

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242659 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436174**

(22) Data zgłoszenia: **2020.12.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.06.06 BUP 23/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.04.03 WUP 14/2023**

(51) MKP:

C09K 17/02 (2006.01)

E01C 7/36 (2006.01)

E01C 21/00 (2006.01)

E02D 3/12 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SOCHACKI RAFAŁ TECHNOLOGIE DROGOWE
SOCHACKI, Białystok, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

RAFAŁ SOCHACKI, Białystok, PL

(74) Pełnomocnik:

Danuta Dobkowska, Białystok, PL

(54) Tytuł:

Sposób ulepszenia gruntów naturalnych i mieszanka do ulepszenia gruntów naturalnych

PL 242659 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób ulepszenia gruntów naturalnych i mieszanka do ulepszenia gruntów naturalnych.

Obecnie najczęściej stosowanymi materiałami budowlanymi mieszanek jest cement, kruszywo, domieszki i ewentualnie dodatki uszlachetniające oraz woda. Kruszywo stanowi około trzy czwarte mieszanki betonowej. Najczęściej dodawanym kruszywem jest żwir lub tłuczony kamień. Zmniejszające się pokłady surowców kopalnianych oraz zwiększające się odpady z produkcji przemysłowej, powodują konieczność użycia surowców pochodzenia odpadowego nadających się do recyklingu. Koszty wydobycia oraz transportu kruszyw naturalnych mają tendencję wzrostową. Zważając na aspekt ekonomiczny, a także środowiskowy, konieczne jest podjęcie działań w kierunku wykorzystywania w drogownictwie kruszyw z recyklingu. W ostatnim czasie w sektorze budowlanym w wyniku stale wzrastającej ilości odpadów opracowuje się technologie, na podstawie których wykorzystuje się je jako surowce.

Mieszanki zawierające skruszone odpady przemysłowe w charakterze surowca wtórnego znane są przykładowo z polskich dokumentów patentowych: P.427528, PL 234767, P.428605.

Ze zgłoszenia wynalazku P.427528 znana jest mieszanka betonowa, w której wykorzystano kruszywo z materiałów z opadów budowlanych z recyklingu, a część cementu w ilości od 1% do 25% zastąpiono drobno zmielonym dodatkiem mineralnym o właściwościach wiązania z cząstkami o wielkości do 800 mikrometrów.

Z polskiego opisu patentowego PL 234767 znana jest mieszanka do budowy nawierzchni drogowej o zwiększonej trwałości zmęczeniowej, zawierająca destrukcję z frezowania nawierzchni asfaltowej, emulsję asfaltową, miążg gumowy, charakteryzująca się tym, że ma granulaty asfaltowy o uziarnieniu 5,6–11,2 mm w ilości od 90–99% wagowych, granulaty gumowy o średnicy do 3 mm w ilości do 1% wagowych, włókna bazaltowo-polimerowe w ilości do 2% wagowych, piasku kwarcowego o uziarnieniu od 0,2 do 1,0 mm w ilości 0,1 do 0,5 wagowych, asfaltu 50/70 w ilości od 0,6 do 1,2% wagowych.

Ze zgłoszenia wynalazku P.428605 znany jest sposób wytworzenia mieszanki mineralno-cementowo-emulsyjnej o ciągłym uziarnieniu, zawierającej destrukcję w ilości od 20–85%, kruszywo doziarniające w ilości od 20 do 80%, emulsję asfaltową w ilości od 1–5%, cement w ilości do 4% oraz wodę (uzyskania optymalnej wilgotności), charakteryzujący się tym, że dodaje się środek ulepszający jonowo wymienny do stabilizacji gruntu w postaci płynu, w ilości od 0,1% do 0,2% lub środek ulepszający hydrofobowy w postaci proszku w ilości od 0,5–2%.

Ujawniona w opisie patentowym P.428605 mieszanka mineralno-cementowo-emulsyjna o ciągłym uziarnieniu zawierająca destrukcję w ilości od 20–85%, kruszywo doziarniające w ilości od 20 do 80%, emulsję asfaltową w ilości od 1–5%, cement w ilości do 4% oraz wodę, charakteryzuje się tym, że zawiera środek ulepszający jonowo wymienny do stabilizacji gruntu w postaci płynu, w ilości od 0,1% do 0,2% lub środek ulepszający hydrofobowy w postaci proszku w ilości od 0,5–2%.

