

## Sposób spieniania asfaltu

Przedmiotem wynalazku jest sposób spieniania asfaltu z wykorzystaniem zeolitów modyfikowanych wodą, pozwalający na  
5 obniżenie lepkości asfaltu oraz poprawa zagęszczalności w obniżonej temperaturze produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych.

Dotychczas znanych jest kilka sposobów spieniania asfaltu. Do najbardziej popularnych należą metody spieniania asfaltu polegające na dodaniu niewielkiej ilości wody o temperaturze pokojowej (ok. 20°C) do  
10 gorącego asfaltu. Efektem uwalniającej się pary wodnej jest spienienie asfaltu. Asfalt w postaci rozpylonej jest wprowadzany do mieszalnika mas bitumicznych mechanicznie lub pod ciśnieniem. Wynikiem spienienia asfaltu jest zwiększenie objętości asfaltu oraz zmniejszenie jego lepkości, co pozwala na obniżenie temperatury produkcji i zagęszczania mieszanki  
15 mineralno-asfaltowej.

Z chińskiego opisu patentowego nr CN105060926 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  
20 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  
25 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.

Znany jest również z chińskiego opisu patentowego  
30 nr CN104562896 sposób spieniania asfaltu w specjalnym urządzeniu

rozpylającym. Urządzenie składa się z dwóch komór spieniania, cylindra ogrzewanego powietrzem, dyszy do wprowadzania asfaltu, natrysku spienionego asfaltu, rurociągu z wodą i rurociągu z powietrzem. W dolnej części urządzenia umiejscowione są zespoły podgrzewające asfalt, rozpylające wodę oraz jednostki regulujące proces spieniania. Do komory spienienia z gorącym asfaltem dostarczana się jednocześnie wodę i sprężone powietrze. Woda w połączeniu z gorącym asfaltem natychmiast paruje i powoduje powstawanie piany asfaltowej o dużej objętości. Następnie spieniony asfalt jest wtłaczany do mieszalnika z kruszywem.

10 Z polskiego opisu patentowego nr PAT.219042 znany jest sposób spieniania asfaltu, w którym do upłynnionego asfaltu dodaje się syntetyczny wosk fischera tropscha w ilości od 2,0% do 3,5%. Po czym upłynniony asfalt miesza się i poddaje się spienieniu wodą a następnie łączy się z mieszanką mineralną.

15 Możliwe jest spienianie asfaltu przez dodanie zeolitu. Zeolit dodaje się do mieszalnika z kruszywem, a następnie dodaje się asfalt i miesza się. Ze struktury zeolitu uwalnia się woda zeolitowa, która natychmiast paruje co powoduje spienienie asfaltu. Sposób ten został opisany w publikacji Hurley G., Prowel B., Evaluation of Aspha-Min zeolite for use  
20 in warm mix asphalt., National Center for Asphalt Technology, Auburn 2005. Dodatek do asfaltu zeolitu o nazwie handlowej Aspah-Min spowodował wzrost lepkości asfaltu w 135°C o 8%. Wyniki badań opublikowano w artykule Akisetty C., Xiao F., Gandhi T., Amirkhanian S.,  
25 Estimating correlations between rheological and engineering properties of rubberized asphalt concrete mixtures containing warm mix asphalt additive., Construction and Building Materials, 25 (2), s. 950–956, 2011.

Celem wynalazku jest obniżenie lepkości asfaltu oraz poprawa zagęszczalności w obniżonej temperaturze produkcji i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych.

Istotą sposobu spieniania asfaltu, według wynalazku jest to, że do zeolitu dodaje się wodę w ilości od 15 do 100% wagowo w stosunku do masy suchego materiału i miesza się do momentu uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze. Następnie dodaje się mieszaninę w ilości od 2% do 5 10% wagowo w stosunku do masy asfaltu do gorącego asfaltu o temperaturze od 145°C do 180°C i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania asfaltu. W dalszej kolejności dodaje się spieniony asfalt do mieszanki mineralnej o temperaturze od 115°C do 140°C i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem. Następnie 10 mieszankę mineralno-asfaltową kondycjonuje się i zagęszcza w temperaturze 105°C -130°C, korzystnie przez okres od 30 do 90 min.

Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest obniżenie lepkości asfaltu spienionego przez wodę uwalnianą z zeolitu, co pozwala na poprawę zagęszczalności w obniżonej temperaturze produkcji 15 i zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych. Stosowanie materiału o dużej powierzchni właściwej oraz o dużej objętości mezoporów, umożliwia wchłonięcie znacznej ilości wody, co wpływa na efektywne spienienie asfaltu przy zmniejszonej ilości dozowanego zeolitu oraz zmniejszenie kosztu produkcji.

20 Kolejną zaletą stosowania wynalazku jest sposób uwalniania wody z zeolitu. Nie jest to zjawisko nagłe, a następuje w sposób ciągły trwający do 90 minut. Efektem tego jest poprawa urabialności gotowej mieszanki mineralno-asfaltowej zarówno w czasie produkcji jak i wbudowywania w nawierzchnię.

25 Przykład 1.

Mieszankę mineralno-asfaltową z betonu asfaltowego o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 16 przeznaczoną na warstwę ścieralną - AC 16 W, przygotowywano w laboratorium według składu przedstawionego w tabeli 1.

Tabela 1. Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej w pierwszym przykładzie wykonania

Nazwa składnika mieszanki	Udział masowy składników w mieszance [%]	
	MM	MMA
Wypełniacz wapienny	5,0	4,7
Amfibolit 0/2	35,0	33,4
Wapień 2/8	25,0	23,9
Wapień 8/16	35,0	33,5
Dolomit 8/12	18,0	17,2
Asfalt 35/50		4,5

Gdzie: MM- mieszanka mineralna

MMA- mieszanka mineralno-asfaltowa

5

Do zeolitu naturalnego klinoptilolitu o powierzchni właściwej  $18,3 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , powierzchni mezoporów  $7,7 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  i objętości mezoporów  $0,0460 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  w ilości 100 g dodano wodę w ilości 15% wagowo w stosunku do masy suchego zeolitu naturalnego klinoptilolitu - 15 g. Do asfaltu 35/50 w ilości 1000 g rozgrzanego do temperatury  $145^\circ\text{C}$  dodano 10% wagowo w stosunku do masy asfaltu zeolitu naturalnego klinoptilolitu modyfikowanego wodą – 100 g. Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania i spieniony asfalt dodano do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury  $115^\circ\text{C}$  i mieszano przez 60 sekund.

Gotowy zarób wstawiono do suszarki rozgrzanej do temperatury zagęszczania  $105^\circ\text{C}$  i kondycjonowano przez 90 minut. Następnie wykonano badania zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej w prasie żyratorowej. Wyniki badań zagęszczalności wytworzonej mieszanki mineralno-asfaltowej przedstawiono w tabeli 2.

20

Tabela 2. Wyniki badań zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej wytworzonej w pierwszym przykładzie wykonania

	Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej	
Właściwości	AC 16 W, Temperatura kruszywa 180°C Temperatura zagęszczania 140°C	AC 16 W z dodatkiem 10% zeolitu naturalnego klinoptilolitu wagowo w stosunku do masy asfaltu
Gęstość objętościowa MMA [kg/m <sup>3</sup> ]	2389	2,393
Zawartość wolnych przestrzeni [%]	6,1	5,9
Współczynnik zagęszczalności K [-]	4,045	4,01
wskaźnik stabilności mieszanki – MSI [-]	126,20	116,9

Gdzie: MCM - mezoporowaty materiał krzemionkowy o uporządkowanej strukturze

- 5 MMA – mieszanka mineralno-asfaltowa  
AC 16 W – beton asfaltowy przeznaczony na warstwę wiążącą o wymiarze największego kruszywa 16 mm

10 Na próbkach spienionego asfaltu wykonano badania lepkości w lepkosciomierzu Brookfielda w temperaturze 135°C według normy ASTM D 4402, po 30 i po 90 minutach od dodania zeolitu naturalnego klinoptilolitu do asfaltu. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki badań lepkości dynamicznej asfaltu spienionego zeolitem naturalnym klinoptilolitem w pierwszym przykładzie wykonania.

