Sposób wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku o obniżonej temperaturze produkcji z dodatkiem granulatu asfaltowego.

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) znane jest uziarnienie mieszanki mineralnej i zawartość lepiszcza asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw podbudowy, wiążącej, wyrównawczej i ścieralnej. Z WT 2 2014, str. 8 znana jest definicja granulatu asfaltowego. Z tabeli 3 str. 16 znane są wymagania dotyczące granulatu asfaltowego stosowanego w mieszankach mineralno-asfaltowych. Ze str. 19 znane są dwie metody dodawania granulatu asfaltowego do mieszalnika otaczarki: bez wstępnego ogrzewania i ze wstępnym ogrzewaniem. Z punktu 7.4. 4 strona 17, 18, 19 znane są warunki stosowania granulatu asfaltowego w mieszankach mineralno-asfaltowych.

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 WT 2 2014 punkt 8.1 strona 21 znane są temperatury zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych w warunkach laboratoryjnych.

Z WT 2 2014 p. 8.3 strona 42, 43, 44 znane są wymagania odnośnie produkcji i przechowywania mieszanki mineralno-asfaltowej i jej składników. Z tabeli 41 strona 43 znana jest najwyższa dopuszczalna temperatura asfaltu w zależności od rodzaju asfaltu. Z tabeli 42 strona 43 znana jest najwyższa temperatura jaką może mieć mieszanka mineralno-asfaltowa po wytworzeniu oraz znana jest najniższa temperatura jaką może mieć mieszanka mineralno-asfaltowa dowieziona na plac budowy i przeładowana do kosza rozkładarki. Temperatura poszczególnych składników mieszanki mineralno-asfaltowej jest dobierana z uwzględnieniem powyższych wymagań oraz warunków atmosferycznych oraz trasy i czasu transportu gotowej mieszanki z wytwórni na miejsce wbudowywania.

Z WT 2 2014 p. 7.4.4 strona 17 wiadomo, że wymagania w odniesieniu do składników mieszanki mineralno-asfaltowej, zawierającej granulat asfaltowy oraz do gotowej mieszanki są identyczne jak w przypadku analogicznej mieszanki mineralno-asfaltowej, wytwarzanej w całości z nowych składników. Z artykułu Xiaohu Lu, Ulf Isacsson „ Effect of ageing on bitumen chemistry and rheology, Construction and Building Materials 16, 2002 s. 15-22 wiadomo, że właściwości asfaltu zawartego w granulacie asfaltowym pod wpływem procesów utleniania zmieniają się – asfalt staje się bardziej twardy i sztywny. W konsekwencji również mieszanki mineralno-asfaltowe z dodatkiem

granulatu asfaltowego są bardziej sztywne i mniej odporne działanie czynników atmosferycznych, zwłaszcza wody i mrozu. Z publikacji Wu, S.; Muhunthan, B., Evaluation of the Efects of Waste Engine Oil on the Rheological Properties of Asphalt Binders. J. Mater. Civ. Eng. 2018, 30, wiadomo, że olej silnikowy dodany do granulatu asfaltowego powoduje zmiękczenie asfaltu zawartego w tym granulacie i wpływa na poprawę elastyczności mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem granulatu asfaltowego.

Z publikacjii Rubio M.C., Martínez G., Baena L., Moreno F. Warm mix asphalt: an overview. Journal of Cleaner Production, 2012, 24, 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 w postaci zeolitów umożliwia obniżenie temperatury produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych, w skrócie MMA, od 15 do 40°C, 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, 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.

