

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 246368 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437203**

(22) Data zgłoszenia: **2021.03.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.09.05 BUP 36/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.01.13 WUP 02/2025**

(51) MKP:

C08L 95/00 (2006.01)

E01C 7/26 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, Białystok, PL

FIRMA BUDOWLANO - DROGOWA MTM

SPÓŁKA AKCYJNA, Gdynia, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WŁADYSŁAW GARDZIEJCZYK, Białystok, PL

MACIEJ ZAWADZKI, Straszyn, PL

MARCIN STIENSS, Gdańsk, PL

CEZARY SZYDŁOWSKI, Stare Pole, PL

PIOTR JASKUŁA, Gdańsk, PL

GRZEGORZ RONOWSKI, Gdynia, PL

PIOTR MIODUSZEWSKI, Gdańsk, PL

JERZY EJSMONT, Gdańsk, PL

DAWID RYŚ, Gdynia, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Justyna Pawłowska-Bajerska,
Gdańsk, PL

(54) Tytuł:

**Poroelastyczna mineralno-asfaltowa kompozycja do otrzymywania warstwy ścieralnej
nawierzchni drogowych**

PL 246368 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kompozycja poroelastyczna do otrzymywania warstw ścieralnych nawierzchni drogowych o wyselekcjonowanym składzie jakościowym i ilościowym. Po ułożeniu na drodze nawierzchnia ta zachowuje znaczną elastyczność (odkształcalność) i oczekiwaną porowatość, co skutkuje zmniejszeniem hałasu toczenia opon, znacznie lepszym odprowadzeniem wody z nawierzchni poprzez pełnienie funkcji drenażowej oraz znaczną poprawą bezpieczeństwa w sytuacjach awaryjnych, tj. w przypadku pożaru paliwa rozlanego na tej nawierzchni.

Klasyczne nawierzchnie drogowe wykonywane są jako nawierzchnie o stosunkowo dużej sztywności tj. w przypadku nawierzchni asfaltowych sztywność ta zawiera się w przedziale od ok. 7 000 do ok. 10 000 MPa, zaś ich odkształcalność jest niewielka. Porowatość klasycznych nawierzchni asfaltowych jest zazwyczaj znikoma, za wyjątkiem nawierzchni drenażowych, w których objętość porów mieści się w przedziale 20–25%. Pomimo zalet takich jak: duża trwałość, łatwość układania i utrzymania w należytym stanie, nawierzchnie te wykazują poważne wady takie jak: duży hałas toczenia opon czy zagrożenie gwałtownym rozprzestrzenianiem się pożarów rozlewisk paliwowych mogących powstać w momencie wystąpienia wypadku drogowego. Poprawę parametrów nawierzchni w zakresie hałasu i bezpieczeństwa pożarowego można wprowadzić poprzez zwiększenie porowatości nawierzchni, czyli poprawę własności drenażowych.

Jest kilka kierunków w jakich prowadzone są prace badawcze nad opracowaniem nawierzchni drogowych o pożądanych właściwościach opisanych powyżej. Hałas z nawierzchni drogowych można zmniejszyć poprzez modyfikację konstrukcji samej opony, jak i zmianę charakterystyki warstwy ścieralnej nawierzchni, tj. ostatniej, najwyżej położonej warstwy ścieralnej po której bezpośrednio poruszają się koła pojazdów. Znane są liczne technologie mieszanek mineralno-asfaltowych do nawierzchni klasycznych takie jak np. beton asfaltowy, mastyks grysowy, czy technologie betonów cementowych poddawanych po wbudowaniu pewnym zabiegom: odkryciu wierzchniej warstwy kruszywa lub rowkowaniu. Znane są również nawierzchnie drenażowe o składzie podobnym do klasycznych nawierzchni, lecz z innym uziarnieniem kruszywa powodującym powstawanie systemu otwartych przestrzeni wypełnionych powietrzem.

Znane są również nawierzchnie poroelastyczne, w skład których wchodzi kruszywo mineralne, kruszywo gumowe oraz żywica poliuretanowa. Zastosowanie żywicy jednak bardzo utrudnia wykonanie nawierzchni, co opisano poniżej. Wciąż zatem poszukuje się lepszych kompozycji do otrzymywania nawierzchni drogowych o oczekiwanych właściwościach dotyczących tłumienia hałasu, w tym na bazie kruszywa mineralnego, gumowego i lepiszcza.

