

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **241133**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **436075**

(51) Int.Cl.
C08L 95/00 (2006.01)
E01C 7/26 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **25.11.2020**

(54) **Sposób wykonania mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu i mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu do budowy nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

14.06.2021 BUP 12/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

08.08.2022 WUP 32/22

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚWIĘTOKRZYSKA, Kielce, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

ANNA CHOMICZ-KOWALSKA, Kielce, PL

KRZYSZTOF MACIEJEWSKI, Kielce, PL

KAROLINA JANUS, Kielce, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Kamil Kot

PL 241133 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wykonania mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu i mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu do budowy nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej, wytwarzana w obniżonych temperaturach.

W budowie i w przebudowie nawierzchni dróg samochodowych powszechnie wykorzystuje się mieszanki mineralno-asfaltowe, których głównymi składnikami są kruszywa grube i drobne, lepiszcze asfaltowe, kruszywo wypełniające. Dodatkowo, w składzie mieszanek mineralno-asfaltowych stosuje się dodatki służące poprawie ich właściwości eksploatacyjnych, takich jak środki adhezyjne, dodatki modyfikujące właściwości reologiczne lepiszcza asfaltowego, dodatki pozwalające obniżyć temperaturę produkcji i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej.

Projektowanie składu mieszanek mineralno-asfaltowych jest procesem iteracyjnym. Proces ten rozpoczyna się zazwyczaj od wyjściowego składu mieszanki przyjętego na bazie ogólnych wytycznych i w drodze kolejnych modyfikacji składu dokonanych na bazie wiedzy inżynierskiej i eksperckiej uzyskuje się ostateczny skład mieszanki. Szczegółowe i uznane w Polsce za wzorcowe wymagania dotyczące właściwości stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych kruszyw (m.in. dot. uziarnienia, właściwości geometrycznych, fizycznych i chemicznych) oraz lepiszczy asfaltowych zawarte są w dokumentach „WT-1 2014 – *Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach krajowych – Kruszywa – Wymagania Techniczne – Warszawa 2014 – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad*” oraz w „WT-2 2014 – *Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych – Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania Techniczne – Warszawa 2014 – Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad*”. Ponadto, w dokumencie „WT-2 2014 (...)” zawarto wymagania dotyczące właściwości gotowych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Jednym ze sposobów na obniżenie temperatur technologicznych wytwarzania i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych, jest zastosowanie lepiszcza asfaltowego w formie piany asfaltowej wytworzonej w kontrolowanym procesie spieniania niewielką ilością wody. Wytworzenie mikropęcherzyków piany asfaltowej wypełnionej parą wodną pozwala zwiększyć urabialność mieszanki mineralno-asfaltowej podczas jej wytwarzania i wbudowywania w nawierzchnię (zagęszczania). Efekt obniżenia temperatur technologicznych wytwarzania i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych można uzyskać również przez stosowanie dodatków WMA (ang. *warm mix asphalt additives*), wśród których najczęściej stosowane są dodatki modyfikujące właściwości reologiczne lepiszcza lub jego napięcie powierzchniowe na styku faz lepiszcze-powietrze-kruszywo.

Znany jest sposób wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych z wykorzystaniem dodatku krótko ciętych włókien, wytworzonych z określonego rodzaju surowca, najczęściej poliolefinowych, szklanych, skalnych, o określonych charakterystykach geometrycznych i fizycznych (długości, średnicy).

Znane jest wystąpienie efektu zbrojenia rozproszonego w wyniku zastosowania odpowiedniej ilości określonego rodzaju włókien. Zbrojenie rozproszone w mieszankach mineralno-asfaltowych może wpływać pozytywnie na jeden lub więcej ich parametrów technicznych, najczęściej odporność na zjawisko zmęczenia, odporność na pękanie, wytrzymałość na rozciąganie, wrażliwość na zmiany temperatury. Dodatki tego rodzaju, rzadko stosuje się w technologii mieszanek mineralno-asfaltowych ze względu na ich ograniczoną efektywność i względnie duży koszt stosowania powszechnie znanych rozwiązań w tym zakresie.

