Sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku

Przedmiotem wynalazku jest sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku pozwalający na obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych.

Z załącznika do zarządzenia nr 47 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 18.11.2014 r. NAWIERZCHNIE ASFALTOWE NA DROGACH KRAJOWYCH WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe Wymagania Techniczne (WT 2 2014), str. 22, 25, 27, 28, 31, 34, 38, 39, 41 znane są wymagania odnośnie uziarnienia mieszanki mineralnej i zawartości lepiszcza asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw podbudowy, wiążącej, wyrównawczej i ścieralnej.

Z WT 2 2014 punkt 7.2 strona 15 znane są również rodzaje lepiszczy asfaltowych stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych. Są to:

asfalty drogowe według PN-EN 12591:2010,

asfalty modyfikowane polimerami według PN-EN 14023:2011,

asfalty drogowe wielorodzajowe według PN-EN 13924-2:2014-04

Z publikacjii Rubio M.C., Martínez G., Baena L., Moreno F. Warm mix asphalt: an overview. Journal of Cleaner Production, 2012, 24, str. 76–84, znane są rożne metody spieniania asfaltu: bezpośrednie spienianie asfaltu wodą oraz spienianie asfaltu poprzez dodatki zawierające wodę np. zeolity.

Z publikacji Woszuk A., Franus W. 2017 A review of the application of zeolite materials in Warm Mix Asphalt technologies. Applied sciences, 7, 293, wiadomo, że spienianie asfaltu przez dodatki zawierające wodę umożliwia obniżenie temperatury produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych, w skrócie MMA, od 15 do 40ºC, w efekcie czego uzyskuje się tzw. „mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło".

Z publikacjii Rubio M.C., Martínez G., Baena L., Moreno F. Warm mix asphalt: an overview. Journal of Cleaner Production, 2012, 24, str. 76–84, znane są korzyści stosowania mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło. Zmniejszenie temperatury produkcji MMA to redukcja emitowanego przez wytwórnie ditlenku węgla o ok. 30–40%, a innych związków niebezpiecznych – nawet o 70%. Zmniejsza się również emisja wyziewów i aerozoli co wpływa na zdrowie i komfort pracy osób zatrudnionych przy produkcji i wbudowywaniu MMA.

Z publikacji D'Angelo J., Bartoszek J., Corrigan M., Jones W., Newcomb D., Prowell B. Warm–Mix Asphalt: European Practice, 2008, wiadomo, że podczas produkcji mieszanek mineralno–asfaltowych w 180°C emisje gazów i oparów osiągają już bardzo wysokie wartości. Niewielki ich udział występuje w temperaturze 150°C.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr CN108912705 (A) znany jest sposób wytwarzania asfaltu spienionego składającego się z 5 etapów: etap I obejmuje pomiar asfaltu, środka spieniającego, disulfofosforanu dialkilu, emulgatora, wapna, węgla aktywnego, celulozy i wody według frakcji masowej. W etap II następuje mieszanie i mielenie kulkowe wapna, węgla aktywnego i celulozy oraz otrzymanie mieszanego absorbenta. Etap III to ogrzewanie asfaltu do 130 do 140°C, sukcesywne dodawanie

środka spieniającego, disulfofosforanu, dialkilu i emulgatora, mieszanie i otrzymywanie modyfikowanego asfaltu. E etapie IV następuje mieszanie absorbentu powstałego w etapie II i modyfikowanego asfaltu z etapu III, w temperaturze 105 do 115°C, dodawanie wody i otrzymywanie asfaltu spienionego.

Z opisu patentowego nr PL230907 (B1) znany jest sposób spieniania asfaltu, w którym do gorącego asfaltu o temperaturze od 145°C do 180°C dodaje się mieszaninę zeolitu z wodą w ilości od 2% do 10% wagowo w stosunku do masy asfaltu i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania asfaltu. Następnie spieniony asfalt dodaje się do mieszanki mineralnej o temperaturze od 115°C do 140°C i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem. Powstałą mieszankę mineralno-asfaltową kondycjonuje się i zagęszcza w temperaturze 105°C -130°C.