W rozwiązaniu przedstawionym w CN101746994 opisano mieszanekę mineralno-asfaltową wzbogaconą miałem gumowym i służącą do redukcji hałasu, w składzie której zastosowano tzw. nieciągiły typ uziarnienia, o nominalnym wymiarze największego ziarna 7,2 mm, zawartości frakcji pyłowej (<0,075 mm) zawierającej się w przedziale od 7 do 11% i zawartości frakcji grysowej (>2,36 mm) w przedziale od 65 do 75%, co finalnie przekłada się na zawartość wolnych przestrzeni w przedziale od 5 do 6%. Zwiększenie elastyczności mieszanki osiągnięto poprzez zmodyfikowanie lepiszcza asfaltowego miałem gumowym pochodzącym z przetworzonych w procesie recyklingu opon samochodowych. Powyższe działania pozwoliły na uzyskanie nawierzchni cichszej od 4 do 5 decybeli w porównaniu z tradycyjnymi nawierzchniami asfaltowymi. W niniejszym rozwiązaniu zastosowano materiał pochodzący z przerobu opon samochodowych, który w opisywanej mieszance jest użyty do modyfikacji zwykłego asfaltu, co nie prowadzi do znacznego obniżenia sztywności mieszanki, które pozwalałoby na określenie jej mianem poroelastycznej. Ponadto porowatość na poziomie od 5 do 6% jest porównywalna do klasycznych mieszanek mineralno-asfaltowych i nie zapewnia funkcji drenażowej.

W rozwiązaniu opisanym w WO2015126252 przedstawiono mieszanekę zawierającą lepiszcze asfaltowe, cząstki stałe pochodzące z kruszywa mineralnego oraz cząstki elastyczne, przy czym wymienionych jest wiele możliwości ich zastosowania (kautczuk naturalny, kopolimer styrenowo-butadienowy, kautczuk butylowy, kautczuk polisiarczkowy, poliiizopren, kautczuk EPDM, kautczuk silikonowy, kautczuk poliuretanowy, kautczuk poliolefinowy oraz mieszaniny w/w), w tym m.in. kruszywo gumowe z recyklingu o przeważającym maksymalnym rozmiarze ziarna 2,8 mm. W niniejszym rozwiązaniu autorzy wskazują, iż lepiszcze asfaltowe stanowi asfalt zwykły lub modyfikowany, które powinno być dodawane w procesie produkcji w postaci spienionej. Może to zaś stanowić niedogodność, ponieważ w tym przypadku infrastruktura wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych musi być wyposażona w instalację do spieniania asfaltu.

Znana jest również mieszanina z US2004/0044104, w której znaczną część (od 30 do 70% w stosunku objętościowym, zalecane proporcje od 40 do 60%) mieszanki mineralnej (tj. pochodzącej ze skały) zastąpiono grysem gumowym pochodzącym z recyklingu o wymiarze od 1 do 10 mm (zalecany rozmiar od 2 do 8 mm), a jako lepiszcze zastosowano żywicę uretanową lub epoksydową w ilości od 10 do 30% do masy całej mieszanki.

Istotnym problemem związanym z nawierzchniami drogowymi jest hałas opon, który składa się z dwóch komponentów — hałasu generowanego w związku z uderzaniem elementów opony o elementy nawierzchni drogowej oraz hałasu związanego z przepływem powietrza w rejonie śladu styku opony z jezdnią, to dla jednoczesnego ograniczenia efektywności obu mechanizmów generowania hałasu konieczne jest zapewnienie elastyczności nawierzchni (ogranicza to drgania mechaniczne) oraz jej porowatości (utrudnia to gwałtowne sprężanie i rozprężanie powietrza w rejonie śladu styku).

Ze znanych typów nawierzchni drogowych jedynie nawierzchnie poroelastyczne o istotnie zmniejszonej sztywności do poziomu 400–1000 MPa jednocześnie wpływają na oba mechanizmy generowania dźwięku. Dotychczas znane nawierzchnie poroelastyczne, w których jako lepiszcze stosowane są żywice poliuretanowe mają zasadniczą wadę, gdyż mieszaniny te są trudne w układaniu ponieważ proces wiązania żywicy uzależniony jest między innymi od wilgotności powietrza i temperatury otoczenia oraz wykazują one bardzo ograniczoną trwałość, wynikającą ze słabego wiązania gumy i kruszywa mineralnego przez żywicę poliuretanową.

Zwiększający się nieustannie ruch drogowy zmusza do poszukiwania coraz to nowych technologii pozwalających na zmniejszenie negatywnego wpływu hałasu drogowego na otaczające środowisko. Jak opisano wyżej, prace takie prowadzone są na wielu płaszczyznach, z czego jedna dotyczy dążenia do bezpośredniego zmniejszania hałasu wywoływanego na styku poruszającej się opony z nawierzchnią. W celu zmniejszenia emisji hałasu wywoływanego przez toczącą się oponę wspomniana zmiana charakterystyki warstwy ścieralnej powinna dążyć przede wszystkim do zwiększenia jej elastyczności i porowatości, co stanowiło cel wynalazku.