Z opisu zgłoszeniowego wynalazku nr PL389824 znany jest sposób wytwarzania lepiszcza asfaltowo-polimerowego granulowanego i betonu siarkowego oraz ich zastosowanie do wytwarzania i remontu nawierzchni drogowych. Wytworzone lepiszcze asfaltowo-polimerowe służy do wykonania warstwy wiążącej w nawierzchniach drogowych, jak i do remontu dróg. Wytworzony beton siarkowy służy do podbudowy zasadniczej nawierzchni drogowych.

Z kolei z opisu patentowego PL214768 znany jest sposób głębokiego recyklingu nawierzchni drogowej w technologii asfaltu spienionego, zgodnie z którym na pasie nawierzchni przeznaczonej do recyklingu rozłożono mechanicznie, przy pomocy rozsypywacza: spoiwo w postaci cementu i wapna oraz pyły lotne frakcji poniżej 0,063 mm pochodzące z odpylania kruszywa w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych w ilości od 5–20% wagowych zaprojektowanej recyklowanej mieszanki mineralnej, a także kruszywo doziarniające. Skład mieszanki mineralnej został opracowany

na podstawie badań próbek laboratoryjnych. Pyły lotne, jak również spoiwo rozłożono z dokładnością do 15% w stosunku do założonego jednostkowego zużycia. Następnie, przy użyciu maszyny frezująco-mieszającej przeprowadzono recykling podbudowy nawierzchni według technologii asfaltu spienionego. Warstwa podbudowy została zagęszczona i pielęgnowana według zaleceń projektanta.

Z patentu PL219436 znany jest sposób budowy asfaltowych konstrukcji nawierzchni drogowych, w którym na warstwę podbudowy asfaltowej nakłada się asfaltową warstwę wiążącą i asfaltową warstwę ścieralną, a każdą wbudowywaną w konstrukcję nawierzchni warstwę asfaltową przed ułożeniem kolejnej warstwy pokrywa się emulsją asfaltową, według wynalazku charakteryzuje się tym, że na warstwę asfaltową pokrytą emulsją asfaltową nanosi się wapno hydratyzowane w ilości od 20 do 40 g/m² warstwy asfaltowej, korzystnie w postaci mlecza wapiennego. Korzystnie, mleczo wapienne stosuje się w stężeniu od 20% do 45% i nanosi się na warstwę asfaltową po odparowaniu wody z emulsji asfaltowej. Korzystnie, mleczo wapienne nanosi się przy użyciu skraparki. Nanoszenie wapna hydratyzowanego w postaci mlecza wapiennego pozwala na równomierne jego rozprowadzenie po powierzchni asfaltowej warstwy konstrukcyjnej nawierzchni drogi.

Sposób wykonania mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu, poprzez wymieszanie materiału ziarnistego w postaci kruszywa naturalnego 95,1% do 95,7% z lepiszczem asfaltowym z dodatkiem WMA obniżającym temperaturę produkcji (ang. *warm mix asphalt additive*) lub lepiszczem asfaltowym w formie piany w ilości od 4,2% do 4,8%, charakteryzuje się tym, że mieszankę mineralno-asfaltową wytwarzania się w temperaturze ok. 165°C i dodaje się do niej mieszankę włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) w proporcji 1:2 (A:B) i w sumarycznej ilości od 0,025% do 0,25%, korzystnie od 0,1% do 0,15%.

Korzystnie, włókno polipropylenowe ma długość 12 mm, średnicę <0,05 mm, gęstość 0,85–1,10 Mg/m³, a temperatura topnienia wynosi 160°C – 170°C.

Korzystnie, że włókno bazaltowe ma długość 12 mm, średnicę <0,03 mm, gęstość 2,55–2,75 Mg/m³, a temperatura topnienia jest większa niż 250°C.

Mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu do budowy nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej, zawierająca kruszywa naturalne w ilości od 95,1% do 95,7% oraz lepiszcze asfaltowe z dodatkiem WMA obniżającym temperaturę produkcji (ang. *warm mix asphalt additive*) lub lepiszczem asfaltowym w formie piany w ilości od 4,2% do 4,8%, charakteryzuje się tym, że jest wytwarzana w temperaturze 165°C i zawiera mieszankę włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) dodawanych na etapie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej w proporcji 1:2 (A:B) i w sumarycznej ilości od 0,025% do 0,25%, korzystnie od 0,1% do 0,15%.