Sposobem spieniania asfaltu jest zastosowanie dodatku zeolitu syntetycznego o nazwie handlowej Aspaha-Min, opisanego w publikacji Hurley G., Prowel B., Evaluation of Aspha-Min zeolite for use in warm mix asphalt., National Center for Asphalt Technology, Auburn 2005. Zeolit Aspaha-Min dodawany jest to mieszanki mineralno-asfaltowej w tym samym czasie co lepiszcze asfaltowe, w ilości 0,3% w stosunku do masy mieszanki mineralno-asfaltowej, co obniża temperaturę produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej o 12°C.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr PL429522 (A1) znany jest sposób spieniania lepiszcza asfaltowego, polegający na tym, że do zeolitu naturalnego dodaje się olej silnikowy w ilości od 15 do 40 % w stosunku do masy zeolitu naturalnego i miesza się do momentu uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze. Następnie dodaje się mieszaninę w ilości od 2% do 10% wagowo w stosunku do masy lepiszcza asfaltowego do gorącego lepiszcza asfaltowego rozgrzanego do temperatury od 145°C do 180°C. W dalszej kolejności miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania lepiszcza asfaltowego.

Z opisu zgłoszenia patentowego nr PL429524 (A1) znany jest sposób spieniania lepiszcza asfaltowego, polega na tym, że do zeolitu naturalnego dodaje się wodę w ilości od 10 do 50% w stosunku do masy zeolitu i miesza się do momentu uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze. Następnie do gorącego lepiszcza asfaltowego o temperaturze od 145°C do 180°C dodaje się olej silnikowy w ilości od 2 do 8% wagowo w stosunku do masy lepiszcza asfaltowego i miesza się do momentu uzyskania mieszaniny lepiszcza asfaltowego o jednolitej strukturze. W dalszej kolejności do powstałej mieszaniny dodaje się mieszaninę zeolitu naturalnego i wody w ilości od 2 do 10% wagowo, w stosunku do masy mieszaniny lepiszcza asfaltowego i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania mieszaniny lepiszcza asfaltowego.

Z opisu patentowego nr CN105060926 (B) znany jest sposób wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej przez spienienie asfaltu. Sposób obejmuje pięć etapów: podgrzanie asfaltu do wysokiej temperatury, spienienie asfaltu wodą, podgrzanie kruszyw mineralnych do temperatury od 120°C do 130°C, wytworzenie i podgrzanie kruszyw z recyklingu nawierzchni do temperatury od 110°C do 120°C, mieszanie kruszyw mineralnych i kruszyw z recyklingu, dodanie spienionego asfaltu. Spienienie asfaltu następuje w specjalnym urządzeniu. Do urządzenia z gorącym asfaltem, o temperaturze od 150°C do 180°C, pompą wysokociśnieniową wtryskuje się wodę w ilości 1,5 – 2% w stosunku do masy asfaltu oraz dostarcza się sprężone powietrze. Po czym następuje spienienie asfaltu, który chwilowo zwiększa swoją objętość i zmniejsza lepkość, co pozwala połączyć asfalt z kruszywem w niższej temperaturze.

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 wytwarzania mieszanki mineralno- z granulatem asfaltowym, przy zachowaniu ciągu technologicznego jak podczas produkcji mieszanek na gorąco oraz poprawa mrozoodporności wytworzonej mieszanki.

Istotą sposobu wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej z zastosowaniem dwuskładnikowego mineralnego dodatku, w którym składnikami są mieszanka mineralna, asfalt, granulat asfaltowy, olej silnikowy oraz dodatek mineralny nasączony wodą, **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% wagowych 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. Oddzielnie do granulatu asfaltowego dodaje się olej silnikowy w ilości od 2 do 10% wagowych asfaltu zawartego w granulacie asfaltowym i dodaje się te składniki do mieszanki mineralnej o temperaturze od 110 do 135°C i miesza się przez czas od 15 do 180 s. Następnie dodaje się spieniony asfalt i miesza się do momentu całkowitego otoczenia kruszyw spienionym asfaltem. Po czym mieszankę mineralno-asfaltową zagęszcza w temperaturze od 105 do 130°C.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest obniżenie temperatury produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, co wpływa na zmniejszenie zużycia energii, niższe koszty produkcji oraz zmniejszenie emisji związków niebezpiecznych i zmniejszenie negatywnego wpływu na ludzi zajmujących się bezpośrednio produkcją i wbudowywaniem mieszanek mineralno-asfaltowych.

