

Sposób wytwarzania środka wielofunkcyjnego, szczególnie do spieniania asfaltów oraz środek wielofunkcyjny

5 Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania środka wielofunkcyjnego, szczególnie do spieniania asfaltu podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej przeznaczonej do wykonywania różnych nawierzchni, głównie nawierzchni drogowych a także do samodzielnego zastosowania lub do nasączenia materiałów porowatych lub mezoporowatych o naturalnej zawartości wody oraz środek wielofunkcyjny.,

10 Wiadomym jest, że aby uzyskać mieszankę mineralno-asfaltową o właściwych parametrach, kluczowym zagadnieniem jest dokładne otoczenie wszystkich ziaren mieszanki mineralnej z kruszywa błonką asfaltu o określonej grubości. Możliwe jest to jedynie w sytuacji, kiedy lepkość asfaltu w trakcie procesu otaczania jest odpowiednio mała, na poziomie ok. 0,2 Pa.s. Ponieważ asfalt jest termoplastem, a jego lepkość
15 zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury, należy go podgrzać do temperatury 150-195 °C, aby uzyskać odpowiednie upłynnienie. Podgrzewaniu podlega również drugi główny składnik mieszanki jakim jest kruszywo, w celu dokładnego wyeliminowania wilgoci zawartej w porach ziaren, co jest warunkiem niezbędnym dla zapewnienia odpowiedniej adhezji pomiędzy asfaltem, a powierzchnią ziaren kruszywa mineralnego.
20 Należy jednak zaznaczyć, że podgrzewanie kruszywa do temperatury 150–195 °C wynika jedynie z konieczności doprowadzenia jego temperatury do poziomu temperatury asfaltu, a nie dokładnego wysuszenia, ponieważ parowanie wody z kruszywa odbywa się już temperaturze 100 °C. Oczywiście jest, że w takim procesie zużywa się duże ilości energii. Obniżenie energochłonności produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej jest więc
25 jednym z motywów poszukiwania oszczędniejszych technologii, czyli takich, które pozwolą wytwarzać mieszankę w niższej temperaturze oraz w dalszym ciągu umożliwią poprawne wbudowywanie jej w drogę. Podany opis wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej dotyczy tzw. technologii „na gorąco”.

30 Obecnie powszechnie wykorzystywane w drogownictwie są emulsje asfaltowe, w których fazą rozproszoną jest lepiszczce asfaltowe, a fazą rozpraszającą jest woda. Niestety, nie spełniają one istotnego z punktu widzenia współczesnego budownictwa warunku szybkości wykonywania robót. Emulsje zawierają zazwyczaj od 30 do 60

procent wody. Zatem, by wbudowywany materiał uzyskał oczekiwane parametry, tzn. lepiszcze asfaltowe mogło połączyć się z kruszywem, niezbędny jest odpowiedni czas na odparowanie wody, tzw. czas rozpadu emulsji. W zależności od warunków, czas ten może sięgnąć od kilku do kilkudziesięciu minut. Korzyścią z tej technologii jest brak konieczności podgrzewania kruszywa. Podany opis wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej dotyczy tzw. technologii „na zimno”.

Rozwiązaniem tego problemu okazała się technologia „na ciepło”, będącej technologią pośrednią między zastosowaniem temperatury powyżej 150°C („na gorąco”) a temperaturą otoczenia („na zimno”). Celem podstawowym tej technologii jest uzyskanie zmniejszonej lepkości lepiszcza asfaltowego w obniżonej temperaturze niż wynikałoby to z typowej zależności lepkość-temperatura asfaltu.

W chwili obecnej powszechnie znane i wykorzystywane są zasadniczo dwa podstawowe sposoby obniżania temperatury mieszanek mineralno-asfaltowych:

(1) dodawanie do lepiszcza środków zmniejszających jego lepkość (2) uzyskanie spienienia asfaltu w obecności wody. Wśród środków modyfikujących lepkość asfaltu największą grupę stanowią różnego rodzaju dodatki organiczne o długich łańcuchach węglowodorowych, które po rozpuszczeniu charakteryzują się bardzo małą lepkością, tym samym po dodaniu do asfaltu obniżają lepkość całej mieszaniny. Drugi rodzaj technologii pozwalający otrzymać lepiszcze asfaltowe o mniejszej lepkości opiera się na zjawisku gwałtownego spieniania się gorącego asfaltu po dodaniu do niego wody.

W technologii asfaltu spienionego uzyskanie asfaltu w formie przystosowanej do zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych, czyli o odpowiednio niskiej lepkości właściwej do otoczenia ziaren kruszywa, wymagane jest użycie wody w objętości kilku procent, przy czym w chwili spieniania asfaltu woda jest już całkowicie odparowana, a lepiszcze uzyskuje wymaganą konsystencję. Kluczem jest w tym przypadku niska lepkość piany asfaltowej powstałej w wyniku kontaktu wody z asfaltem o temperaturze wyższej od 100°C.

W opisie zgłoszenia chińskiego wynalazku nr CN101602583 ujawniono środek dodawany do mieszanki asfaltowej na gorąco. Środek powstaje przez równomierne zmieszanie 93 do 97 procent syntetycznego zeolitu z 3 do 7 procentami wagowymi granulowanego dekahydratu siarczanu sodowego, przy czym syntetyczny zeolit zawiera od 15 do 22 procent krystalicznej wody, a dekahydrat siarczanu sodu zawiera 55,9 procent

krystalicznej wody. W normalnej temperaturze środek miesza się z innymi surowcami w zależności od zawartości od 0,3 do 0,5 procent całkowitej masy mieszaniny, przygotowując w ten sposób produkt do zmieszania na ciepło mieszanki asfaltowej; przy temp. asfaltu od 150 do 165 ° C oraz temperaturze kruszywa i materiałów mineralnych od 140 do 180 ° C. Podczas mieszania na gorąco uwalnia się duża ilość pary wytwarzanej przez środek zawierający wilgoć, co powoduje objętościowe rozszerzenie się lepiscza asfaltowego, tworząc w ten sposób spieniony asfalt.

