

Prof. dr hab. inż. BOGUSŁAW STEFAŃCZYK ¹, Dr inż. PAWEŁ MIECZKOWSKI ^{1,2}

EKOLOGICZNE I TECHNICZNE EFEKTY STOSOWANIA DODATKÓW POWIERZCHNIOWO-AKTYWNYCH SUBSTANCJI PODCZAS PRODUKCJI MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH

Coraz wyższe wymagania w stosunku do nawierzchni asfaltowych, odnośnie nośności i odporności na koleinowanie, wymuszają zmiany w składzie kruszywa i lepiszcza. W przypadku asfaltów obserwuje się tendencje przechodzenia na asfalty twarde i polimeroasfalty. Użycie w technologii mieszanek mineralno-asfaltowych asfaltów twardych wymaga podwyższenia temperatur otaczania, a to z kolei zwiększa zagrożenie ekologiczne (wyziewy węglowodorowe do atmosfery) i obniża efektywność ekonomiczną samego procesu (większe zużycie energii). W związku z w/w zagrożeniami i utrudnieniami bardzo dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie dodatków anionowych, które w momencie otaczania kruszywa zmniejszają lepkość asfaltu umożliwiając produkcję w temperaturze 130–140°C. Po zakończeniu otaczania, tj. w okresie transportu, układania i zagęszczania, następują zmiany strukturalne, prowadzące do utwardzenia masy i korzystnych zmian fizyko mechanicznych oraz trwałości nawierzchni wykonanej wg tej technologii.

Słowa kluczowe: asfalt, substancja powierzchniowo-aktywna, starzenie asfaltu, ferraft, pakwat Fe, kwasy tłuszczowe, dodatki anionoaktywne

1. ASPEKTY TECHNOLOGICZNE PRODUKCJI MMA

Z wielu znanych i obecnie stosowanych technologii drogowych mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA) można wyróżnić procesy na gorąco, na ciepło i na zimno. Jak z powyższego wiadać o podziale na trzy podstawowe technologie decyduje temperatura produkcji, która w głównej mierze warunkuje nie tylko temperaturę kruszywa ale przede wszystkim lepkość lepiszcza asfaltowego, które w momencie mieszania z kruszywem (otaczania) powinno wykazywać optymalną lepkość, wynoszącą ok. 0,2 Pa.s. Warunek ten odnosi się do technologii na gorąco i na ciepło, natomiast w technologii na zimno wymaganą lepkość dobrego zwilżania podłoża mineralnego (np. przy powierzchniowym utrwalaaniu), uzyskuje się poprzez przeprowadzenie asfaltu w stan ciekły w procesie emulsyfikacji w wodzie lub upłynnienia rozpuszczalnikami węglowodorowymi.

Z trzech w/w procesów wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych najkorzystniejsze cechy techniczne oraz trwałość zapewnia technologia na gorąco. Niestety, dążność do uzyskania mieszanek drogowych o wysokiej odporności na koleinowanie powoduje konieczność używania coraz twardszych asfaltów (nawet o penetracji od 10 do 35 × 0,1 mm), co wymusza z kolei podwyższanie temperatur otaczania do 180 a nawet 240°C. Idące w tym kierunku zmiany technologiczne nie pozostają bez wpływu na jakość MMA, bowiem dochodzi często do przegrzewania a nawet koksowania (szkodliwego utwardzania) lepiszcza asfaltowego na gorącej powierzchni ziaren kruszywa mineralnego.

Strukturalne zmiany lepiszcza w wyniku wysokich temperatur prowadzą do obniżenia jakości i trwałości mieszanki drogowej i stąd poszukiwania takich rozwiązań technicznych i technologicznych,

¹ Politechnika Szczecińska

² pawel.mieczkowski@ps.pl

które te negatywne zjawiska ograniczają. Dość istotnym kierunkiem dążeń technicznych w tym zakresie było wprowadzenie pod koniec XX w. nowej konstrukcji otaczarki, której oryginalność polega na zaprojektowaniu poziomego bębna turbulencyjnego o wielofunkcyjnym działaniu. W bębnie tego typu odbywa się jednocześnie suszenie a następnie podgrzanie kruszywa, dozowanie lepiszcza i ewentualnych dodatków adhezyjnych, stabilizujących czy destruktu bitumicznego oraz mieszanie komponentów (rys. 1).