Wynalazek zatem dotyczy poroelastycznej mineralno-asfaltowej kompozycji do otrzymywania warstwy ścieralnej nawierzchni drogowych zawierająca kruszywo mineralne zawierające grys kamienny, piasek i wypełniacz, a ponadto lepiszcze i wzbogacona odpadami gumowymi do wykonywania drogowych warstw ścieralnych. Istotą wynalazku jest to, że szkielet mineralno-gumowy kompozycji zawiera kruszywo mineralne w ilości pomiędzy 74% a 76% wagowo w stosunku do całej kompozycji i zawierające grys kamienny frakcji od 4 do 8 mm w ilości od 62 do 64%, piasek frakcji do 2 mm w ilości od 4 do 6%, wypełniacz wapienny w postaci mączki wapiennej w ilości od 6 do 8% i dodatkowo zawiera wapno hydratyzowane w stosunku masowym co najmniej 1,5% do wagi całej mieszaniny. Kompozycja zawiera kruszywo gumowe w postaci grysu, korzystnie pochodzące z przerobu zużytych opon samochodowych, zawartości w przedziale od 13 do 14% wagowo w stosunku do całej kompozycji i frakcji od 2 do 5,6 mm, a ponadto jako lepiszcze stosuje się asfalt wysokomodyfikowany o zawartości kopolimeru w postaci styren-butadien-styren (SBS) wynoszącej co najmniej 7% oraz ze znanym środkiem adhezyjnym zwiększającym powinowactwo asfaltu do gumy, przy czym ilość lepiszcza zawiera się pomiędzy 9 a 11% w stosunku masowym do masy całej kompozycji.

Korzystnie, zawiera grys kamienny frakcji od 4 do 8 mm, grys gumowy frakcji od 2 do 5,6 mm.

Korzystnie, zawiera dodatkowo stabilizator przeciw spływności asfaltu w postaci włókien celulozowych.

Korzystnie, kruszywo gumowe zawiera od 60 do 70% gumy pochodzącej z przerobu opon samochodów osobowych, zaś reszta pochodzi z przerobu opon samochodów ciężarowych.

Korzystnie, zawiera wypełniacz wapienny o uziarnieniu do 0,063 mm.

Korzystnie, proporcje pomiędzy kruszywem mineralnym zawierającym grys kamienny, piasek oraz wypełniacz, a kruszywem gumowym zawierają się w przedziale od 15 do 20%.

Korzystnie, uziarnienie kruszywa gumowego zawiera się w przedziale od 2 do 4 mm lub od 4 do 5,6 mm.

Korzystnie, zawartość zanieczyszczeń obcych w kruszywie gumowym nie może przekraczać 0,5% w stosunku masowym do całej masy kruszywa gumowego.

Kompozycja według wynalazku umożliwia otrzymanie nawierzchni drogowej o oczekiwanych parametrach ważnych dla kwestii tłumienia hałasu, tj. elastyczności w 20°C na poziomie od 150 do 200 MPa oraz porowatości na poziomie co najmniej 20%, co skutkuje zmniejszeniem hałasu toczenia o co najmniej 9 dB, mierzonym według metody SPB przy prędkości poruszania się pojazdów 80 km/h.

Według wynalazku, odmiennie w stosunku do znanych rozwiązań, zwłaszcza dotychczasowych zastosowań gumy pochodzącej z przerobu opon samochodowych w budowie nawierzchni asfaltowych, tzn. wprowadzaniu drobnego mialu gumowego do asfaltu lub mieszanki mineralno-asfaltowej w celu modyfikacji wyłącznie parametrów lepiszcza, w proponowanym rozwiązaniu wielkość ziaren kruszywa gumowego jest istotnie większa (rzędu kilku milimetrów), zaś ilość wprowadzonego kruszywa gumowego do składu jest na tyle znacząca, iż w istocie zastępuje ono część kruszywa mineralnego (objętościowo około 30%), zapewniając tym samym bardzo dużą elastyczność (odkształcalność) mieszanki mineralno-asfaltowo-gumowej w stosunku do tradycyjnych mieszanek mineralno-asfaltowych. Gryś gumowy z grysem mineralnym tworzy szkielet mineralno-gumowy, który jest odkształcalny, przy czym gryś gumowy w odpowiednim stopniu wypełnia przestrzeń pomiędzy ziarnami grysu mineralnego, bez jego nadmiernego rozpychania. Lepiszczem, zapewniającym łatwe spojenie całości uprzednio opisanych składników jest asfalt wysokomodyfikowany, tj. asfalt zawierający co najmniej 7% polimeru Styren-Butadien-Styren SBS (w stosunku masowym do masy lepiszcza), ulepszony dodatkiem chemicznym, poprawiającym powinowactwo asfaltu do gumy tj. adhezję asfaltu i gumy. Tak duża zawartość polimeru powoduje odwrócenie faz w mieszaninie asfaltu z polimerem i zapewnia znacząco lepsze parametry reologiczne w porównaniu nie tylko do zwykłych asfaltów drogowych, ale również tradycyjnych asfaltów modyfikowanych, w których zawartość polimeru jest na poziomie 1,5–3%.

