

Mieszanka mineralno-asfaltowa typu beton asfaltowy o ciągłym uziarnieniu do budowy nawierzchni drogowej o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej

Przedmiotem wynalazku jest 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 rozpoczyna się propozycji od wyjściowego składu mieszanki przyjętego na bazie ogólnych wytycznych, a 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.

Tradycyjna technologia wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych metodą „na gorąco” wymaga podgrzewania kruszywa oraz asfaltu do temperatur przekraczających 180°C w celu obniżenia lepkości asfaltu umożliwiającego połączenie i wymieszanie ich składników. Zwiększenie zdolności asfaltu do otaczania ziaren mieszanki mineralnej można uzyskać poprzez stosowanie odpowiednich dodatków, np. fluksantów, wosków syntetycznych lub przez spienienie gorącego (płynnego) asfaltu dodatkiem wody. Zastosowanie wymienionych środków technicznych pozwala obniżyć temperatury technologiczne mieszanek mineralno-asfaltowych: wytwarzania, wbudowywania w nawierzchnię i zagęszczania, pozwalając na wytwarzanie ich metodą „na ciepło”.

W wyniku obniżenia temperatur technologicznych wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych w metodach produkcji „na ciepło”, znane jest występowanie zjawiska pogorszenia ich właściwości wysokotemperaturowych właściwości eksploatacyjnych, zmniejszenie odporności na powstawanie deformacji trwałych, zmniejszenie sztywności. Spowodowane to jest ograniczeniem starzenia technologicznego lepiszczą asfaltowego, powodowanego oddziaływaniem wysokiej temperatury i ekspozycją na tlen zawarty w powietrzu.

Znany jest z publikacji wynalazku PL219042B1 sposób wytwarzania betonu asfaltowego w technologii obniżonej temperatury, w którym do asfaltu dodaje się wosk syntetyczny wytwarzany w procesie Fischera-Tropscha, a następnie mieszaninę tą poddaje się spienieniu poprzez dodanie wody.

W opisie patentowym PL214138B1 ujawniono sposób wytwarzania asfaltu fluksowanego, pozwalającego wytworzyć mieszanekę mineralno-asfaltową w obniżonych temperaturach, z wykorzystaniem fluksantu będącego produktem utleniania olejów roślinnych i/lub estrów kwasów tłuszczowych olejów roślinnych utlenianych w obecności katalizatora metalicznego i nadtlenu organicznego.

Ze zgłoszenia patentowego PL436074A1 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.

Istotą wynalazku jest mieszanka mineralno-asfaltowa przeznaczona do wykonania warstwy wiążącej i/lub podbudowy nawierzchni drogowej zawierająca kruszywa naturalne w ilości od 94,5% do 95,5% oraz spienione wodą fluksowane lepiszczce asfaltowe w ilości od 4,5% do 5,5%, charakteryzuje się tym, że jest wytwarzana w temperaturze 160°C i zawiera włókna bazaltowe w ilości od 0,1% do 0,3%, korzystnie od 0,15% do 0,25%. Włókno bazaltowe ma długość 24 mm, średnicę < 0,03 mm, gęstość 2,55 – 2,75 Mg/m³, a jego temperatura topnienia jest większa niż 250°C.

Fluksowane lepiszczce asfaltowe według wynalazku jest mieszaniną asfaltu w ilości 94-99% m/m z fluksantem w ilości 1-6% m/m, korzystnie 1,5-2,5% m/m spienioną dodatkiem wody.

Asfalt stosowany do wytworzenia mieszaniny charakteryzuje penetracja w zakresie od 25 do 55 dmm, wg PN-EN 1426 oraz temperatura mięknięcia większą niż 60°C wg PN EN 1427. Korzystnie, jako asfalt stosuje się asfalt modyfikowany 25/55-60 zgodny z normą PN-EN 14023 według najnowszego datowania.

Fluksant stosowany w wynalazku jest produktem utleniania estrów kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego w obecności katalizatora metalicznego w postaci soli kobaltu i nadtlenu organicznego w postaci wodoronadtlenku kumenu. Estrы metylowe kwasów tłuszczowych oleju rzepakowego, otrzymane wyniku transtryfikacji oleju roślinnego metanolem, miesza się z katalizatorem kobaltowym w ilości 0,1-0,2% m/m w przeliczeniu na metal oraz z dodatkiem wodoronadtlenku kumenu w ilości 1-2% m/m. Komponowanie upłynniacza odbywa się w warunkach intensywnego mieszania składników przez 15 minut przy dostępie powietrza, a następnie poddaje utlenianiu tlenem powietrza w temperaturze 20°C. Utlenianie prowadzi się zapewniając dużą powierzchnię

kontakcie gazu z ciekłym surowcem. Czas utleniania wynosi 2 godziny przy przepływie powietrza 450-550 l/kg·h.