Rys. 1. Bęben suszący wraz z mieszalnikiem w technologii produkcji ciągłej MMA
Fig. 1. Drying drum with mixer in asphalt constant production technology

Ruch obrotowy suszarki i tym samym całego bębna oraz jego pochylenie, przeciwne w stosunku do typowych i ogólnie stosowanych w zespołach suszących, powoduje przesypanie się kruszywa zgodnie z kierunkiem przepływu gorących gazów i pary wodnej. Właśnie obecność pary wodnej w środowisku gorących gazów stwarza korzystne warunki do przebiegu procesów łączenia asfaltu z kruszywem bez szkodliwego zjawiska koksowania asfaltu. Para wodna ze względu na wysoką pojemność cieplną spełnia funkcję regulatora temperatury połączenia. Obok niewątpliwych zalet tego typu otaczarek są również ewidentne wady, do których należy m.in. stosunkowo długi okres dochodzenia instalacji do nominalnej wydajności i homogeniczności produktu, co stanowi bardzo duże utrudnienia w zachowaniu jakości MMA podczas częstych przerw w pracy otaczarki.

Wobec występujących utrudnień w technologii na gorąco zauważa się ostatnio tendencje prowadzące w kierunku takich zmian w procesach produkcyjnych, które utrzymują temperatury wytwarzania na stosunkowo niskim poziomie. Chodzi w tym przypadku o obniżenie temperatury otaczania (niezależnie od stosowanych surowców) o ok. 30°C. Zmiany te pozwalają, z jednej strony ograniczyć straty starzeniowe (starzenie technologiczne) mieszanki mineralno-asfaltowej, a z drugiej zahamować nadmierną emisję węglowodorów aromatycznych do atmosfery i to nie tylko w strefie produkcji, ale również transportu, układania i zagęszczania MMA. Dość prostym i nie wymagającym kosztownych instalacji sposobem obniżenia temperatury jest korzystanie z dodatków powierzchniowo-aktywnych substancji (PAS), które dodane w niewielkiej ilości do asfaltu (już przy ok. 2 % wag.) obniżają zdecydowanie jego lepkość do granicy dobrego zwilżania i otaczania. Dodatki proponowane przez autorów referatu odróżniają się od aktualnie stosowanych w Europie i USA charakterem elektrycznym i składem chemicznym oraz budową strukturalną. Obecnie stosowane preparaty powierzchniowo-aktywne mają charakter kationowy, bazują chemicznie na aminach parafinowych i aromatycznych oraz związkach amoniowych o stosunkowo krótkich łańcuchach węglowodorowych (ilość węgla w łańcuchach

węglowodorowych wynosi ok. 12). Ich zaletą jest wysoka aktywność powierzchniowa, pozwalająca obniżać napięcie powierzchniowe asfaltu, co polepsza jego zwilżalność powierzchni mineralnej (kru-szywa). Bardzo niekorzystną cechą tego typu dodatków, jako związków aminowych, jest niska odpor-ność na wysokie temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Dodatki te, w związku z wrażliwością na temperaturę, powinny być dozowane bezpośrednio do mieszalnika. Często w wyko-nawstwie drogowym dla ułatwienia dodatki te wprowadza się do gorącego asfaltu, znajdującego się w zbiorniku współpracującym z bębniem otaczarki, co jest ewidentnym błędem technologicznym.

Dodatki proponowane przez autorów są preparatami anionoaktywnymi, do produkcji których wykorzystuje się niektóre frakcje ropy naftowej i pozostałość podestylacyjną syntetycznych kwasów tłuszczowych. Proponowane dodatki są odporne na wysokie temperatury, a znaczna zawartość sub-stancji organicznej neutralnej i obecność długiego łańcucha węglowodorowego (ok. 24 węgli w mole-kule), zapewniają tym preparatom dobrą rozpuszczalność w asfalcie, zgodnie z zasadą, że „podobne rozpuszcza podobne”.

Wymienione wyżej właściwości powodują, że wprowadzenie dodatku anionoaktywnego w środowisko asfaltu, nawet stosunkowo twardego o niskiej penetracji, wywołuje duże zmiany struk-turalne, wyrażające się przede wszystkim skokową zmianą lepkości.