Wyżej wymienione mieszanki zawierają kruszywa grube z recyklingu betonu o grubych frakcjach.

Celem wynalazku jest wytworzenie mieszanki do ulepszania gruntów naturalnych, w szczególności źle zagęszczalnych o wskaźnikach różnoziarnistości $C_u \leq 3$ i słabozagęszczalnych o wskaźnikach różnoziarnistości $C_u = 3 \div 6$, znacząco poprawiającej parametry warstw ulepszonego podłoża drogowego w obniżonych temperaturach (min. 0°C).

Istotą wynalazku jest sposób ulepszenia gruntów naturalnych w obniżonych temperaturach (min. 0°C), poprzez zmieszanie gruntu z cementem i wodą, wałowanie oraz zagęszczenie i profilowanie, charakteryzujący się tym, że na grunt naturalny słabozagęszczalny w postaci piasku średniego o uziarnieniu od 0 do 8 mm rozprawdza się bezpośrednio na drodze piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych o uziarnieniu od 0 do 2 mm w ilości od 33,8 do 43,5% wagowych przy użyciu sprzętu do profilowania, następnie grunt naturalny słabozagęszczalny wraz z piaskiem destrukcyjnym doprowadza się do wilgotności optymalnej poprzez dodanie wody w ilości 9,7–10,3% wagowych, którą rozprawdza się po powierzchni za pomocą wozu asenizacyjnego i na tak przygotowanym podłożu rozsypuje się cement w ilości od 2,7–5,9% wagowych przy użyciu rozsypywacza środka wiążącego, po czym miesza się cement z podłożem przy użyciu specjalistycznego sprzętu budowlanego i zagęszcza walcami stalowymi oraz profiluje równiarką i/lub spycharką, a następnie przeprowadza się ostateczne zagęszczanie przy użyciu walców ogumionych.

Mieszanka do ulepszenia gruntów naturalnych według wynalazku zawierająca grunt naturalny w postaci piasku średniego, piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych, cement CEM I 42,5 i wodę, charakteryzuje się tym, że zawiera piasek średni o uziarnieniu od 0 do 8 mm w ilości od 38,6 do 51% wagowych, piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych o uziarnieniu 0–2 mm w ilości od 33,8 do

43,5% wagowych, cement CEM I 42,5 w ilości od 2,7–5,9% wagowych, wodę w ilości 9,7–10,3% wagowych i ewentualnie kruszywo 2/4 o uziarnieniu od 2–4 mm w ilości od 4,5%–8,6% wagowych.

Nieoczekiwanie na etapie badań okazało się, że sposób ulepszania podłoża naturalnego mieszanką z dodatkiem piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych o uziarnieniu od 0 do 2 mm umożliwia prowadzenie prac nawet w temperaturze 0°C. Ponadto zastosowanie piasku destrukcyjnego (piasek destrukcyjny to oddzielony kamień cementowy, otaczający kruszywo pierwotne) znacznie poprawia wskaźniki różnoziarnistości Cu i wytrzymałości na ściskanie Rc.

Schemat poglądowy widoku kruszywa naturalnego, otoczonego przez kamień cementowy, który następnie jest oddzielony jako piasek destrukcyjny przedstawiony jest na fig. 1.

W celu określenia wpływu zastosowanego piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych do poprawy parametrów warstw ulepszonego podłoża drogowego, zwłaszcza w obniżonych temperaturach, przeprowadzono badania dla trzech grup mieszanek podzielonych ze względu na zawartość cementu, tj. 3%, 5% i 7%. Każda z tych grup zawierała różne udziały procentowe gruntu naturalnego „GN” w stosunku do piasku destrukcyjnego „PD” – tabela. 1

Do badań przyjęto piasek średni „MSa” o niskim wskaźniku różnoziarnistości Cu = 4,2, klasyfikującym grunt jednofrakcyjny (słabozagęszczalny), piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych „PD” o wskaźniku różnoziarnistości Cu = 14, cement portlandzki CEM I 42,5, oraz wodę.