Z opisu zgłoszenia kolejnego chińskiego wynalazku nr CN107501969 dowiadujemy się o sposobie wytwarzania środka spieniającego. Jako środek spieniający wykorzystany zostaje naturalny zeolit jako glinokrzemian o strukturze ramowej zawierającej wodę i posiadający budowę krystaliczną (szkieletową). Budowa szkieletowa zeolitu charakteryzuje się znaczną ilością kanałów z dużą ilością zaadsorbowanych cząsteczek wody (około 21% w stosunku do swojej masy), gdzie siła wiążąca cząsteczki w budowie szkieletowej jest słaba i woda może zostać uwolniona w postaci pary wodnej poprzez ogrzewanie, bez szkody dla struktury minerału. Zeolit jest środkiem doskonale poprawiającym adhezję asfaltu, którą można zwiększyć przez dodatek roztworu amin tłuszczowych, co znacznie poprawia stabilność mieszanki asfaltowej. Spieniony asfalt jest wytwarzany przez kontakt wody z dodatkami z gorącym asfaltem i kruszywem i uzyskuje się mieszaninę dobrze sklejoną już w niskich temperaturach.

Z polskiego opisu patentowego nr PL219042 znany jest sposób spieniania asfaltu, w którym do upłynnionego asfaltu dodaje się syntetyczny воск 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, natomiast z w polskim opisie patentowym nr PL230907 opisano sposób spieniania asfaltu pozwalający na obniżenie lepkości asfaltu oraz poprawę zagęszczalności mieszanek mineralno-asfaltowych w obniżonej temperaturze produkcji i zagęszczania. Sposób spieniania asfaltu, polega na tym, 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. W dalszej kolejności dodaje się mieszaninę w ilości od 2% do 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. Następnie dodaje się spieniony asfalt do mieszanki mineralnej o temperaturze od 115°C do 140°C i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem.

Także w opisie polskiego patentu nr PL230908 ujawniono sposób spieniania asfaltu z zastosowaniem mezoporowatego materiału krzemionkowego o uporządkowanej strukturze polegający na tym, że do mezoporowatego materiału krzemionkowego o uporządkowanej strukturze dodaje się wodę w ilości od 250 do 600% wagowo w stosunku do masy suchego materiału i miesza się do momentu uzyskania jednolitej 5 struktury mieszaniny. W dalszej kolejności dodaje się mieszaninę w ilości od 2% do 10% wagowo w stosunku do masy suchego materiału do gorącego asfaltu o temperaturze od 145°C do 180°C i miesza się do momentu rozpoczęcia spieniania asfaltu. Następnie dodaje się spieniony asfalt do mieszanki mineralnej o temperaturze od 115°C do 140°C 10 i miesza się do uzyskania całkowitego otoczenia kruszywa asfaltem. Dalej mieszankę mineralno-asfaltową kondycjonuje się i zagęszcza w temperaturze 105°C - 130°C korzystnie przez okres do 30 do 120 minut.

Z publikacji pt: Badania mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze otaczania (Wyd. Politechnika Gdańska - listopad 2011, strona 15 i 16) opisano 15 technologię produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych o obniżonej temperaturze z zastosowaniem zeolitu. Dzięki budowie krystalicznej, zeolit posiada możliwość magazynowania wody, dlatego w momencie zetknięcia z wysoką temperaturą zawartą w zeolicie woda uwalniana jest w postaci pary wodnej bez szkody dla struktury minerału. Dodanie zeolitu do gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej powoduje uwolnienie wody, 20 która w postaci pary wodnej spienia asfalt, zmniejszając jego lepkość i polepszając zdolność do dokładnego otoczenia ziaren kruszywa. Zjawisko to nie następuje gwałtownie, ale trwa przez okres 2-3 godzin, przez co efekt zwiększonej urabialności (dzięki obniżonej lepkości asfaltu) trwa w trakcie produkcji, transportu i wbudowywania mieszanki na budowie drogi. Zeolit dodawany jest (w postaci drobnego proszku w 25 stosunku 0,3% do masy całej mieszanki mineralno-asfaltowej) do mieszalnika otaczarki w momencie zadozowania asfaltu do kruszywa i wypełniacza, co umożliwia obniżenie temperatury produkcji do 130 – 145 °C, a końcowa temperatura przy wbudowaniu wynosi ok. 100 °C.” W ten sposób osiąga się zysk energetyczny równy obniżeniu temperatury o ok. 30°C.

30 W referacie opublikowanym w październiku 2009 roku „Ekologia w produkcji mas bitumicznych” (Jerzy Ekiert, Damian Łokaj, Konferencja pt. Ochrona środowiska i estetyka a rozwój infrastruktury drogowej) ujawniono skuteczność dodawania zeolitu do spieniania asfaltu i poprawy adhezji mieszanki mineralno-asfaltowej. Dodatek zeolitu

stwarza tzw. kontrolowany efekt piany, która z kolei zwiększa ilość objętościową spoiwa w masie, a zagęszczanie masy jest możliwe do momentu jej ostygnięcia do ok. 100°C (212°F). Możliwość obróbki masy wzrasta bez zmiany temperatury. Co więcej, nie następuje oddzielenie spoiwa w trakcie procesu mieszania, co oznacza osiągnięcie dobrego połączenia spoiwa i dodatków.

Standardowo do polepszenia efektu zjawiska adhezji asfaltu do kruszywa stosowany jest także wodorotlenek wapnia w postaci stałej lub jako wodny roztwór tzw. mleczka wapiennego. W obu przypadkach aplikacja wodorotlenku następuje bezpośrednio na mieszankę mineralną (kruszywo), natomiast do spienienia asfaltu stosuje się zwyczajowo wodę dodawaną do gorącego asfaltu lub zeolit tj. mezoporowaty materiał krzemionkowy o uporządkowanej strukturze.