2. WYBÓR SUROWCÓW I PREPARATYKA DODATKÓW ANIONOWYCH

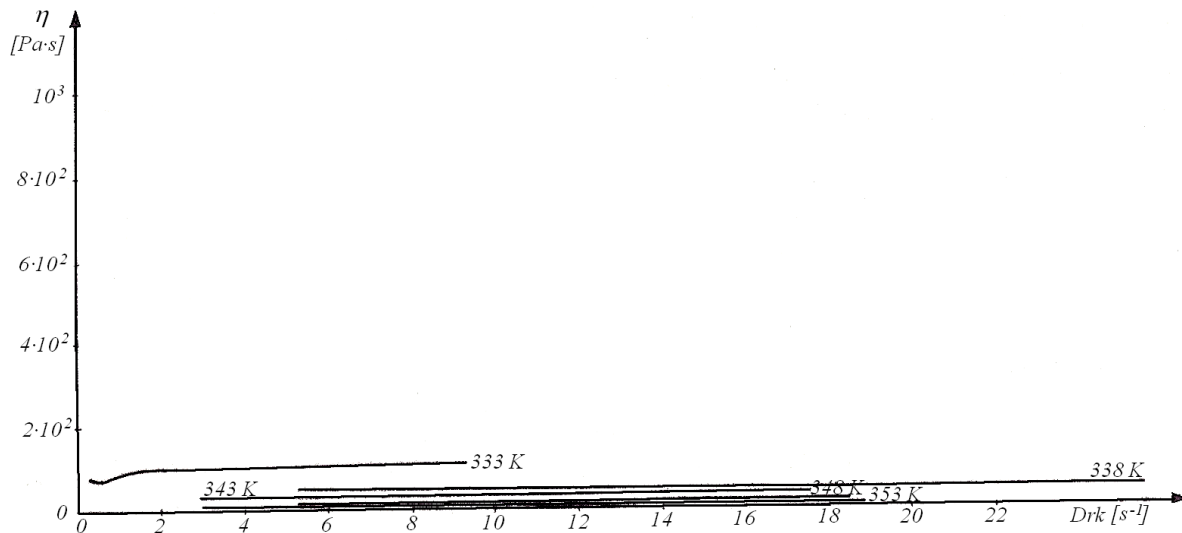
Jak wcześniej zauważono, dodatki anionowe przygotowuje się z substancji węglowodorowych, wy-stępujących w ropie naftowej i pozostałości destylacyjnej syntetycznych kwasów tłuszczowych. W ogólności substancje te składają się z części węglowodorowej neutralnej chemicznie i składnika po-wierzchniowo-czynnego, którym jest kwas naftenowy (w produktach ropopochodnych) i wysokomo-lekularny kwas tłuszczowy (w pozostałości destylacyjnej kwasów tłuszczowych).

Finalny preparat powierzchniowo-aktywnej substancji, który następnie wprowadza się do asfal-tu, otrzymuje się w reakcji chemicznej określonego kwasu z bezwodnym chlorkiem żelazowym. Re-akcje przeprowadza się w podwyższonej temperaturze (60–80°C). Kończącym rezultatem reakcji są sole żelazowe kwasów organicznych, którym nadano nazwy handlowe: Ferronaft i Pakwat Fe.