Fluksowane lepiszcze asfaltowe, wytworzone przez mieszanie w temperaturze 155°C przez 10 minut, spienia się poprzez podanie pod ciśnieniem 450-600 kPa i w ilości 1-2,5% (m/m), korzystnie 1,5-2% (m/m), wody spieniającej do płynnej mieszaniny asfaltu i fluksantu (fluksowanego lepiszcza asfaltowego) o temperaturze 160°C. Lepiszcze asfaltowe należy wymieszać z kruszywem i włóknami bazaltowymi niezwłocznie po spienieniu.

Skład mieszanki mineralno-asfaltowej będącej przedmiotem wynalazku przedstawia tab. 1.

Tablica 1. Skład mieszanki mineralno-asfaltowej będącej przedmiotem wynalazku.

Składnik	Opis składnika	Udział procentowy składnika w mieszance mineralno-asfaltowej
A	Mieszanka kruszyw 0/22 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	Spienione fluksowane lepiszcze asfaltowe	$B_{\min}^1) \cdot \alpha$
C	Włókna bazaltowe	$0,15\% \div 0,25\%$
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)		

Efektom zastosowania rozwiązania według opisu patentowego jest wytworzenie mieszanki mineralno-asfaltowej w obniżonej temperaturze, charakteryzującej się podstawowymi parametrami technicznymi porównywalnymi z mieszanką wytworzoną metodą tradycyjną, a ponadto wykazującą znacznie zwiększoną odporność na zjawisko zmęczenia. Efekt ten uzyskuje się przez wystąpienie synergii jednoczesnego zastosowania zbrojenia włóknami bazaltowymi, lepiszcza asfaltowego w formie asfaltu spienionego wodą oraz fluksantu:

- włókna bazaltowe spełniając funkcję rozproszonego mikrozbrojenia wpływają pozytywnie na właściwości mechaniczne i reologiczne gotowej mieszanki, korzystnie wpływając na zjawisko redystrybucji naprężeń oraz ograniczania powstawania mikropęknięć w mieszance mineralno-asfaltowej, w efekcie czego obserwuje się zwiększenie 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 mieszanki mineralno-asfaltowej stanowią barierę dla propagujących rys i pęknięć wywołanych wielokrotnymi, cyklicznymi zmianami stanu naprężenia w warstwach konstrukcyjnych nawierzchni poddanych oddziaływaniu obciążeń dynamicznych od poruszających się pojazdów, w tym również zwiększają odporność warstwy nawierzchni na powstawanie spękań odbitych z warstwy leżącej poniżej,
- lepiszcze asfaltowe w formie asfaltu spienionego charakteryzując się wysoką zdolnością do otaczania mieszanki mineralnej oraz włókien bazaltowych umożliwia wytworzenie w obniżonej temperaturze jednorodnej mieszanki mineralno-asfaltowej, pozbawionej w swojej strukturze wewnętrznej karbów (koncentratorów naprężeń),
- dodatek fluksantu obniżając lepkość asfaltu spienionego zwiększa zdolność piany asfaltowej do otaczania mieszanki mineralnej oraz ułatwia zagęszczanie mieszanki mineralno-asfaltowej podczas jej wbudowywania w nawierzchnię, kompensując negatywny wpływ jaki ma dodatek zbrojenia rozproszonego na jej urabialność,
- lepiszcze asfaltowe z dodatkiem fluksantu zachowuje dużą sztywność i odporność na działanie wysokiej temperatury i sprężystość po wbudowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej wpływając korzystnie na właściwości eksploatacyjne i trwałość nawierzchni asfaltowej z tym lepiszczem.

PRZYKŁAD WYKONANIA

Przygotowano w laboratorium zaroby dwóch mieszanek mineralno-asfaltowych, przeznaczonych do wykonania betonu asfaltowego AC 22 WMS P KR 3-7, o sumarycznej masie składników 100 kg każdy, które oznaczono jako:

- MMA1 referencyjna mieszanka mineralno-asfaltowa,
- MMA2 mieszanka mineralno-asfaltowa wytworzona w obniżonej temperaturze według opisu wynalazku, zawierająca spienione lepiszcze fluksowane oraz włókna bazaltowe.