Liczne publikacje wskazują, że istotnym parametrem dla asfaltów jest czas półtrwania, czyli okres połowicznego rozpadu, a więc czasu pęknięcia pęcherzyków piany asfaltowej. Ten parametr informuje o tym, jak długo asfalt spieniony przechodzi od swojej maksymalnej objętości do jej połowy. Czym czas połowicznego rozpadu jest dłuższy, tym lepiej i efektywniej można otoczyć asfaltową pianą składniki mieszanki mineralnej. Istotnym parametrem jest także współczynnik spienienia, który mówi o powierzchni odzwierciedlającej przydatność asfaltu spienionego pod względem technologicznym. Im dłuższy czas pozostawiania asfaltu w fazie spienienia, tym dłużej może on być przetwarzany, czyli dłużej może być mieszany z materiałem mineralnym, gwarantując jakość mieszanki.

Biorąc powyższe pod uwagę, Zgłaszający sformułował problem wynalazcy tj. opracowanie sposobu wytwarzania oraz składu środka wielofunkcyjnego do spieniania asfaltów, zwiększającego efekt spienienia asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych, wzmacniającego efekt adhezji pomiędzy asfaltem a mieszanką mineralną oraz zmieniającego reologię asfaltu i efektywnie zwiększającego czas półtrwania asfaltu spienianego, udoskonalającego właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych, obniżającego temperaturę produkcji, poprawiającego zagęszczalność mieszanek mineralno-asfaltowych.

Przedmiotem wynalazku jest sposób wytwarzania środka wielofunkcyjnego oraz środek wielofunkcyjny, szczególnie do spieniania asfaltów, stanowiący mieszaninę

powstała na skutek połączenia wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oraz mieszaniny spieniającej, będącej wodnym roztworem kompozycji substancji aktywnych, tj.: glikolu heksylenowego (2-methyl-2,4-pentanediol), chlorku sodu (NaCl) oraz dichlorku N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowego, przy czym sposób

5 wytwarzania środka wielofunkcyjnego polega na odpowiedniej kolejności mieszania substratów tj wodorotlenku wapnia oraz mieszaniny spieniającej oraz stosunków wagowych pomiędzy nimi, co pozwala na uzyskanie środka wielofunkcyjnego w postaci stałej lub płynnej.

Środek wielofunkcyjny według wynalazku jest więc kompozycją składającą się z wodorotlenku wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ w postaci stałej w ilości od 10 do 97% oraz mieszaniny spieniającej w ilości od 3 do 90%, stanowiącej roztwór wodny kompozycji substancji aktywnych, tj glikolu heksylenowego (2-methyl-2,4-pentanediolu, chlorku sodu (NaCl) oraz dichlorku N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowego, posiadających właściwości powierzchniowo czynne, dyspergujące, stabilizujące oraz

15 pianotwórcze.

Glikol heksylenowy (2-methyl-2,4-pentanediol); jako środek powierzchniowo czynny o charakterze emulgatora, pełni także rolę doskonale stabilizującą mieszaninę. Ma stosunkowo wysoką lepkość i niską lotność. Nadto posiada własności denaturujące, powodując szybsze żelowanie mieszaniny wodnej.

20 Chlorek sodu (NaCl); dodatkowo stabilizuje całą kompozycję substancji aktywnych.

Dichlorek N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowy, grupa kationowa czwartorzędowych soli amonowych nadaje mieszaninie spieniającej dużą aktywność powierzchniową, czyli zdolność obniżania napięcia powierzchniowego, co ma niezwykle istotne znaczenie w tworzeniu aktywnej piany do spieniania asfaltów drogowych. Związek ten ponadto wykazuje doskonałą zdolność do łatwej dysocjacji

25 w wodzie, co wyróżnia go jako doskonały składnik mieszaniny spieniającej

Mieszanina spieniająca składa się z kompozycji substancji aktywnych, tj:

- glikolu heksylenowego (2-methyl-2,4-pentanediolu), w ilości od 0,6% do 26,8% m/m w stosunku do masy mieszaniny spieniającej
- 30 – chlorku sodu (NaCl) w ilości od 0,01% do 3,4% m/m w stosunku do masy mieszaniny spieniającej

- dichlororku N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowego w ilości od 0,7% do 30,2% m/m w stosunku do masy mieszaniny spieniającej, oraz
- wody, w ilości stanowiącej dopełnienie składu mieszaniny do 100%.

5

Mieszaninę spieniającą wytwarza się poprzez mieszanie składników do osiągnięcia pełnej homogenizacji, przy wykorzystaniu mieszalników zaopatrzonych w mieszadła o regulowanych obrotach lub z wykorzystaniem homogenizatorów, do których podaje się kompozycję substancji aktywnych oraz wodę w proporcjach o założonym uprzednio stężeniu kompozycji substancji aktywnych w wodzie, wynikającym z planowanego wykorzystania w wytwarzaniu asfaltów spienionych, po uprzednim określeniu udziału procentowego mieszanki mineralnej i asfaltu oraz innych dodatków stosowanych powszechnie do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych, o czym szczegółowo w dalszej części opisu.

10

15

Liczne badania ujawniły, że środek wielofunkcyjny według wynalazku to doskonały środek do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych. Może on występować w różnych postaciach, zachowując swoje funkcje m.in. spieniające, wzmacniające efekt adhezji pomiędzy asfaltem a mieszanką mineralną, zmieniające reologię asfaltu, zwiększające czas półtrwania asfaltu spienianego.

20

Okazało się również, że na postać środka wielofunkcyjnego ma istotny wpływ sposób jego wytworzenia, tj. kolejność dodawania substratów, czyli dodawania mieszaniny spieniającej do wodorotlenku wapnia lub dodawania wodorotlenku wapnia do mieszaniny spieniającej.