Tabela 1

	Grupa mieszanek z zawartością cementu 3%	Grupa mieszanek z zawartością cementu 5%	Grupa mieszanek z zawartością cementu 7%
Procentowy stosunek gruntu naturalnego „GN” do piasku destrukcyjnego „PD”	GN 100%	GN 100%	GN 100%
	GN 90% / PD 10%	GN 90% / PD 10%	GN 90% / PD 10%
	GN 70% / PD 30%	GN 70% / PD 30%	GN 70% / PD 30%
	GN 50% / PD 50%	GN 50% / PD 50%	GN 50% / PD 50%

Zależność współczynnika różnoziarnistości Cu od zawartości piasku destrukcyjnego przedstawiono na wykresie na fig. 2.

Zwiększanie udziału piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w mieszankach znacząco wpłynęło na wzrost wartości wskaźnika różnoziarnistości „Cu”, wpływając tym samym na zagęszczalność i nośność.

Wykonano również badania kalifornijskiego wskaźnika nośności „CBR”. Zależność wskaźnika nośności CBR od zawartości cementu i piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych przedstawiono na wykresie na fig. 3.

Analiza wyników wskaźnika nośności CBR dla mieszanek wykazuje, że wraz ze wzrostem w mieszankach zawartości piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych, wzrastała nośność mieszanek. Nośność CBR mieszanek z zawartością 50% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w stosunku do mieszanek z gruntem naturalnym wzrosła dla mieszanek z 3% cementu o 101,2%, 5% cementu o 104,3%, a dla 7% cementu o 101,6%. Przeprowadzono badania wytrzymałości na ściskanie Re dla każdej z 12 rodzajów mieszanek w temperaturze pokojowej i wilgotności min. 95% i w temperaturze 0°C oraz wilgotności min. 95%, a po 14-dniowym okresie kondycjonowania próbki poddano ściskaniu.

Z analizy wytrzymałości na ściskanie Re mieszanek z zawartością cementu 3% kondycjonowanych w pokojowej temperaturze i w temperaturze 0°C wynika, że wszystkie mieszanki wykazują proporcjonalny wzrost wytrzymałości do mieszanki referencyjnej GN100 wraz ze wzrostem zawartości piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych: mieszanka GN90/PD10 o 46,9%, GN70/PD30 o 55,6%, a GN50/PD50 o 76,5%.

W stosunku do referencyjnej mieszanki GN100 wzrosty wytrzymałości wyniosły: dla mieszanki GN90/PD10 o 12,7%, GN70/PD30 o 33,8%, a GN50/PD50 o 64,8%.

Różnice wytrzymałości pomiędzy próbkami kondycjonowanymi w temperaturze pokojowej, a temperaturze 0°C wynosiły: dla mieszanki GN100 – spadek o 12%, GN90/PD10 – spadek o 33%, GN70/PD30 – spadek o 24,6%, natomiast dla GN50/PD50 – spadek o 18,2%.

Średnie tempo przyrostów wytrzymałości próbek w zależności od zawartości piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych PD do próbek referencyjnych GN100 przedstawiono na wykresie na fig. 4. Zastosowanie piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych do wykonywania warstw stabilizacji gruntów naturalnych, szczególnie o niskich wskaźnikach różnoziarnistości „Cu” (słabozagęszczalnych), znacznie poprawia wskaźniki nośności „CBR”, tzn: dla mieszanek GN90/PD10 średnio o 28%, dla mieszanek GN70/PD30 średnio o 60,7%, a dla mieszanek GN50/PD50 aż o 102,4% w stosunku do nośności mieszanek referencyjnych GN100. Podobnie jest również z 14-dniową wytrzymałością na ścisnienie „Re”. Analizowane mieszanki wykazują znaczący wzrost wytrzymałości, zwiększający się wraz ze wzrostem zawartości w mieszankach piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych, a mianowicie:

– dla mieszanek kondycjonowanych w temperaturze pokojowej GN90/PD10 średnio o 30,8%, dla mieszanek GN70/PD30 średnio o 51,8%, a dla mieszanek GN50/PD50 o 74,7% w stosunku do wytrzymałości mieszanek referencyjnych GN100, dla mieszanek kondycjonowanych w temperaturze 0°C GN90/PD10 średnio o 16,7%, dla mieszanek GN70/PD30 średnio o 34,4%, a dla mieszanek GN50/PD50 o 56,4% w stosunku do wytrzymałości mieszanek referencyjnych GN100.