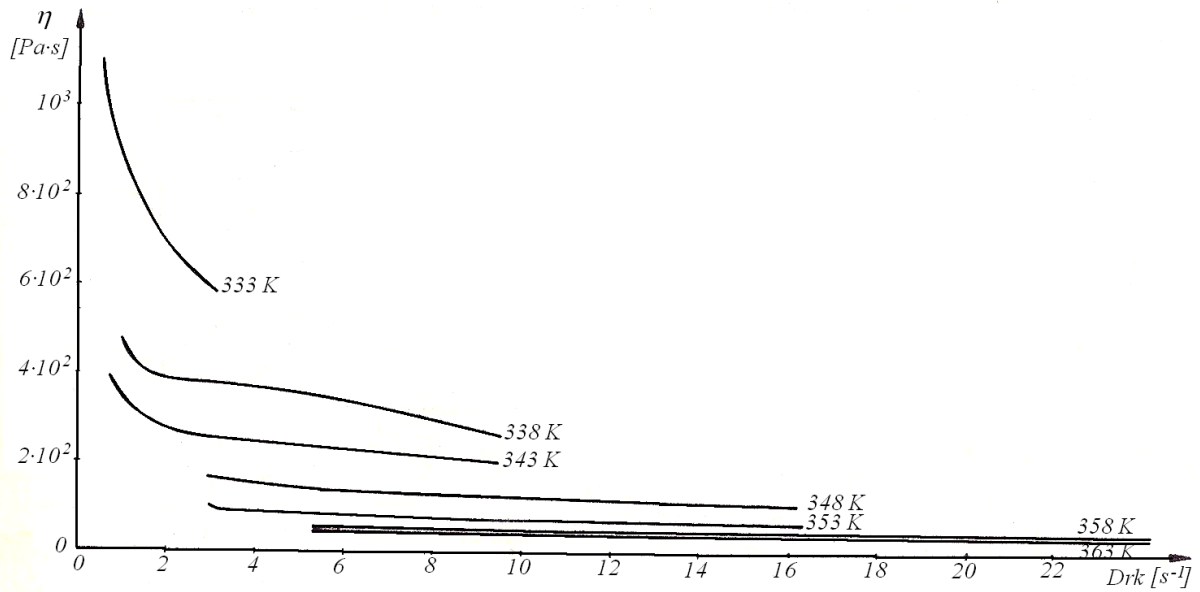
Ogólnie, preparaty w ten sposób otrzymane, należą do grupy związków anionoaktywnych wy-kazujących adekwatne do swojego składu chemicznego właściwości: powierzchniową aktywność, zdolność do łatwego rozpuszczania w składnikach węglowodorowych (a więc również w asfaltach) oraz zdolność do katalizowania procesów oksydacyjnych (utleniania) węglowodorów w obecności tlenu i podwyższonej temperatury. Z punktu widzenia zastosowania w technologii mieszanek mineral-no asfaltowych na gorąco najważniejsze cechy to: zdolność zmniejszania napięcia powierzchniowego i rozpuszczalność w asfaltach, które umożliwiają skokowe obniżenie lepkości podczas otaczania kru-szywa asfaltem oraz zdolność oksydująca, pozwalająca uzyskać korzystne cechy fizykomechaniczne MMA w okresie magazynowania, transportu, rozkładania i zagęszczania mieszanki mineralno-asfaltowej w nawierzchni.

3. WPLYW DODATKÓW ANIONOAKTYWNYCH NA ASFALT I MIESZANKĘ MINERALNO-ASFALTOWĄ

W celu potwierdzenia pozytywnego wpływu dodatków anionowych na asfalt i mieszankę mineralno-asfaltową wykonano badania laboratoryjne trzech asfaltów o zbliżonej konsystencji D 50, D 70 i Dex 50, pochodzących z rafinerii krajowych. Wymienione asfalty modyfikowano pakwatem Fe w ilości 2 %, 3,5 % i 5 % oraz ferronaftem w ilości 1,0 % i 1,5 % w stosunku do ogólnej masy asfaltu. Preparowanie lepiszcza asfaltowego z dodatkami anionowymi wykonywano w laboratorium w warunkach zbliżonych do produkcyjnych. W tym celu wykorzystano termostat z olejem silikonowym (będącym cieczą grzejącą) i mieszadło laboratoryjne ze specjalnie przygotowanymi łopatkami, utrzymujące płynne lepiszcze w ciągłym ruchu. Przed wprowadzeniem odpowiedniej ilości dodatku asfalt w termostacie podgrzewano do temperatury 160°C (433 K) po czym dodawano określoną ilość dodatku. Z pojemnika z asfaltem pobierano próbkę do badań lepkości dynamicznej w lepkościomierzu Rheotest 2 przed wprowadzeniem dodatku i po jego wprowadzeniu, celem upewnienia się o spodziewanych zmianach lepkości. Po dokonaniu niezbędnych pomiarów lepkości na początku procesu modyfikacji, lepiszcze z dodatkiem anionowym utrzymywano jeszcze w pojemniku w temperaturze 160°C przez okres 3 h. Ten drugi okres ogrzewania, w założeniu autorów, miał modelować proces zmian strukturalnych asfaltu w obecności dodatku w warunkach magazynowania, transportu, rozkładania i zagęszczania gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej. Z bogatego zestawu wyników badań zmian lepkości asfaltów modyfikowanych różną zawartością dodatku anionowego wybrano, dla potrzeb niniejszego opracowania, tylko asfalt D 70 (rys. 2–5).