25

W zależności więc od sposobu wytworzenia środka wielofunkcyjnego, uwzględniającego kolejność dodawania substratów, stężenie roztworu wodnego mieszaniny spieniającej w stosunku do wodorotlenku wapnia oraz w zależności od stężenia kompozycji substancji aktywnych w mieszaninie spieniającej, środek wielofunkcyjny przyjmuje następujące postaci:

30

- postać stałą, od częściowo zagregowanych cząsteczek wodorotlenku wapnia do postaci pasty lub

- postać płynną o różnych stopniach gęstości i lepkości, jako stabilny roztwór zdyspergowanych cząsteczek wodorotlenku wapnia, zawieszonych w środowisku roztworu mieszaniny spieniającej.

5 W pierwszym wariantcie wykonania wynalazku, środek wielofunkcyjny składa się z 45 do 97% m/m wodorotlenku wapnia oraz od 3 do 55% m/m mieszaniny spieniającej, zaś sposób wytworzenia środka wielofunkcyjnego polega na stopniowym, powolnym dodawaniu mieszaniny spieniającej do wodorotlenku wapnia i wolnym, stabilnym, mechanicznym mieszaniu substratów w temperaturze otoczenia, do uzyskania mieszaniny o jednolitej strukturze. Do wytworzenia środka wielofunkcyjnego stosuje się mieszalniki substancji stałych lub mieszalniki zaopatrzone w mieszadła 10 niskoobrotowe np. o budowie ramowej, kotwicowej, krzyżowej, mieszanej lub homogenizatory. Środek wielofunkcyjny tak wytworzony jest mieszaniną przyjmującą stałą postać od zagregowanych cząsteczek wodorotlenku wapnia do pasty, przy czym:

- mieszanina spieniająca w ilości od 3 do 15% m/m, dodawana stopniowo, małymi 15 porcjami w trakcie stabilnego mieszania do wodorotlenku wapnia w ilości od 85 do 97% m/m, pozwala na otrzymanie sypkiego materiału z zagregowanymi cząsteczkami wodorotlenku wapnia;
- mieszanina spieniająca w ilości od 15 – 28% m/m, dodawana stopniowo, małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do wodorotlenku wapnia 20 w ilości od 72 do 85% m/m pozwala na uzyskanie środka wielofunkcyjnego w postaci lekko sklejonych granul o wielkości od 1 do 3 mm.;
- mieszanina spieniająca w ilości od 28 do 32% m/m, dodana stopniowo, małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do wodorotlenku wapnia w ilości od 68 do 72% m/m skutkuje wytworzeniem środka 25 wielofunkcyjnego w mocno sklejonej, stałej postaci,
- mieszanina spieniająca w ilości od 32 do 55% m/m dodawana stopniowo, małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do wodorotlenku wapnia w 30 ilości 45 do 68% m/m powoduje powstanie twardej pasty, przechodzącej w miarę wzrostu stężenia mieszaniny spieniającej do mocno napowietrzonej, lekkiej pasty.

Wodorotlenek wapnia pełni w tym przypadku rolę nośnika dla mieszaniny spieniającej oraz po zastosowaniu środka wielofunkcyjnego w procesie spieniania asfaltu, pełni rolę dodatku poprawiającego adhezję pomiędzy ziarnami kruszywa a asfaltem, zaś

mieszanina spieniająca obniża napięcie powierzchniowe, powodując doskonałe spienianie asfaltu w środowisku mieszanki mineralno-asfaltowej oraz zmienia reologię asfaltu.

5 W drugim wariantcie wykonania wynalazku, sposób wytworzenia środka wielofunkcyjnego polega na stopniowym dodawaniu w trakcie stabilnego mieszania, porcji wodorotlenku wapnia w postaci proszku w ilości od 10 do 45% m/m do roztworu mieszanki spieniającej w ilości od 55 do 90% m/m oraz mechanicznym mieszanii substratów w temperaturze otoczenia, do uzyskania mieszanki o jednolitej strukturze, przy czym:

- 10 – wodorotlenek wapnia w ilości od 10 do 28% m/m dodawany stopniowo małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do mieszanki spieniającej w ilości od 72 do 90% m/m pozwala na uzyskanie środka wielofunkcyjnego w postaci płynnego roztworu o różnych gęstościach;
- 15 – wodorotlenek wapnia w ilości od 28 do 35% m/m dodawany stopniowo małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do mieszanki spieniającej w ilości od 65 do 72% m/m pozwala na otrzymanie środka wielofunkcyjnego w postaci lekkiej zawiesiny koloidalnej.
- 20 – wodorotlenek wapnia w ilości od 35 do 40% m/m, dodawany stopniowo małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do mieszanki spieniającej w ilości od 60 do 65% daje emulsyjną postać środka wielofunkcyjnego, zaś
- przy udziale 40 do 45% m/m wodorotlenku wapnia, dodawanego stopniowo małymi porcjami w trakcie stabilnego mieszania do mieszanki spieniającej w ilości 55 – 60% m/m, uzyskuje się napowietrzoną, gęstą emulsję.

25 Należy także wskazać, że zawartość wodorotlenku wapnia od 46 do 48% m/m, dodanego do mieszanki spieniającej, tworzy fazę przejściową pomiędzy postaciami od gęstej emulsji do napowietrzonej pasty.

Do wytworzenia środka wielofunkcyjnego stosuje się mieszadła wysokoobrotowe np. o budowie turbinowej, śmigłowej, impelerowej lub homogenizatory.