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

Zastosowanie wynalazku daje możliwość wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych według wynalazku w istniejących wytwórniach mas bitumicznych lub przy niewielkiej ich modyfikacji, z zastosowaniem materiałów odpadowych w przypadku zastosowania zużytego oleju silnikowego, oraz kruszywa w postaci granulatu asfaltowego pochodzącego z recyklingu nawierzchni drogowych.

Do korzystnych skutków należy również podwyższona mrozoodporność i mniejsza sztywność 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. Zastosowany w mieszankach mineralno-asfaltowych dwuskładnikowy mineralny dodatek nasączony wodą oraz olej traktowane są jako dodatki, których nie wlicza się w skład podstawowy zaprojektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej.

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

Nazwa składnika mieszanki	Udział masowy składników w mieszance [%]	
	mieszanka mineralna	mieszanka mineralno-asfaltowa
Wypełniacz wapienny	1,0	1,0
Kruszywo drobne 0/2	17,0	16,2
Kruszywo grube 2/8	25,0	23,9
Kruszywo grube 8/11	17,0	16,2
Kruszywo grube 11/16	20,0	19,1
Granulat asfaltowy 16 GRA 0/11	20,0	19,1
Asfalt PMB 25/55-60		3,32
Asfalt z granulatu asfaltowego		1,18

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 17 $m^2 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010, powierzchni mezoporów 7 $m^2 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 i objętości mezoporów 0,045 $cm^3 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 w ilości mz wymieszano z wermikulitem o powierzchni właściwej 12 $m^2 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010, powierzchni mezoporów 7,9 $m^2 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 i objętości mezoporów 0,015 $cm^3 \cdot g^{-1}$ zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 w ilości mw i dodano wodę w ilości uH2O masowych suchej mieszanki – mH2O i mieszano do uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze przez czas 30s.

Do asfaltu w ilości 4000g rozgrzanego do temperatury T1 dodano um wagowo wytworzonej mieszaniny w stosunku do masy asfaltu – mm. Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania.

Oddzielnie do granulatu asfaltowego o masie mg i temperaturze T1 dodano przepracowany olej mineralny 15W-40 o nazwie handlowej PLATINUM ULTOR CG-4 15W–40 w ilości mo, co stanowi uo wagowych asfaltu zawartego w granulacie asfaltowym. Następnie dodano te składniki do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury T2 i mieszano przez czas t1. W dalszej kolejności dodano spieniony asfalt i mieszano do momentu całkowitego otoczenia kruszyw spienionym asfaltem przez czas 120s. Następnie w temperaturze Tz zagęszczono próbki przeznaczone do badania odporności na działanie wody i mrozu, mierzone wskaźnikiem ITSR zgodne z normą PN-EN 12697-12:2008 oraz z uszczegółowieniem wg. WT2 2014 oraz do badań sztywności metodą IT-CY w 10ºC zgodnie z normą PN EN 12697–26:2012.

Tabela 2. Dane dotyczące przykładów wykonania

Wyszczególnienie	1 przykład wykonania	2 przykład wykonania
Ilość zeolitu mz [g]	10	400
Ilość wermikulitu mw [g]	40	100
Ilość dodanej wody uH2O [%]	150	25
Ilość dodanej wody mH2O [g]	75	125
Temperatura asfaltu Ta [ºC]	175	140
Ilość dodanej mieszaniny um [%]	2	10
Ilość dodanej mieszaniny mm [g]	80	400
Ilość dodanego granulatu asfaltowego mg [kg]	7,64	7,64
Temperatura granulatu asfaltowego T1 [ºC]	23	60
Ilość dodanego oleju mo [g]	47,2	9,44
Ilość dodanego oleju uo [%]	10	2
Temperatura mieszanki mineralnej T2 [ºC]	135	110
Czas mieszania t1 [s]	180	15
Temperatura zagęszczania Tz [ºC]	130	105
Odporność na działanie wody i mrozu ITSR [%]	83	86
Moduł sztywności [MPa]	10962	9368

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 175ºC, a temperatura zagęszczania wynosiła 140ºC

Właściwości	Wynik badania
Odporność na działanie wody i mrozu ITSR [%]	81
Moduł sztywności [MPa]	11518

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