Czas wykonania oznaczenia (mierzony od dodania zeolitu do asfaltu)	Lepkość dynamiczna w 135 °C [Pa·s]	
	Asfalt 35/50	Asfalt 35/50 z dodatkiem 10% zeolitu naturalnego klinoptilolitu wagowo w stosunku do masy asfaltu
30 minut	0,845	0,860
90 minut	0,845	0,786

Przykład 2.

- 5 Mieszankę mineralno-asfaltową z betonu asfaltowego o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 16 przeznaczoną na warstwę ścieralną - AC 16 W, przygotowywano w laboratorium według składu przedstawionego w tabeli 4.

- 10 Tabela 4. Składniki mieszanki mineralno-asfaltowej w drugim przykładzie wykonania

Nazwa składnika mieszanki	Udział masowy składników w mieszance [%]	
	MM	MMA
Wypełniacz wapienny	5,0	4,7
Amfibolit 0/2	35,0	33,4
Wapień 2/8	25,0	23,9
Wapień 8/16	35,0	33,5
Dolomit 8/12	18,0	17,2
Asfalt 35/50		4,5

Gdzie: MM- mieszanka mineralna

MMA- mieszanka mineralno-asfaltowa

Do zeolitu syntetycznego NaP1 o powierzchni właściwej  $94,5 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ , powierzchni mezoporów  $85,9 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$  i objętości mezoporów  $0,2330 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$  w ilości 25 g dodano wodę w ilości 100% wagowo w stosunku do masy suchego zeolitu syntetycznego NaP1 – 25 g. Do 5 asfaltu 35/50 w ilości 1000 g rozgrzanego do temperatury  $180^\circ\text{C}$  dodano 2% wagowo w stosunku do masy asfaltu suchego zeolitu syntetycznego NaP1 modyfikowanego wodą – 20 g. Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania i spieniony asfalt dodano do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury  $140^\circ\text{C}$  i mieszano przez 60 sekund. 10 Gotowy zarób wstawiono do suszarki rozgrzanej do temperatury zagęszczania  $130^\circ\text{C}$  i kondycjonowano przez 30 minut. Następnie wykonano badania zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej w prasie żyratorowej. Wyniki badań zagęszczalności wytworzonej mieszanki mineralno-asfaltowej przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Wyniki badań zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej wytworzonej w drugim przykładzie wykonania

	Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej	
Właściwości	AC 16 W, Temperatura kruszywa 180°C Temperatura zagęszczania 140°C	AC 16 W z dodatkiem 2% zeolitu syntetycznego NaP1 wagowo w stosunku do masy asfaltu
Gęstość objętościowa MMA [kg/m <sup>3</sup> ]	2389	2,458
Zawartość wolnych przestrzeni [%]	6,1	3,4
Współczynnik zagęszczalności K [-]	4,045	3,946
wskaźnik stabilności mieszanki – MSI [-]	126,20	28,00

5 Gdzie: MCM - mezoporowaty materiał krzemionkowy o uporządkowanej strukturze

MMA – mieszanka mineralno-asfaltowa

AC 16 W – beton asfaltowy przeznaczony na warstwę wiążącą o wymiarze największego kruszywa 16 mm

10 Na próbkach spienionego asfaltu wykonano badania lepkości w lepkościomierzu Brookfielda w temperaturze 135°C według normy ASTM D 4402, po 30 i po 90 minutach od dodania zeolitu syntetycznego NaP1 do asfaltu. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Wyniki badań lepkości dynamicznej asfaltu spienionego zeolitem syntetycznym NaP1 w drugim przykładzie wykonania.

Czas wykonania oznaczenia (mierzony od dodania zeolitu do asfaltu)	Lepkość dynamiczna w 135°C [Pa·s]	
	Asfalt 35/50	Asfalt 35/50 z dodatkiem 2% zeolitu syntetycznego NaP1 wagowo w stosunku do masy asfaltu
30 minut	0,845	0,852
90 minut	0,845	0,797