Wyniki wskazują, że wiązanie cementu w próbkach kondycjonowanych w temp. 0°C następuje w wolniejszym tempie niż próbek kondycjonowanych w pokojowych temperaturach, natomiast zastosowanie w mieszankach piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych osiągających wysokie wskaźniki nośności CBR jest w stanie zapewnić bezpieczny ruch technologiczny na wykonywanej warstwie.

Mieszanki zachowują wymagane parametry przy obniżonych kosztach wykonania, ze względu na możliwość zastosowania tańszych materiałów wejściowych (piasek naturalny i piasek destrukcyjny), oraz zmniejszoną ilość cementu.

Przykłady wykonania

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz dla różnych mieszanek na bazie piasku średniego Ms, znając uziarnienie i wskaźnik Cu piasku naturalnego, oraz parametry projektowanej mieszanki, dobierano ilość piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych i cementu.

Ilości dodawanych składników są podane w recepturze w %, a przeliczanie uwzględniające grubość warstwy na kg/m² następuje na budowie.

Podczas ulepszenia gruntów naturalnych słabozagęszczalnych o postaci piasku średniego rozprządza się bezpośrednio na drodze piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych w ilości zgodnej z recepturą (przykłady poniżej) przy użyciu spycharki lub równiarki i następnie grunt naturalny słabozagęszczalny wraz z piaskiem destrukcyjnym doprowadza się do wilgotności optymalnej, poprzez dodanie wody którą rozprządza się po powierzchni za pomocą wozu asenizacyjnego.

Na przygotowane podłoże (grunt naturalny słabozagęszczalny wraz z piaskiem destrukcyjnym z odpadów budowlanych o optymalnej wilgotności) rozsypuje się cement zgodnie z recepturą przy użyciu maszyny budowlanej, tj. rozsypywacza środka wiążącego, po czym miesza się cement z podłożem przy użyciu specjalistycznego sprzętu budowlanego i zagęszcza walcami stalowymi oraz profiluje równiarką i/lub spycharką, a następnie przeprowadza się ostateczne zagęszczanie przy użyciu walców ogumionych.

Poniżej podano przykłady mieszanek stosowanych na warstwę ulepszanego podłoża.

Przykład I

Mieszanka na warstwę ulepszanego podłoża dla kategorii ruchu KR 1–2.

Skład mieszanki:

L.p	Material	[%]m/m
1	Piasck średni	43,5
2	Piasek destrukcyjny	43,5
3	Cement CEM I 42,5	2,7
4	Woda	10,3

Zastosowanie dodatku 50% piasku destrukcyjnego w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 4,2$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 3% cementu CEM I 42,5 wynosi 1 MPa.

Przykład II

Mieszanka na warstwę ulepszonego podłoża dla kategorii ruchu KR 3–7.

- Klasa wytrzymałości $C_{0,4/0,5} \leq 2$ MPa
- Piasek średni $C_u = 3,0$

Skład mieszanki :

L.p	Materiał	[%]m/m
1	Piasek średni	43,6
2	Piasek destrukcyjny	39,3
3	Kruszywo 2/4	4,5
4	Cement CEM I 42,5	2,7
5	Woda	9,9

Zastosowanie dodatku 45% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych o uziarnieniu 0–2 mm i 5% kruszywa naturalnego 3 mm w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 5,3$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 3% cementu CEM I 42,5 wynosi 1,2 MPa.

Przykład III

Mieszanka na warstwę mrozoochronną nawierzchni o kategorii ruchu KR1–2

- Klasa wytrzymałości $C_{1,5/2} \leq 4$ MPa
- Piasek średni $C_u = 4,0$

Zastosowano 45% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych i **10% kruszywa naturalnego o uziarnieniu 3 mm** w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej. Umożliwia to spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 6,4$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 5% cementu CEM I 42,5 wynosi 2,9 MPa.