Z opisu patentowego nr PL230908 (B1) znany jest sposób spieniania asfaltu, w którym do gorącego asfaltu o temperaturze od 145°C do 180°C dodaje się mieszaninę mezoporowatego materiału krzemionkowego o uporządkowanej strukturze z wodą w ilości od 2% do 10% wagowo w stosunku do masy asfaltu i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania asfaltu. Następnie spieniony asfalt dodaje się do mieszanki mineralnej o temperaturze od 115°C do 140°C i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem. Powstałą mieszankę mineralno-asfaltową kondycjonuje się i zagęszcza w temperaturze 105°C -130°C.

Wermikulit jest stosowany w budownictwie jako materiał izolacyjny. Z opisu zgłoszenia patentowego nr CN109651828 (A) znane jest zastosowanie wermikulitu, który po połączeniu z składnikami w postaci glikolinu propylenowego, nanoproszku spinelu i ognioodpornymi włóknami kompozytowymi z poliamidu stanowi dodatek do asfaltu o działaniu zmniejszającym palność asfaltu i tłumiącym dym.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr CN110041717 (A) znane jest zastosowanie wermikulitu w procesie przygotowania dodatku do mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło. Zgodnie ze sposobem przygotowania poprzez zmieszanie wermikulitu i żużla wielkopiecowego powstają porowate cząstki, w których w procesie tworzenia polimeru osadzają się kryształy siarczanu miedzi utworzone przez siarczan miedzi, jednocześnie cząstki są owijane utworzonymi polimerami które mają silną zdolność wiązania z asfaltem. Uzyskuje się zwiększoną zdolność wiązania asfaltu i materiału podstawowego, zwiększoną odporność na pękanie w niskiej temperaturze, a ponadto wydajność spieniania asfaltu poprawia się poprzez uwalnianie się związanej w kryształach siarczanu miedzi wody. Zsyntetyzowana ciecz jonowa może poprawić stabilność asfaltu, a pierwiastki takie jak siarka, zmniejszają lepkość asfaltu przez co efektywność wytwarzania mieszanki na ciepło została poprawiona.

Celem wynalazku jest obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych oraz ich lepsza zagęszczaność i poprawa trwałości zmęczeniowej.

Istotą sposobu spieniania asfaltu z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku zawierającego zeolit naturalny oraz z zastosowaniem mieszanki mineralnej jest to, że do zeolitu naturalnego wymieszanego z wermikulitem w proporcjach wagowych od 1:4 do 4:1 dodaje się wodę w ilości od 25 do 150% wagowych suchej mieszanki i miesza się do momentu uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze. Następnie mieszaninę w ilości od 2 do 10% wagowo w stosunku do masy asfaltu

dodaje się do gorącego asfaltu o temperaturze od 140 do 175°C i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania asfaltu. W dalszej kolejności dodaje się spieniony asfalt do mieszanki mineralnej o temperaturze od 110 do 135°C i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem. W dalszej kolejności mieszankę mineralno-asfaltową zagęszcza w temperaturze od 105 do 130°C.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest obniżenie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych poprzez spienienie asfaltu wodą uwalniającą się z dwuskładnikowego mineralnego dodatku w postaci zeolitu naturalnego i wermikulitu.

Kolejną zaletą jest to, że zastosowane materiały w postaci zeolitu naturalnego i wermikulitu charakteryzują się dużą powierzchnią właściwą oraz dużą objętością mezoporów, co umożliwia wchłonięcie znacznej ilości wody. Przy czym intensywność oddawania pochłoniętej wody jest większa w przypadku wermikulitu, co wpływa na wzrost efektywności spieniania asfaltu

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest również poprawa zagęszczalności oraz wzrost trwałości zmęczeniowej wytworzonych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Przykłady

Mieszanki mineralno-asfaltowe z betonu asfaltowego o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 16 przeznaczone na warstwę wiążącą - AC 16 W, przygotowywano w laboratorium według składu przedstawionego w tabeli 1.

Tabela 1. Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej w 1 i 2 przykładzie wykonania

Nazwa składnika mieszanki	Udział masowy składników w mieszance [% wagowych]	
	mieszanka mineralna	mieszanka mineralno-asfaltowa
Wypełniacz wapienny	3,5	3,3
Kruszywo drobne 0/2	36,5	34,8
Kruszywo grube 2/8	23,0	22,0
Kruszywo grube 8/11	17,0	16,2
Kruszywo grube 11/16	20,0	19,1
Asfalt 35/50		4,6

Wykonanie mieszanek mineralno-asfaltowych w przykładach wykonania przeprowadzono według poniżej opisanych czynności.