Przedmiot wynalazku opisano bliżej w przykładzie wykonania. W przykładach wykonania opisano również potwierdzenia efektywności opracowanej kompozycji po wbudowaniu jej w nawierzchnię drogową.

Przykład 1

Skład mieszanki poroelastycznej:

Mieszanka poroelastyczna o uziarnieniu od 0 do 5 mm – oznaczane dalej jako 0/5 mm

a) Skład mieszanki (ilości wagowe składników podano w przeliczeniu na 1000 kg mieszanki):

• gryś kamienny frakcji 4/5,6 mm	62,7%	627 kg,
• gryś gumowy (guma pochodząca ze zużytych opon pojazdów) frakcji 2/4 mm:	13,4%	134 kg,
• piasek łamany 0/2:	4,5%	45 kg,
• mączka wapienna jako wypełniacz:	7,2%	72 kg,
• wapno hydratyzowane:	1,8%	18 kg.
• dostępny w stanie techniki asfalt wysokomodyfikowany 45/80-80 zawierający czynnik modyfikujący w ilości co najmniej 7% polimeru SBS oraz dodatek zwiększający adhezję asfaltu do gumy, np. z firmy Orlen Asfalt:	10%	100 kg
• stabilizator celulozowy (dodatek przeciwspląwyny):	0,4%	4 kg.

Asfalt wysokomodyfikowany 45/80-80 to standardowe oznaczenie asfaltu modyfikowanego, jakie występuje w normach, świadectwach jakości, itd. Pierwsza część symbolu „45/80” oznacza przedział penetracji (jest to jedna z kilkunastu określanych właściwości asfaltu), w którym musi się znajdować badany asfalt, zaś druga część symbolu „80” oznacza temperaturę mięknięcia niniejszego asfaltu. Wypełniacz stosuje się celem wypełnienia wolnych przestrzeni pomiędzy większymi ziarnami kruszyw oraz aby uzyskać odpowiednią urabialność mieszanki.

b) Sposób produkcji:

Sposób otrzymywania mieszanki prowadzi się znanymi metodami. Stosuje się składniki wymienione powyżej w podanych ilościach.

Produkcja opisywanej mieszanki odbywa się w tradycyjnej wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych. Poszczególne składniki mineralne, jak i asfalt muszą być podgrzane do temperatur technologicznych jak podczas produkcji mieszanek tradycyjnych. Poszczególne składniki mieszanki podawane są do mieszalnika w następującej kolejności: gryś kamienny, gryś gumowy, piasek, wypełniacz wapienny wraz z wapnem hydratyzowanym, asfalt. Podawanie do mieszalnika grysu gumowego odbywa się za pośrednictwem oddzielnej linii (taśmociągu i wagi) przeznaczonej do dozowania granulatu asfaltowego na zimno (tzn. bez jego przechodzenia przez bęben suszarki). Dozowanie wapna hydratyzowanego może odbywać się łącznie z dozowaniem wypełniacza, tzn. poprzez dodawanie w trakcie produkcji wypełniacza mieszanego stanowiącego mieszaninę mączki wapiennej i wapna hydratyzowanego. Możliwe jest również dozowanie wapna hydratyzowanego oddzielnie, jednakże wówczas konieczne jest wyposażenie wytwórni w oddzielny silos, przenośnik i wagę dla tego składnika.

Z otrzymanej kompozycji uzyskuje się warstwę ścieralną nawierzchni drogowych znany sposóbem.

c) Właściwości mieszanki:

- zawartość wolnych w mieszance mineralno-asfaltowo-gumowej w próbkach Marshalla: 27,3%
- zawartość wolnych przestrzeni w warstwie: 32,0%
- redukcja hałasu przy prędkości 80 km/h określona metodą SPB w stosunku do tradycyjnej nawierzchni SMA 11: 10,2 dB

Uzyskana kompozycja umożliwia otrzymanie nawierzchni drogowej o oczekiwanych parametrach ważnych dla kwestii tłumienia hałasu, tj. elastyczności w 20°C na poziomie 150–180 MPa oraz porowatości na poziomie co najmniej 25%, co skutkuje zmniejszeniem hałasu toczenia o podaną wyżej wartość mierzoną według metody SPB przy prędkości poruszania się pojazdów 80 km/h. Podczas badania próbki miały sztywności 150–180 MPa.