Skład mieszanki:

L.p	Materiał	[%]m/m
1	Piasek średni	38,6
2	Piasek destrukcyjny	38,6
3	Kruszywo 2/4	8,6
4	Cement CEM I 42,5	4,3
5	Woda	9,9

Przykład IV

Mieszanka na warstwę podbudowy zasadniczej nawierzchni o kategorii ruchu KR1–2

Klasa wytrzymałości $C_{3/4} \leq 6$ MPa

Piasek średni $C_u = 4,5$

Skład mieszanki:

L.p	Materiał	[%]m/m
1	Piasek średni	51
2	Piasek destrukcyjny	34
3	Cement CEM I 42,5	5,1
4	Woda	9,9

Zastosowanie dodatku 40% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 6,4$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 6% cementu CEM I 42,5 wynosi 5,0 MPa.

Przykład V

Mieszanka na warstwę podbudowy pomocniczej nawierzchni o kategorii mchu KR5–6

- Klasa wytrzymałości $C_{5/6} \leq 10$ MPa
- Piasek średni $C_u = 5,0$

Skład mieszanki:

L.p	Material	[%]m/m
1	Piasek średni	50,6
2	Piasek destrukcyjny	33,8
3	Cement CEM I 42,5	5,9
4	Woda	9,7

Zastosowanie dodatku 40% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 7,0$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 7% cementu CEM I 42,5 wynosi 8,2 MPa.

Przykład VI

Mieszanka na warstwę podbudowy pomocniczej nawierzchni o kategorii mchu KR3–4

- Klasa wytrzymałości $C_{3/4} \leq 6$ MPa
- Piasek średni $C_u = 3,5$

Skład mieszanki:

L.p	Material	[%]m/m
1	Piasek średni	44,3
2	Piasek destrukcyjny	40,2
3	Cement CEM I 42,5	5,8
4	Woda	9,7

Zastosowanie dodatku 48% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 6,0$. Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 6,2% cementu CEM I 42,5 wynosi 5,0 MPa.

Przykład VII

Mieszanka na warstwę mrozoochronną nawierzchni o kategorii mchu KR1–4

- Klasa wytrzymałości $C_{1,5/2} \leq 4$ MPa
- Piasek średni $C_u = 3,5$

Skład mieszanki:

L.p	Material	[%]m/m
1	Piasek średni	47,1
2	Piasek destrukcyjny	38,4
3	Cement CEM I 42,5	4,7
4	Woda	9,8

Zastosowanie dodatku 45% piasku destrukcyjnego z odpadów budowlanych w stosunku do suchej masy mieszanki mineralnej umożliwia spełnienie parametrów uziarnienia przy $C_u = 5,7$.

Prognozowana wytrzymałość na ściskanie z dodatkiem 5,5% cementu CEM I 42,5 wynosi 3,3 MPa.

Sposób ulepszania gruntów naturalnych, w szczególności źle zagęszczalnych o wskaźnikach różnoziarnistości $C_u \leq 3$ i słabozagęszczalnych o wskaźnikach różnoziarnistości $C_u = 3 \div 6$, w obniżonych temperaturach (min. 0°C), przez dodanie odpowiedniej ilości piasku destrukcyjnego (trudnozbijalne frakcje stanowiące pozostałość po procesie kruszenia i produkcji kruszywa z recyklingu) i zmniejszonej ilości cementu, pozwala na projektowanie i wykonywanie mieszanek o uziarnieniu 0/8 na warstwy podłoża drogowego przy zachowaniu wysokich parametrów nośności i wytrzymałości.

Tak wykonane mieszanki wymagają odpowiedniej pielęgnacji, np. przez zraszanie wodą lub przykrycie warstwą kruszywa (woda-wóz asenizacyjny i/lub kruszywo-spycharka, równiarka).

