

## Sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem mineralnego dodatku

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

5 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.

10 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

15 Z publikacji 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 różne 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 40°C, w efekcie czego uzyskuje się tzw. „mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło”.

25 Z publikacji 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 wytwórnię 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.

30 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.

35 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, disulfosforanu 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, disulfosforanu, 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 mieszanę 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 mieszanę 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 żuźla wielkopieczowego 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 pęknięcie 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 mineralnego dodatku oraz z zastosowaniem mieszanki mineralnej jest to, że do wermikulitu dodaje się wodę w ilości od 50 do 250% 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, po czym 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 mineralnego dodatku w postaci wermikulitu. Kolejną zaletą jest to, że wermikulit charakteryzuje się dużą powierzchnią właściwą oraz dużą objętością mezoporów, co umożliwia wchłonięcie znacznej ilości wody. Duża intensywność oddawania pochłoniętej wody 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.

Do wermikulitu o powierzchni właściwej  $F_w$  zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010, powierzchni mezoporów  $X_w$  zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 i objętości mezoporów  $Y_w$  zbadanej zgodnie z normą ISO 9277:2010 w ilości  $m_w$  i dodano wodę w ilości  $uH_2O$  suchej mieszanki –  $mH_2O$  i mieszano do uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze przez czas  $t_1$ . Do asfaltu w ilości  $m_a$  rozgrzanego do temperatury  $T_1$  dodano  $m_w$  wytworzonej mieszaniny w stosunku do masy asfaltu –  $m_a$ . Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania i spieniony asfalt dodano do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury  $T_2$  i mieszano do momentu całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem przez czas  $t_2$ . Następnie w temperaturze  $T_z$  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  $\mu m/m$ , 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
Powierzchni właściwa wermikulitu $F_w$ [ $m^2 \cdot g^{-1}$ ]	12	12
Powierzchnia mezoporów wermikulitu $X_w$ [ $m^2 \cdot g^{-1}$ ]	7,9	7,9
Objętości mezoporów wermikulitu $Y_w$ [ $cm^3 \cdot g^{-1}$ ]	0,015	0,015
Ilość wermikulitu $m_w$ [g]	50	400
Ilość dodanej wody $u_{H_2O}$ [%wagowych]	250	50
Ilość dodanej wody $m_{H_2O}$ [g]	125	200
Czas mieszania $t_1$ [s]	30	30
Ilość asfaltu [g]	4000	4000
Temperatura asfaltu $T_1$ [°C]	175	140
Ilość dodanej mieszanki $u_m$ [%wagowych]	2	10
Ilość dodanej mieszanki $m_m$ [g]	80	400
Temperatura mieszanki mineralnej $T_2$ [°C]	135	110
Czas mieszania $t_2$ [s]	120	120
Temperatura zagęszczania $T_z$ [°C]	130	105
Liczba cykli obciążenia do utarty trwałości zmęczeniowej	137 056	102 368
Współczynnik zagęszczalności $K$ [-]	4,113	4,196
Wskaźnik stabilności mieszanki – MSI [-]	67,05	42,40

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