Szczegółowy skład mieszanek mineralno-asfaltowych przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2. 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 0/22 wg p. 5.2 WT-1 2014 i p. 8.2 WT-2 2014 o gęstości $\rho_a = 2,74$ Mg/m ³	95,1	94,9
-	Współczynnik α	0,980	0,980
B	Lepiszczce asfaltowe 25/55-60	$5,0 \cdot 0,980 = 4,9$	-
	Spienione wodą fluksowane lepiszcze asfaltowe 25/55-60 (2% fluksantu)	-	$5,0 \cdot 0,980 = 4,9$
C	Włókna bazaltowe	-	0,2
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 0/22 w suszarce laboratoryjnej do osiągnięcia temperatury 180°C, a następnie termostatowano ją w tej temperaturze przez kolejne 4 godziny. W tym czasie doprowadzono do temperatury 180°C asfalt modyfikowany 25/55-60. Rozgrzaną mieszankę kruszyw przeniesiono do mieszalnika rozgrzanego do temperatury 180°C a następnie, po uruchomieniu mieszadła, dodano do mieszanki 5,00 kg asfaltu modyfikowanego 25/55-60. Po całkowitym otoczeniu mieszanki mineralnej lepiszczem asfaltowym kontynuowano mieszanie przez kolejne 15 sekund, po czym przeniesiono gotową mieszankę do pojemników stalowych. Próbkę do badań, których wyniki przedstawiono w tablicy 1, przygotowano zgodnie z wymaganiami „WT-2 2014 (...)”.

W celu wykonania mieszanki MMA2 ogrzewano mieszankę kruszyw 0/22 w suszarce laboratoryjnej do osiągnięcia temperatury 160°C, a następnie termostatowano ją w tej temperaturze przez kolejne 4 godziny. Przygotowaną mieszaninę asfaltu modyfikowanego i fluksantu (o zawartości fluksantu 2% m/m) w ilości 5,00 kg ogrzano do temperatury 155°C a następnie załadowano do układu spieniarki laboratoryjnej. Uruchomiono układ pompowania asfaltu w spieniarce i podtrzymując jego pracę przez 10 minut zapewniono jednorodny rozkład temperatury w lepiszczu i jednorodność mieszaniny. Rozgrzaną mieszankę kruszyw przeniesiono do mieszalnika rozgrzanego do temperatury 160°C a następnie, po uruchomieniu mieszadła, dodano do mieszanki kruszyw 5,00 kg gorącej, spienionej mieszaniny asfaltu modyfikowanego 25/55-60 i fluksantu (parametry spieniania: temperatura 155°C, ciśnienie wody spieniającej 550 kPa, zawartość wody spieniającej 2%). Po całkowitym otoczeniu mieszanki mineralnej lepiszczem asfaltowym, w czasie 30 sekund dodano do mieszalnika włókna bazaltowe w ilości 0,2 kg, po czym kontynuowano mieszanie przez kolejne 15 sekund, a następnie przeniesiono gotową mieszankę do pojemników stalowych. Próbkę do badań, których wyniki przedstawiono w tablicy 3, przygotowano zgodnie z wymaganiami „WT-2 2014 (...)”.

Tablica 3. Właściwości przykładowych mieszanek mineralno-asfaltowych przygotowanych w celu oceny wpływu zastosowania wynalazku (mieszanka MMA1 i mieszanka MMA2).

	Metoda badawcza	Mieszanka A	Mieszanka B
Temperatura wytwarzania mieszanki	-	180	160
Temperatura zagęszczania próbek	-	145	115
Zawartość wolnej przestrzeni V_a (%)	PN-EN 12697-8	2,6	3,68
Odporność na działanie wody, ITRSR (%)	PN-EN 12697-12, WT-2 2014	94,1	99,9
Odporność na deformacje trwałe: WTS (mm/1000 cykli) PRD (%)	PN-EN 12697-22:2007 (procedura B)	0,045 4,9	0,031 6,1
Sztywność (MPa)	PN-EN 12697-26, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz	12 536	11 782
Odporność na zmęczenie (ilość cykli)	PN-EN 12697-24, 4PB-PR, temperatura 10°C, częstotliwość 10Hz	4 587 156	7 556 018