Korzystnie, włókno polipropylenowe ma długość 12 mm, średnicę <0,05 mm, gęstość 0,85–1,10 Mg/m³, a temperatura topnienia wynosi 160°C–170°C.

Korzystnie, że włókno bazaltowe ma długość 12 mm, średnicę <0,03 mm, gęstość 2,55–2,75 Mg/m³, a temperatura topnienia jest większa niż 250°C.

Właściwości włókien A i B wykorzystanych w przedmiocie wynalazku przedstawia tab. 1.

T a b l i c a 1. Wymagane właściwości włókien wykorzystanych w przedmiocie wynalazku.

Wymagane właściwości:	Włókno A	Włókno B
Skład:	polipropylen	włókno skalne, bazaltowe
Temperatura topnienia:	160°C - 170°C	> 250°C
Gęstość:	0,85 – 1,10 Mg/m ³	2,55 – 2,75 Mg/m ³
Długość pojedynczych włókien:	12 mm	12 mm
Średnica pojedynczych włókien:	< 0,05 mm	< 0,03 mm

Skład mieszanki mineralno-asfaltowej będącej przedmiotem wynalazku przedstawia tab. 2.

T a b l i c a 2. Skład mieszanki mineralno-asfaltowej będącej przedmiotem wynalazku.

Składnik	Opis składnika	Udział procentowy składnika w mieszance mineralno-asfaltowej
A	Mieszanka kruszyw 0/16 wg p. 5.2 WT-1 2014 i p. 8.2 WT-2 2014 o gęstości ρ_a	$100\% - (B_{\min}^{1}) \cdot \alpha^2) - C$
B	Lepiszczce asfaltowe	$B_{\min}^{1}) \cdot \alpha$
C	Mieszanka włókien polipropylenowych (włókno A) i bazaltowych (włókno B) w stosunku 1:2	0,10% ÷ 0,15 %
Suma:		$A + B + C = 100\%$
¹⁾ zawartość i rodzaj lepiszcza asfaltowego zgodnie z WT-2 2014 ²⁾ współczynnik $\alpha = 2,65 / \rho_a$ Uwaga: do lepiszcza dodaje się środek adhezyjny zgodnie z zaleceniami jego producenta (najczęściej 0,3% względem masy lepiszcza asfaltowego)		

Zastosowanie mieszanki włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) w proporcji 1:2 (A:B) w składzie mieszanek mineralno-asfaltowych, wytwarzanych w temperaturze 165°C skutkuje nieoczekiwanym wzrostem parametrów technicznych zagęszczonej warstwy nawierzchni w wyniku jednoczesnego wystąpienia (interakcji) następujących efektów:

- dochodzi do powstania trwałego kompozytu składającego się z częściowo nadtopionych włókien polipropylenowych, włókien bazaltowych, mastyksu oraz kruszywa naturalnego; efekt ten występuje dzięki zastosowaniu lepiszcza w postaci asfaltu spienionego i/lub zastosowaniu dodatku WMA oraz obniżeniu temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej (temperatury kruszywa podawanego do mieszalnika, temperatury lepiszcza podawanego do mieszalnika) do temperatury równej temperaturze topnienia włókien polipropylenowych,
- integracja włókien polipropylenowych w składzie mastyksu powoduje silne związanie również włókien bazaltowych odpornych na działanie wysokiej temperatury podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej,
- włókna polipropylenowe oraz bazaltowe pełnią funkcję zbrojenia rozproszonego, korzystnie wpływającego na zjawisko redystrybucji naprężeń, w efekcie czego obserwuje się zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie, wytrzymałości na rozciąganie pośrednie, trwałości zmęczeniowej i odporności na pękanie próbek z mieszanki mineralno-asfaltowej i wykonanej z niej warstwy konstrukcyjnej nawierzchni,
- włókna polipropylenowe oraz bazaltowe związane w mastyksie mieszanek mineralno-asfaltowych stanowią barierę dla propagujących rys i pęknięć wywołanych wielokrotnymi, cyklicznymi zmianami stanu naprężenia w warstwach konstrukcyjnych nawierzchni podanych oddziaływaniu obciążeń dynamicznych od poruszających się pojazdów.