30 Środek wielofunkcyjny w drugim wariantcie wykonania wynalazku składa się więc z 10 do 45% m/m wodorotlenku wapnia oraz z 55 do 90% m/m mieszanki spieniającej i ma postać płynnego układu koloidalnego (roztwór koloidalny, zawiesina koloidalna) lub zawiesiny stabilizowanej oraz roztworu mieszanki spieniającej stanowiącej fazę

rozpraszającą lub stabilizującą układu koloidalnego lub zawiesiny stabilizowanej. W procesie spieniania asfaltów, wodorotlenek wapnia zawarty w środku dwufunkcyjnym o wyżej wskazanych postaciach pełni rolę dodatku poprawiającego adhezję pomiędzy ziarnami kruszywa a asfaltem. Roztwór mieszaniny aktywnej pełni rolę spieniającą asfalt i jednocześnie rozpraszającą zdyspergowane cząsteczki wodorotlenku wapnia w środowisku mieszanki mineralno-asfaltowej oraz zmienia reologię asfaltu.

Badania i próby wykazały, że środek wielofunkcyjny uzyskany w postaci płynnego układu koloidalnego powoduje:

- znaczne zwiększenie efektu spieniania asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej w stosunku do dotychczas używanych sposobów spieniania za pomocą wody lub wody i dodatku zeolitu,
- ekspansję wodorotlenku wapnia w strukturze piany asfaltowej,
- zmianę reologii asfaltu,

zaś środek wielofunkcyjny w postaci zagregowanych cząsteczek wodorotlenku lub pasty powoduje:

- znaczne zwiększenie efektu spienienia asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych, przy czym wodorotlenek wapnia jest nośnikiem dla mieszaniny aktywnej - spieniającej,
- znaczące wzmocnienie efektu adhezji pomiędzy asfaltem a mieszanką mineralną (kruszywem),
- zmianę reologii asfaltu.

Nieoczekiwanie okazało się także, że substancje aktywne zawarte w mieszaninie spieniającej, wbudowując się w strukturę asfaltu, oprócz wzmocnienia efektu spienienia, dodatkowo zmieniają reologię lepiszcza asfaltowego - wynikiem czego jest wzrost temperatury mięknięcia asfaltu, co jest niezwykle pożądanym efektem dla uzyskania większej odporności na koleinowanie nawierzchni.

Badania i próby półtechniczne wykazały, że zmiana właściwości asfaltów obserwowalna jest od poziomu 0,03% m/m zawartości kompozycji substancji aktywnych w mieszaninie spieniającej, tj, zawartości kompozycji glikolu heksylenowego (2-methyl-2,4-pentanediolu), chlorku sodu (NaCl), dichlorku N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowego) w stosunku do ilości asfaltu w mieszaninie mineralno-asfaltowej.

W zależności od otrzymanej postaci produktu, środek wielofunkcyjny stosowany do spieniania asfaltu może być wykorzystywany do samodzielnego zastosowania lub do nasączenia materiałów mezoporowatych o naturalnej zawartości wody, w szczególności do nasączenia zeolitu, stosowanego do spieniania asfaltów.

5 Powszechnie wiadomym jest, że w trakcie wykonywania nawierzchni drogowych, wykonawca każdorazowo otrzymuje szczegółowe informacje dotyczące wszystkich parametrów wymaganych do wykonania konkretnej mieszanki mineralno-asfaltowej, co bezpośrednio wynika ze stosowanych norm zawierających wymagania techniczne dotyczące mieszanek mineralno-asfaltowych, wymagania w stosunku do nawierzchni
10 asfaltowych jak również warunków wykonania nawierzchni, uwzględniających warunki techniczne i klimatyczne.

Ze powyżej wskazanych względów, ilość lepiszcza asfaltowego (asfaltu) w mieszance mineralno-asfaltowej, w stosunku do której obliczana jest zawartość środka wielofunkcyjnego musi być każdorazowo ustalana na etapie projektowania składu
15 mieszanki mineralno-asfaltowej (takiej, jak np. wykorzystanej w przykładzie 5). Inaczej ujmując, w kontrakcie na budowę nawierzchni asfaltowej znajduje się wskazanie dokumentu odniesienia z wymaganiami wobec mieszanki mineralno-asfaltowej (tj ilości i specyfikacji mieszanki mineralnej/kruszywa, ilości i rodzaju asfaltu, ilości dodatków w postaci np. wodorotlenku wapnia i/lub zeolitu), po czym w laboratorium drogowym firmy
20 drogowej ustala się skład mieszanki mineralno-asfaltowej (ilość kruszywa każdej frakcji, ilość lepiszcza asfaltowego, ilości dodatków, w tym wodorotlenku wapnia itd.), a kolejno przelicza się ilość środka wielofunkcyjnego dla tego konkretnego, wskazanego w wytycznych i ustalonego w laboratorium składu mieszanki mineralno-asfaltowej.

Przy wytwarzaniu drogowych mieszanek mineralno-asfaltowych stosowane są
25 następujące założenia, określone na podstawie norm i wytycznych obowiązujących w drogownictwie, tj.:

- stosowane przemysłowo (znane), graniczne zawartości asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej, wynoszące od 3,5% do 8,0% m/m,
- stosowane przemysłowo (znane) ilości wodorotlenku wapnia do wytwarzania
30 mieszanek mineralno-asfaltowych bez zeolitu, wynoszące od 1% do 3% m/m w stosunku do masy mieszanki mineralno-asfaltowej,

- stosowana przemysłowo (znana) do spienienia asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych ilość wody, wynosząca 2,5% +/- 0,5% m/m w stosunku do zawartości asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej z zeolitem lub bez zeolitu.

Po określeniu zawartości asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej, ilości wodorotlenku wapnia w mieszance mineralno-asfaltowej oraz ilości wody, można ustalić zawartość 5 środka wielofunkcyjnego i jego postać. Efektywnie o zawartości środka i jego postaci decyduje ilość wodorotlenku wapnia, zaplanowana dla konkretnej mieszanki mineralno-asfaltowej. Z oczywistych względów, Dopiero po określeniu tychże wartości następuje wyliczenie stężenia kompozycji substancji aktywnych w roztworze wodnym, 10 stanowiącym mieszaninę spieniającą.