Przykład 2

1. Mieszanka poroelastyczna o uziarnieniu 0/8 mm

a) Skład mieszanki

Skład kompozycji jest podobny jak powyżej w przykładzie 1 z tym, że zamiast gysu kamiennego o frakcji 4/5,6 mm dodawany jest grys o uziarnieniu 5,6/8 mm (w tej samej proporcji) oraz zamiast gysu gumowego frakcji 2/4 mm dodawany jest grys gumowy frakcji 4/5,6 mm (w tej samej proporcji).

b) Sposób produkcji

Sposób produkcji jest taki sam, jak w przykładzie 1.

c) Właściwości mieszanki

- zawartość wolnych w mieszance mineralno-asfaltowo-gumowej w próbkach Marshalla: 22,9%
- zawartość wolnych przestrzeni w warstwie: 21,6%
- redukcja hałasu przy prędkości 80 km/h określona metodą SPB w stosunku do tradycyjnej nawierzchni SMA 11: 8,7 dB

Uzyskana kompozycja umożliwia otrzymanie nawierzchni drogowej o oczekiwanych parametrach ważnych dla kwestii tłumienia hałasu, tj. elastyczności w 20°C na poziomie 170–200 MPa oraz porowatości na poziomie co najmniej 20% co skutkuje zmniejszeniem hałasu toczenia o podaną wyżej wartość mierzoną według metody SPB przy prędkości poruszania się pojazdów 80 km/h.

Zastrzeżenia patentowe

1. Poroelastyczna mineralno-asfaltowa kompozycja do otrzymywania warstwy ścieralnej nawierzchni drogowych zawierająca kruszywo mineralne zawierające grys kamienny, piasek i wypełniacz, a ponadto, lepiszcze i wzbogacona odpadami gumowymi do wykonywania drogowych warstw ścieralnych, **znamienna tym**, że szkielet mineralno-gumowy kompozycji zawiera kruszywo mineralne w ilości pomiędzy 74% a 76% wagowo w stosunku do całej kompozycji i zawierające grys kamienny frakcji od 4 do 8 mm w ilości od 62 do 64%, piasek frakcji do 2 mm w ilości od 4 do 6%, wypełniacz wapienny w postaci mączki wapiennej w ilości od 6 do 8% i dodatkowo zawiera wapno hydratyzowane w stosunku masowym co najmniej 1,5% do wagi całej mieszaniny, jak i kompozycja zawiera kruszywo gumowe w postaci gysu, korzystnie pochodzące z przerobu zużytych opon samochodowych, o zawartości w przedziale od 13 do 14% wagowo w stosunku do całej kompozycji i frakcji od 2 do 5,6 mm, a ponadto jako lepiszcze stosuje się asfalt wysokomodyfikowany o zawartości kopolimeru w postaci styren - butadien - styren (SBS) co najmniej 7% oraz ze znany środek adhezyjny zwiększającym powinowactwo asfaltu do gumy, przy czym ilość lepiszcza zawiera się pomiędzy 9 a 11% w stosunku masowym do masy całej kompozycji.
2. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera grys kamienny frakcji od 4 do 8 mm, grys gumowy frakcji od 2 do 5,6 mm.
3. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera dodatkowo stabilizator przeciw sływności asfaltu w postaci włókien celulozowych.

4. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że kruszywo gumowe zawiera od 60 do 70% gumy pochodzącej z przerobu opon samochodów osobowych, zaś reszta pochodzi z przerobu opon samochodów ciężarowych.
5. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawiera wypełniacz wapienny o uziarnieniu do 0,063 mm.
6. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że proporcje pomiędzy kruszywem mineralnym zawierającym grys kamienny, piasek oraz wypełniacz, a kruszywem gumowym zawierają się w przedziale od 15 do 20%.
7. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że uziarnienie kruszywa gumowego zawiera się w przedziale od 2 do 4 mm lub od 4 do 5,6 mm.
8. Kompozycja według zastrz. 1, **znamienna tym**, że zawartość zanieczyszczeń obcych w kruszywie gumowym nie może przekraczać 0,5% w stosunku masowym do całej masy kruszywa gumowego.