lotny, szkło spiekane, szkło spienione ekspandowane, puste sfery mikroszklane, pełne sfery mikroszklane.