Zgodnie z wynalazkiem oraz w zależności od założeń dokonanych przy wyborze konkretnej nawierzchni, środek wielofunkcyjny do spieniania asfaltów może być stosowany zarówno w postaci płynnej jak również w postaci zagregowanych cząsteczek wodorotlenku lub w postaci pasty. W zależności od zastosowanej postaci produktu, 15 środek wielofunkcyjny może być wykorzystywany do samodzielnego zastosowania lub do nasączania materiałów porowatych lub mezoporowatych o naturalnej zawartości wody np. zeolitu, korzystnie w stanie sypkim. Jeżeli do wytworzenia mieszanki mineralno-asfaltowej założono wykorzystanie zeolitu, korzystnym jest, aby stosunek wagowy środka wielofunkcyjnego oraz zeolitu wynosił 1:1.

Wskazana jako najniższa i najwyższa (odpowiednio 1,13% i 60,4% m/m) 20 sumaryczna wartość stężenia kompozycji substancji aktywnych w roztworze wodnym, została określona na podstawie badań i licznych prób póltechnicznych, przy uwzględnieniu powyżej wskazanych założeń, tj. zawartości asfaltu w stosunku do masy mieszanki mineralno-asfaltowej, ilości wody stosowanej przemysłowo do spienienia 25 asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz ilości wodorotlenku wapnia i ilości zastosowanego zeolitu (jeżeli planuje się jego zastosowanie) a także postaci środka wielofunkcyjnego.

Badania dowiodły, że mieszanina spieniająca o stężeniu kompozycji substancji 30 aktywnych wynoszącym zaledwie 1,31% m/m, po mechanicznym wzbudzeniu, np. za pomocą mieszadła o budowie turbinowej, w temperaturze 20°C oraz pod ciśnieniem atmosferycznym tworzy pianę o zwiększonej objętości o ponad 200% w stosunku do

objętości roztworu wyjściowego. Czas półtrwania piany wynosi nie mniej niż 15 min, co skutkuje doskonałą trwałością piany w mieszankach mineralno-asfaltowych.

5 Górne stężenie dla zastosowanej kompozycji substancji aktywnych i pomocniczych w roztworze wodnym mieszaniny spieniającej wynoszące 60,4% m/m, pozwala na jeszcze efektywniejsze osiągnięcie trwałej piany, której objętość wynosi znacznie ponad 200% a czasookres półtrwania co najmniej 15 min.

10 Dla wykorzystania środka wielofunkcyjnego w procesie spieniania asfaltów dla mieszanek mineralno-asfaltowych, w zależności od ustalonego składu mieszanki mineralno-asfaltowej (właściwej dla wymagań wykonywanej nawierzchni), w tym ustaleniu max. zawartości wodorotlenku wapnia, wylicza się wartości stężeń kompozycji substancji aktywnych w mieszaninie spieniającej.

15 Korzystnym skutkiem zastosowania wynalazku jest obniżenie lepkości asfaltu spienionego przez roztwór wielofunkcyjny stanowiący 50% masy zeolitu oraz wodę uwalnianą z zeolitu (jest to tzw. woda zeolitowa), co pozwala na produkcję mieszanki mineralno-asfaltowej w obniżonej temperaturze i łatwiejsze zagęszczanie warstwy z mieszanki mineralno-asfaltowej. Jednocześnie ze środka wielofunkcyjnego wydzielany jest wodorotlenek wapnia, który wpływa na właściwości adhezyjne pomiędzy ziarnami kruszywa a asfaltem w mieszance mineralno-asfaltowej.

20 Jako istotne należy wskazać, że zawartości wodorotlenku wapnia stosowane dotychczas przemysłowo w mieszance mineralno-asfaltowej (1-3% m/m) czyli od 10 do 30 kg na 1000 kg są znacząco większe w porównaniu z zawartościami wodorotlenku w roztworze wielofunkcyjnym. Mimo tego, wodorotlenek wapnia zawarty w środku wielofunkcyjnym działa skutecznie na lepszcze asfaltowe co spowodowane jest bardzo dużą skutecznością wprowadzenia wodorotlenku do lepszcza poprzez pianę asfaltową o bardzo dużej powierzchni kontaktowej. W standardowej mieszance mineralno-asfaltowej znacząca część wodorotlenku pełni funkcje wypełniacza (materiału o wielkości ziaren mniejszych od 0,063 mm), z czego tylko część oddziałuje bezpośrednio na lepszcze asfaltowe. Wprowadzenie wodorotlenku wapnia w sposób wg

25

30 Badania i próby półtechniczne dowiodły, że wykorzystanie środka wielofunkcyjnego do spieniania asfaltów w mieszankach mineralno-asfaltowych oraz zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych, powoduje jednoczesną poprawę adhezji pomiędzy

ziarnami kruszywa a asfaltem, pozwalając tym samym na obniżenie lepkości asfaltu oraz poprawę zagęszczalności w obniżonej temperaturze produkcji i temperaturze zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych. Zbadano, że zmiana właściwości asfaltów obserwowalna jest już od poziomu 0,035% m/m zawartości substancji

5 aktywnych jako składników mieszaniny aktywnej, w stosunku do ilości asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej.