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób ulepszenia gruntów naturalnych poprzez zmieszanie gruntu z cementem i wodą, walcowanie oraz zagęszczenie i profilowanie, **znamienny tym**, że na grunt naturalny słabozagęszczalny w postaci piasku średniego o uziarnieniu od 0 do 8 mm rozprawdza się bezpośrednio na drodze piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych o uziarnieniu od 0 do 2 mm w ilości 33,8 do 43,5% wagowych, przy użyciu sprzętu do profilowania, następnie grunt naturalny słabozagęszczalny wraz z piaskiem destrukcyjnym doprowadza się do wilgotności optymalnej, poprzez dodanie wody w ilości 9,7–10,3% wagowych, którą rozprawdza się po powierzchni za pomocą wozu asenizacyjnego i na tak przygotowanym podłożu rozsypuje się cement w ilości od 2,7–5,9% wagowych przy użyciu rozsypywacza środka wiążącego, po czym miesza się cement z podłożem przy użyciu specjalistycznego sprzętu budowlanego i zagęszcza walcami stalowymi oraz profiluje równiarką i/lub spycharką, a następnie przeprowadza się ostateczne zagęszczanie przy użyciu walców ogumionych.
2. Mieszanka do ulepszenia gruntów naturalnych, zawierająca grunt naturalny w postaci piasku średniego, piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych, cement CEM I 42,5 i wodę, **znamienna tym**, że zawiera piasek średni o uziarnieniu od 0 do 8 mm w ilości od 38,6 do 51% wagowych, piasek destrukcyjny z odpadów budowlanych o uziarnieniu 0–2 mm w ilości od 33,8 do 43,5% wagowych, cement CEM I 42,5 w ilości od 2,7–5,9% wagowych, wodę w ilości 9,7–10,3% wagowych i ewentualnie kruszywo 2/4 o uziarnieniu od 2–4 mm w ilości od 4,5%–8,6% wagowych.