Poszczególne składniki i parametry dla poszczególnych mieszanek przedstawiono w tabeli 2.

Zeolit naturalny o powierzchni właściwej Fz zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010, powierzchni mezoporów Xz zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 i objętości mezoporów Yz zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 w ilości mz wymieszano z wermikulitem o powierzchni właściwej Fw zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010, powierzchni mezoporów Xw zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 i objętości mezoporów Yw zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 w ilości mw i dodano wodę w ilości uH2O suchej mieszanki – mH2O i mieszano do uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze przez czas t1. Do asfaltu w ilości ma rozgrzanego do temperatury T1 dodano um wytworzonej

mieszaniny w stosunku do masy asfaltu – mm. Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania i spieniony asfalt dodano do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury T2 i mieszano do momentu całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem przez czas t2. Następnie w temperaturze Tz zagęszczono próbki przeznaczone do badania trwałości zmęczeniowej i wykonano badanie wg normy PN-EN 12697-24, metodą belki 4-punktowo zginanej przy częstotliwości odkształceń wynoszącej 10 Hz i poziomie odkształcenia wynoszącym 100 μm/m, oraz wykonano badanie zagęszczalności zgodnie z normą PN-EN 12697–31:2007.

Tabela 2. Dane dotyczące przykładów wykonania

Wyszczególnienie	1 przykład wykonania	2 przykład wykonania
Rodzaj zeolitu	Zeolit naturalny klinoptilolit	Zeolit naturalny klinoptilolit
Powierzchni właściwa zeolitu Fz [$m^2 \cdot g^{-1}$]	17	17
Powierzchnia mezoporów zeolitu Xz [$m^2 \cdot g^{-1}$]	7	7
Objętości mezoporów zeolitu Yz [$cm^3 \cdot g^{-1}$]	0,045	0,045
Ilość zeolitu mz [g]	10	400
Powierzchni właściwa wermikulitu Fw [$m^2 \cdot g^{-1}$]	12	12
Powierzchnia mezoporów wermikulitu Xw [$m^2 \cdot g^{-1}$]	7,9	7,9
Objętości mezoporów wermikulitu Yw [$cm^3 \cdot g^{-1}$]	0,015	0,015
Ilość wermikulitu mw [g]	40	100
Ilość dodanej wody uH2O [% wagowych]	150	25
Ilość dodanej wody mH2O [g]	75	125
Czas mieszania t1 [s]	30	30
Ilość asfaltu [g]	4000	4000
Temperatura asfaltu T1 [ºC]	175	140
Ilość dodanej mieszaniny um [% wagowych]	2	10
Ilość dodanej mieszaniny mm [g]	80	400
Temperatura mieszanki mineralnej T2 [ºC]	135	110
Czas mieszania t2 [s]	120	120
Temperatura zagęszczania Tz [ºC]	130	105
Liczba cykli obciążenia do utarty trwałości zmęczeniowej	129 874	109 321
Współczynnik zagęszczalności K [-]	4,176	3,955
Wskaźnik stabilności mieszanki – MSI [-]	49,50	93,80

W celu skonfrontowania wyników przeprowadzonych badań z zastosowaniem wynalazku z wynikami badań z zastosowaniem dotychczasowej technologii produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco, zrealizowano ten proces z zastosowaniem materiałów pochodzących z tego samego źródła oraz składem ilościowym przedstawionym w tabeli 1. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej wytworzonej w technologii na gorąco, gdzie temperatura mieszanki mineralnej wynosiła 180°C, a temperatura zagęszczania wynosiła 140°C

Właściwości	Wynik badania
Liczba cykli obciążenia do utarty trwałości zmęczeniowej	92 302
Współczynnik zagęszczalności K [-]	4,133
Wskaźnik stabilności mieszanki – MSI [-]	149,80

RZECZNIK PATENTOWY
Maciej Nowicki
mgr inż. Maciej Nowicki
Nr wp. 3476