Próby półtechniczne potwierdziły także, że wykorzystanie środka wielofunkcyjnego do spieniania asfaltów w mieszankach mineralno-asfaltowych, oprócz obniżenia temperatury produkcji mieszanki i polepszenia zagęszczalności warstwy mieszanki na

10 budowie, powoduje jednoczesną poprawę adhezji pomiędzy ziarnami kruszywa a asfaltem, pozwalając tym samym na osiągnięcie lepszych właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej w zakresie trwałości, głównie odporności na działanie wody i mrozu. Lepsze przyleganie warstwy lepiszcza asfaltowego do powierzchni ziaren kruszywa osiągnane jest przez zmianę powinowactwa kwaśnego asfaltu do powierzchni

15 kruszywa, najczęściej także o odczynie kwaśnym, przez silnie zasadowy wodorotlenek wapnia (pH ok. 12), dzięki któremu na powierzchni ziaren kruszywa wytrącają się jony wapnia Ca^{2+} . Jony wapnia Ca^{2+} dobrze oddziałują z jonami krzemu Si^{4+} oraz kwaśnym asfaltem, tworząc pewnego rodzaju interfejs, co sprzyja trwalszemu przyleganiu lepiszcza do kruszywa. Korzystne działanie wodorotlenku wapnia w środku

20 wielofunkcyjnym nasila się w przypadku stosowania w mieszance mineralno-asfaltowej kruszyw o odczynie kwaśnym, tzn. zawierających większy udział dwutlenku krzemu SiO_2 . Biorąc pod uwagę fakt, że w skali kraju większość skał magmowych i przeobrażonych, stosowanych w budownictwie drogowym zawiera SiO_2 , pozytywne działanie wodorotlenku wapnia jest istotnym czynnikiem poprawiającym jakość

25 nawierzchni.

Dodatkowym efektem stosowania wodorotlenku wapnia w środku wielofunkcyjnym jest efekt usztywnienia mieszanki mineralno-asfaltowej przekładający się na polepszenie odporności warstwy nawierzchni na deformacje trwałe (koleinowanie).

Zauważono także, że zastosowanie jako składnik mieszanki mineralno-asfaltowej

30 materiału o dużej powierzchni właściwej oraz o dużej objętości mezoporów (zeolitu), umożliwia wchłonięcie znacznej ilości roztworu wielofunkcyjnego, co wpływa na

efektywne spienienie asfaltu przy zmniejszonej ilości dozowanego zeolitu oraz zmniejszenie kosztów produkcji.

Kolejną zaletą stosowania wynalazku jest sposób uwalniania roztworu wielofunkcyjnego z materiałów mezoporowatych. 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.

Sposób spieniania asfaltów według wynalazku polega na dodaniu środka wielofunkcyjnego według wynalazku w postaci pasty lub w postaci roztworu lub w postaci zagregowanych cząsteczek wodorotlenku wapnia do asfaltu lub do mieszanki mineralno-asfaltowej i prowadzi się znanym sposobem proces spieniania asfaltu, przy czym wiadomym powszechnie jest, że asfalt winien być uprzednio podgrzany do temperatury od 145°C do 180°C, mieszanka mineralna winna być podgrzana do temperatury od 115°C do 130°C. Ostatni etap sposobu spieniania asfaltów, tj. kondycjonowanie mieszanki mineralno-asfaltowej prowadzi się w temperaturze od 100 do 130°C.

Wynalazek został przedstawiony w przykładach wykonania, nieograniczających zakresu jego stosowania

Przykład 1

Założenia wyjściowe do ustalenia planowanego składu mieszanki mineralno-asfaltowej, zgodnie z wymaganiami mieszanki mineralno-asfaltowej:

- zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej: 8% m/m
- założone stężenie wodorotlenku wapnia w stosunku do ilości mieszanki mineralno-asfaltowej: 3% m/m
- założone stężenie mieszaniny spieniającej w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 2,5 % m/m
- założone stężenie kompozycji substancji aktywnych w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 0,035% m/m
- wynikowa zawartość środka wielofunkcyjnego: w 1000 kg mieszanki mineralno-asfaltowej: 32,05 kg.

Środek wielofunkcyjny składa się z 93,6% m/m wodorotlenku wapnia oraz 6,4% m/m roztworu mieszaniny aktywnej, przy czym środek wielofunkcyjny został wytworzony poprzez stopniowe dodawanie roztworu mieszaniny aktywnej do wodorotlenku wapnia w postaci proszku, jego zmieszanie do uzyskania homogenicznej postaci. Stężenie kompozycji substancji aktywnych w roztworze wodnym mieszaniny spieniającej wynosi 1,365% m/m. Uzyskany środek wielofunkcyjny ma postać wilgotnego, sypkiego materiału z zagregowanymi cząsteczkami wodorotlenku wapnia, przy czym wodorotlenek wapnia pełni w tym przypadku funkcję nośnika dla mieszaniny spieniającej oraz środka poprawiającego adhezję asfaltu do kruszywa i częściowego wypełniacza dla mieszanki mineralno-asfaltowej. Mieszanina aktywna pełni funkcję środka spieniającego oraz zmieniającego reologię asfaltu.

Skład środka wielofunkcyjnego oraz składniki mieszaniny aktywnej dla Przykładu 1

Wodorotlenek wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 93,60% m/m

Mieszanina spieniająca 6,40% m/m

w tym składniki mieszaniny aktywnej (na 100%):

– glikol heksylenowy 0,600% m/m

– chlorek sodu 0,015% m/m

– dichlorek N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowy - 0,750 % m/m

– woda 98,650% m/m

Przykład 2

Założenia wyjściowe do ustalenia planowanego składu mieszanki mineralno-asfaltowej, zgodnie z wymaganiami mieszanki mineralno-asfaltowej:

– zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej: 8% m/m

– założone stężenie wodorotlenku wapnia w stosunku do ilości mieszanki mineralno-asfaltowej: 1% m/m

– założone stężenie mieszaniny spieniającej w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 2,5 % m/m

– założone stężenie kompozycji substancji aktywnych w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 1,523% m/m

– wynikowa zawartość środka wielofunkcyjnego w 1000 kg mieszanki mineralno-asfaltowej: 12,051 kg.

Środek wielofunkcyjny składa się z 82,981% m/m wodorotlenku wapnia oraz 17,019% m/m roztworu mieszaniny spieniającej, przy czym wytworzenie środka wielofunkcyjnego polega na dodaniu roztworu mieszaniny spieniającej do wodorotlenku wapnia w postaci proszku. Stężenie kompozycji substancji aktywnych w roztworze wodnym mieszaniny spieniającej wynosi 60,3% m/m. Uzyskany środek wielofunkcyjny ma stałą postać lekko sklejonych granul wodorotlenku wapnia o różnej wielkości; przy czym wodorotlenek wapnia pełni w tym przypadku funkcję nośnika dla mieszaniny spieniającej oraz środka poprawiającego adhezję asfaltu do kruszywa i częściowego wypełniacza dla mieszanki mineralno-asfaltowej. Mieszanina spieniająca pełni funkcję środka spieniającego a także zmieniającego reologię asfaltu.