Rysunki

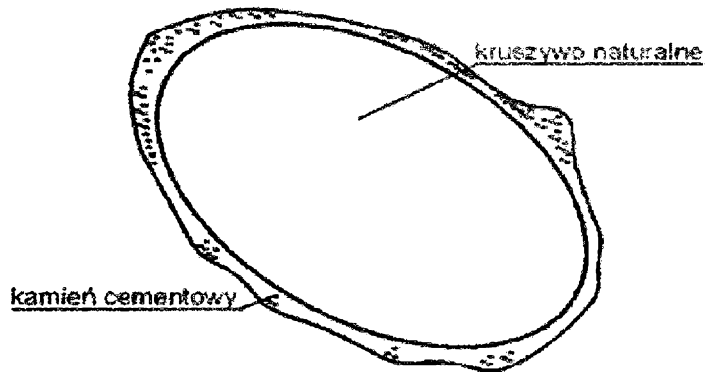


Fig. 1

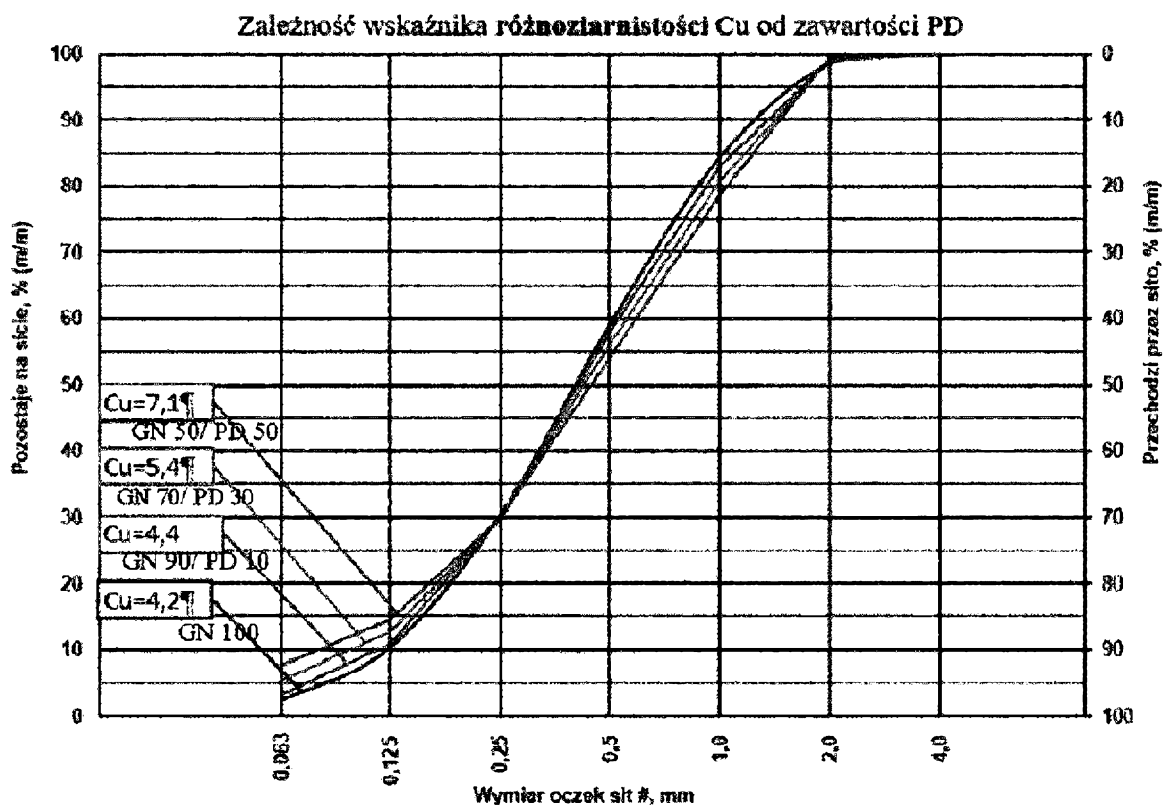


Fig. 2

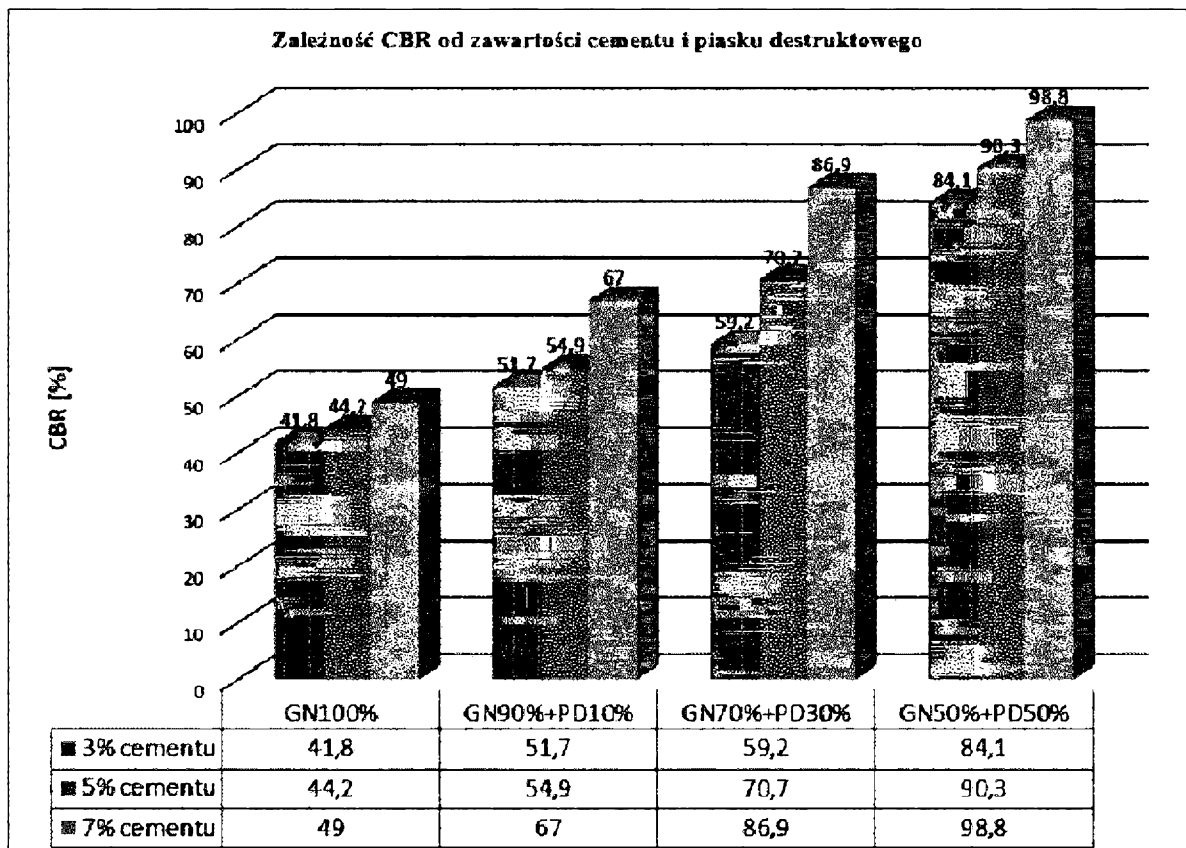


Fig. 3

**Średnie tempo przyrostów wytrzymałości próbek w zależności od zawartości
piasku destrukcyjnego do próbek referencyjnych GN100**