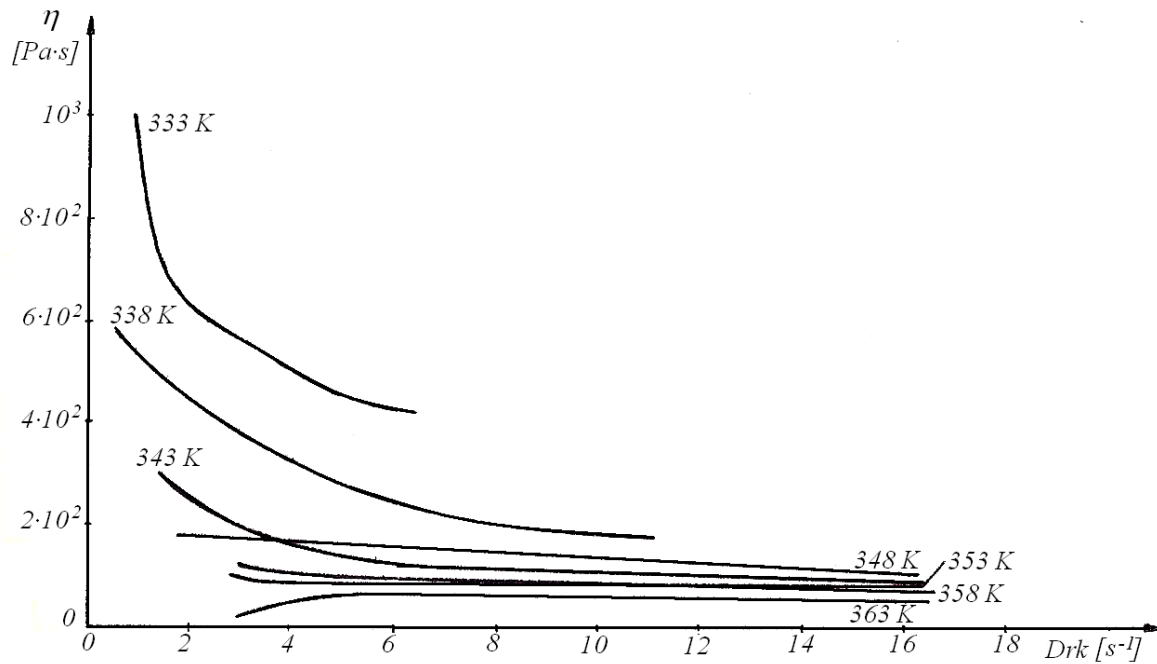


Rys. 2. Zależność lepkości od gradientu ścinania asfaltu D 70 w różnych temperaturach
 Fig. 2. Viscosity dependence of D70 bitumen shearing gradient at various temperatures