Jednoczesne wystąpienie powyższych efektów, będących następstwem zastosowania obniżonej temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej oraz mieszanki włókien polipropylenowych oraz bazaltowych w proporcji 1:2 i w sumarycznej ilości od 0,05 do 0,1%, skutkuje wzrostem ponadto trwałości wykonanych z tych mieszanek warstw nawierzchni drogowej jak i całej konstrukcji nawierzchni drogowej. Zastosowanie w nawierzchni drogowej tego wynalazku skutkuje wydłużeniem trwałości zmęczeniowej nawierzchni, zwiększeniem jej odporności na powstawanie spękań zmęczeniowych i termicznych oraz zwiększenia tolerancji nawierzchni na wystąpienie zjawiska lokalnej utraty nośności podłoża.

P r z y k ł a d w y k o n a n i a

Przygotowano w laboratorium zaroby dwóch mieszanek mineralno-asfaltowych, przeznaczonych do wykonania betonu asfaltowego AC 16 W KR 3÷7, o sumarycznej masie składników 100 kg każdy, które oznaczono jako mieszanka MMA₁ referencyjna mieszanka mineralno-asfaltowa bez dodatku włókien, mieszanka MMA₂ mieszanka mineralno-asfaltowa zawierająca mieszankę włókien według wynalazku. W tablicy 3 przedstawiono wagowo udziały poszczególnych składników mieszanek.

T a b l i c a 3. Skład przykładowych mieszanek mineralno-asfaltowych przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku (mieszanka MMA₁ i mieszanka MMA₂)

Składnik	Opis składnika	Skład mieszanki mineralno-asfaltowej (kg)	
		MMA ₁ (referencyjna)	MMA ₂ (objęta zastrzeżeniem patentowym)
A	Mieszanka kruszyw 0/16 wapiennych wg p. 5.2 WT-1 2014 i p. 8.2 WT-2 2014 o gęstości $\rho_a = 2,74 \text{ Mg/m}^3$	95,55	95,40
-	Współczynnik α	0,967	0,967
B	Lepiszczce asfaltowe 35/50	$4,6 \cdot 0,967 = 4,45$	-
	Spienione wodą lepiszcze asfaltowe 35/50	-	$4,6 \cdot 0,967 = 4,45$
C	Mieszanka włókien polipropylenowych (włókno A) i bazaltowych (włókno B) w stosunku 1:2	-	0,15
Suma:		100	100
Uwaga: do lepiszcza dodano środek adhezyjny (Wetfix BE) zgodnie z zaleceniami jego producenta (0,3% względem masy lepiszcza asfaltowego)			

W celu wykonania mieszanki MMA₁ ogrzewano mieszankę kruszyw wapiennych 0/16 w suszarce laboratoryjnej do osiągnięcia temperatury 180°C, a następnie termostatowano ją w tej temperaturze przez kolejne 4 godziny. W tym czasie doprowadzono również lepiszcze asfaltowe do temperatury 180°C. Rozgrzaną mieszankę kruszyw przeniesiono do mieszalnika rozgrzanego do temperatury 180°C a następnie, po uruchomieniu mieszadła, dodano do mieszanki 4,45 kg gorącego lepiszcza asfaltowego 35/50. Po całkowitym otoczeniu mieszanki mineralnej lepiszczem asfaltowym kontynuowano mieszanie przez kolejne 15 sekund, po czym przeniesiono gorącą mieszankę do form stalowych przeznaczonych do zagęszczania próbek. Formy umieszczono w suszarce i termostatowano w temperaturze 135°C przez okres 2 godzin, po czym zagęszczono w nich mieszankę mineralno-asfaltową celem otrzymania próbek do badań.

W celu wykonania mieszanki MMA₂ ogrzewano mieszankę kruszyw wapiennych 0/16 w suszarce laboratoryjnej do osiągnięcia temperatury 165°C, a następnie termostatowano ją w tej temperaturze przez kolejne 4 godziny. W tym czasie doprowadzono również lepiszcze asfaltowe do temperatury 165°C oraz załadowano je do układu spieniarki laboratoryjnej. Rozgrzaną mieszankę kruszyw przeniesiono do mieszalnika rozgrzanego do temperatury 165°C, a następnie, po uruchomieniu mieszadła, dodano do mieszanki 4,45 kg gorącego, spienionego w temperaturze 165°C lepiszcza asfaltowego 35/50. Po całkowitym otoczeniu mieszanki mineralnej lepiszczem asfaltowym, w czasie 30 sekund dodano do mieszalnika 0,15 kg mieszanki włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) w proporcji 1:2 zapewniając równomierne rozproszczenie włókien w mieszance, po czym kontynuowano mieszanie przez kolejne 15 sekund. Przeniesiono gorącą mieszankę do form stalowych przeznaczonych do zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej celem uzyskania próbek do badań. Formy umieszczono w suszarce i termostatowano w temperaturze 135°C przez okres 2 godzin, po czym zagęszczono próbki do badań.