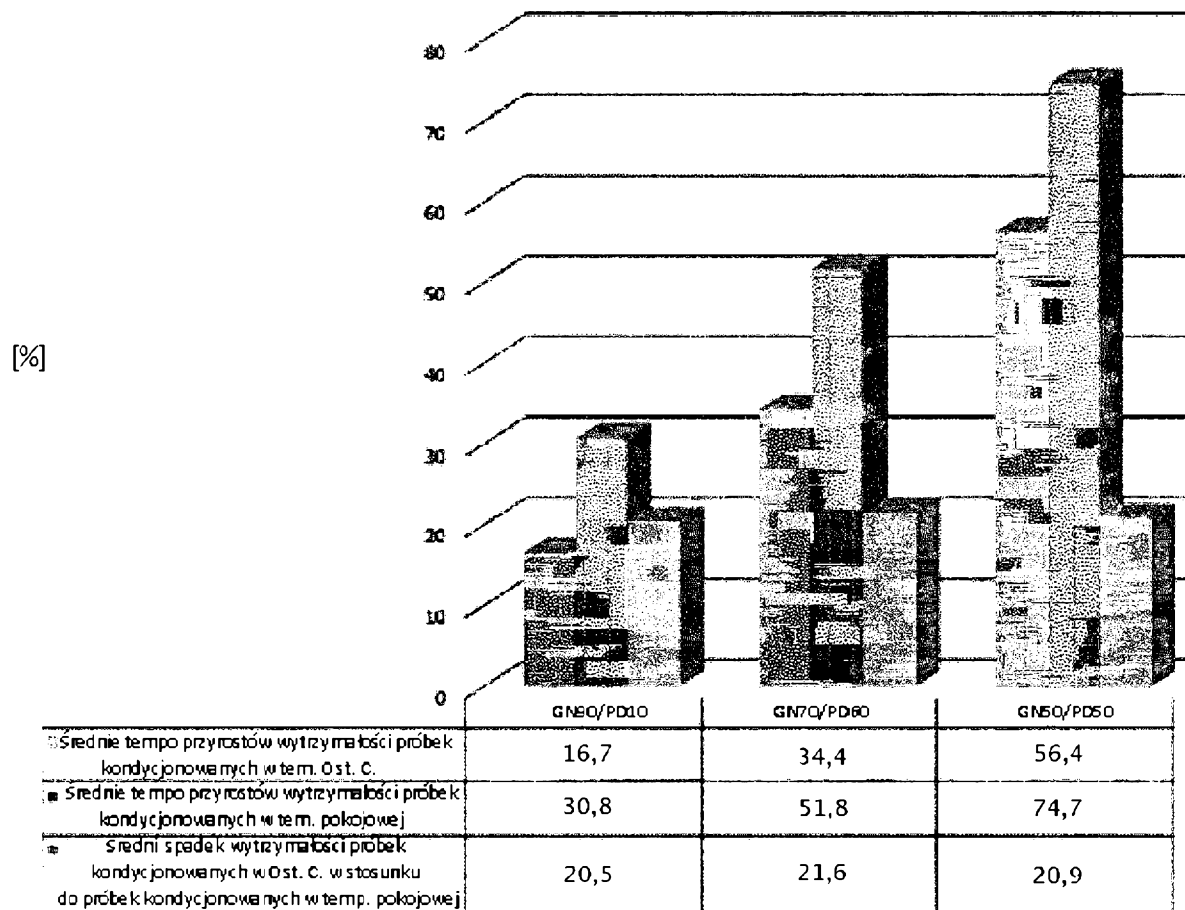


Fig. 4