Składniki kompozycji środka wielofunkcyjnego w przykładzie 2.

Wodorotlenek wapnia $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 82,981% m/m

Mieszanina aktywna 17,019% m/m/

w tym składniki mieszaniny spieniającej (na 100%):

- 15 – glikol heksylenowy 26,800 % m/m
- chlorek sodu 3,350 % m/m
- dichlorek N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowy- 30,150% m/m
- woda 39,700% m/m

20

Przykład 3

Założenia wyjściowe do ustalenia planowanego składu mieszanki mineralno-asfaltowej, zgodnie z wymaganiami mieszanki mineralno-asfaltowej:

- zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej: 8% m/m
- 25 – spienienie za pomocą zeolitu połączonego ze środkiem wielofunkcyjnym w stosunku wagowym 1:1 (ZAS_50)
- założone stężenie ZAS_50 w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 5% m/m
- środek wielofunkcyjny wytworzony w postaci kompozycji wodorotlenku wapnia i mieszaniny spieniającej, przy czym stężenie wodorotlenku wapnia w mieszaninie spieniającej wynosi 40% m/m
- 30 – założone stężenie kompozycji substancji aktywnych w stosunku do ilości asfaltu zawartego w mieszance mineralno-asfaltowej: 0,6% m/m

- wynikowa zawartość środka wielofunkcyjnego: w 1000 kg mieszanki mineralno-asfaltowej: 2,105 kg.

Środek wielofunkcyjny składa się z 40% m/m wodorotlenku wapnia oraz 60% m/m roztworu mieszaniny spieniającej, przy czym sposób wytworzenia środka wielofunkcyjnego polega na dodawaniu małymi porcjami wodorotlenku wapnia w postaci proszku do roztworu mieszaniny spieniającej. Stężenie kompozycji substancji aktywnych w roztworze wodnym mieszaniny spieniającej wynosi 38,242% m/m. Uzyskany środek wielofunkcyjny ma postać emulsji, przy czym wodorotlenek wapnia pełni w tym przypadku funkcję środka poprawiającego adhezję asfaltu do kruszywa i zmieniającego reologię asfaltu. Mieszanina spieniająca pełni funkcję środka spieniającego i rozpraszającego wodorotlenek wapnia w strukturze asfaltu oraz zmieniającego reologię asfaltu.

Skład środka wielofunkcyjnego oraz składniki mieszaniny spieniającej dla Przykładu 3

	Wodorotlenek wapnia Ca(OH) ₂	40,00% m/m
15	Mieszanina aktywna	60,0% m/m/
	w tym składniki mieszaniny spieniającej	(na 100%):
	– glikol heksylenowy	16,81% m/m
	– chlorek sodu	0,42% m/m
20	– dichlorek N, N, N', N', N'-pentametylo-N-łoju alkilo-1,3-propanodiamoniowy –	
	21,012 % m/m	
	– woda	61,758% m/m

Przykład 4.

Mieszanekę mineralno-asfaltową z betonu asfaltowego o maksymalnym uziarnieniu kruszywa 16 mm przeznaczoną na warstwę wiążącą - AC 16 W, przygotowywano według poniższego składu.

udział masowy składników w mieszance w %

Nazwa składnika	MM	MMA
Wypełniacz wapienny	6,0	5,7
30 Kruszywa drobne 0/2	33	31,3
Kruszywo grube 2/5	14	13,4
Kruszywo grube 4/8	13	12,4

Kruszywo grube 8/11	14	13,4
Kruszywo grube 11/16	20	19,0

gdzie: MM- mieszanka mineralna

5 MMA- mieszanka mineralno-asfaltowa

Skład środka wielofunkcyjnego oraz składniki mieszaniny spieniającej, jak w Przykładzie nr 3

10 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 roztwór środka wielofunkcyjnego, o stężeniu wodorotlenku wapnia 40% m/m w roztworze mieszaniny spieniającej, w ilości 50% - 50 g w stosunku do masy suchego zeolitu naturalnego.

15 Kolejno do asfaltu 35/50 w ilości 1000 g, rozgrzanego do temperatury 145°C dodano 5% wagowo w stosunku do masy asfaltu, – 50 g zeolitu naturalnego modyfikowanego roztworem wielofunkcyjnym w stosunku 1:1. Następnie mieszano do momentu rozpoczęcia efektu spieniania i spieniony asfalt dodano do mieszanki mineralnej rozgrzanej do temperatury 140°C i mieszano przez 60 sekund. Gotowy zarób wstawiono do suszarki rozgrzanej do temperatury zagęszczania 120°C i kondycjonowano przez 60
20 minut. Następnie wykonano badania cech mieszanki mineralno-asfaltowej. Wyniki badań wytworzonej mieszanki mineralno-asfaltowej przedstawiono w tabeli 6.

Wyniki porównawcze badań zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej wytworzonej w przykładzie wykonania:

25

1. Wyniki dla AC 16 W (beton asfaltowy przeznaczony na warstwę wiążącą o wymiarze największego kruszywa 16 mm)).

Temperatura zagęszczania 140°C

30	Odporność na wodę i mróz ITSR, wg PN-EN 12697-12 [%] [więcej = lepiej] -	83,0
	Odporność na koleinowanie w 60°C , wg PN-EN 12697-22 wskaźnik PRDair [%] [mniej = lepiej] -	4,4
	Odporność na koleinowanie w 60°C , wg PN-EN 12697-22 wskaźnik WTSair [mm/1000] [mniej = lepiej] -	0,06