W tabelicy 4 przedstawiono wyniki badań właściwości przygotowanej w sposób tradycyjny mieszanki mineralno-asfaltowej MMA₁ oraz przygotowanej wg opisu wynalazku mieszanki MMA₂. W ocenie wyników zaobserwowano nieoczekiwany, znaczny wzrost wszystkich zmierzonych parametrów technicznych mieszanek mineralno-asfaltowych charakteryzujących się dodatkiem włókien polipropylenowych i bazaltowych wynikający z częściowego roztopienia i integracji włókien polipropylenowych w masyście asfaltowym wskutek zastosowania obniżonej temperatury produkcji.

T a b l i c a 4. Wyniki badań właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku (mieszanka MMA₁ i mieszanka MMA₂)

Parametr	Mieszanka mineralno-asfaltowa	
	MMA ₁ (referencyjna)	MMA ₂ (według wynalazku)
Zawartość wolnych przestrzeni V_a	4,2%	4,3%
Odporność na działanie wody i mrozu $ITSR$	87%	92%
Proporcjonalna głębokość koleiny PRD_{AIR}	8,7%	5,4%
Prędkość przyrostu koleiny WTS_{AIR}	0,28 mm/1000 cykli	0,15 mm/1000
Trwałość zmęczeniowa ϵ_{6-100}	1 250 331 cykli	1 984 718 cykli

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wykonania mieszanki mineralno-asfaltowej typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu, poprzez wymieszanie materiału ziarnistego w postaci kruszywa naturalnego 95,1% do 95,7% z lepiszczem asfaltowym z dodatkiem WMA obniżającym temperaturę produkcji (ang. *warm mix asphalt additive*) lub lepiszczem asfaltowym w formie piany w ilości od 4,2% do 4,8%, **znamienny tym**, że mieszankę mineralno-asfaltową wytwarza się w temperaturze ok. 165°C i dodaje się do niej mieszankę włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) w proporcji 1:2 (A:B) i w sumarycznej ilości od 0,025% do 0,25%, korzystnie od 0,1% do 0,15%.
2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że włókno polipropylenowe ma długość 12 mm, średnicę < 0,05 mm, gęstość 0,85–1,10 Mg/m³, a temperatura topnienia wynosi 160°C–170°C.
3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że włókno bazaltowe ma długość 12 mm, średnicę < 0,03 mm, gęstość 2,55–2,75 Mg/m³, a temperatura topnienia jest większa niż 250°C.
4. Mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu do budowy nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej, zawierająca kruszywa naturalne w ilości od 95,1% do 95,7% oraz lepiszcze asfaltowe z dodatkiem WMA obniżającym temperaturę produkcji (ang. *warm mix asphalt additive*) lub lepiszczem asfaltowym w formie piany w ilości od 4,2% do 4,8%, **znamienna tym**, że jest wytwarzana w temperaturze 165°C i zawiera mieszankę włókien polipropylenowych (włókno A) oraz bazaltowych (włókno B) dodawanych na etapie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej w proporcji 1:2 (A:B) i w sumarycznej ilości od 0,025% do 0,25%, korzystnie od 0,1% do 0,15%.
5. Mieszanka, według zastrz. 4, **znamienny tym**, że włókno polipropylenowe ma długość 12 mm, średnicę < 0,05 mm, gęstość 0,85–1,10 Mg/m³, a temperatura topnienia wynosi 160°C–170°C.
6. Mieszanka, według zastrz. 4, **znamienny tym**, że włókno bazaltowe ma długość 12 mm, średnicę < 0,03 mm, gęstość 2,55–2,75 Mg/m³, a temperatura topnienia jest większa niż 250°C.