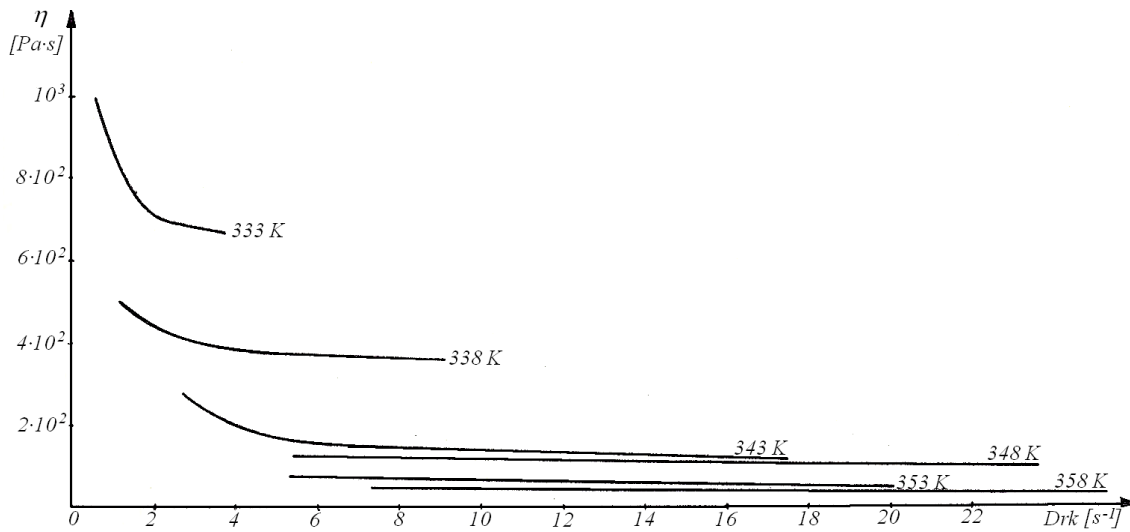
Rys. 3. Zależność lepkości od gradientu ścinania asfaltu D 70+2% pakwatu Fe w różnych temperaturach

Fig. 3. Viscosity dependence of D70+2% Fe pakwat bitumen shearing gradient at various temperatures



Rys. 4. Zależność lepkości od gradientu ścinania asfaltu D 70+3,5% pakwatu Fe w różnych temperaturach

Fig. 4. Viscosity dependence of D70+3% Fe pakwat bitumen shearing gradient at various temperatures



Rys. 5. Zależność lepkości od gradientu ścinania asfaltu D 70+5% pakwatu Fe w różnych temperaturach
 Fig. 5. Viscosity dependence of D70+5% Fe pakwat bitumen shearing gradient at various temperatures

Kolejnym etapem badań nad wpływem związków anionowych na asfalty i mieszanki mineralno-asfaltowe były liczne próby terenowe, w tym również produkcja przemysłowa betonu asfaltowego na warstwy ścieralne dróg krajowych w województwie wrocławskim oraz ulicach miejskich Wrocławia.

4 WNIOSKI

Uzyskane doświadczenia laboratoryjne i terenowe nad możliwością wprowadzania dodatków anionoaktywnych do mieszanek mineralno-asfaltowych umożliwiają sformułowanie następujących wniosków:

- poszukiwanie nowych technologii budowy nawierzchni podatnych, odpowiadających ciągle narastającemu ruchowi drogowemu i obciążeniu na oś, koncentruje się w wielu przypadkach na stosowaniu coraz twardszych asfaltów, co z kolei wymusza stosowanie również odpowiednio wysokich temperatur produkcji;

- wzrost temperatur produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych poza granice 140–160°C powoduje szereg ujemnych zjawisk ekologicznych, technicznych i ekonomicznych, w tym w szczególności: zanieczyszczenie atmosfery wyziewami substancji węglowodorowych, przegrzewaniem lepiszcza bitumicznego prowadzącym do niekorzystnych zmian strukturalnych i przedwczesnego starzenia w nawierzchni oraz nadmiernego zużycia materiałów pędnych;

- metodą, na zminimalizowanie lub całkowite wyeliminowanie wymienionych wyżej utrudnień i zagrożeń, jest zastosowanie w robotach bitumicznych na gorąco preparatów anionowych (np. pakwatu Fe, ferronaftu), które w pierwszym etapie mieszania z asfaltem zmniejszają jego lepkość, a w drugim – w wyniku przebiegu procesów oksydacyjnych – zwiększają lepkość, kohezję i adhezję do ziaren kruszywa. Powoduje to wzrost cech fizykomechanicznych i odporności na starzenie nawierzchni z tymi dodatkami.

LITERATURA

- [1] Stefańczyk B.: *Wpływ dodatków powierzchniowo-aktywnych substancji (PAS) na strukturalno-reologiczne właściwości asfaltów i mieszanin mineralno-asfaltowych wytwarzanych na gorąco*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej Nr 145, Szczecin 1980
- [2] Stefańczyk B.: *Influence of Surface Active Additives on the Properties of Asphalt and Mineral-Asphalt Mixtures*. Archives of Civil Engineering, z. 4/1992
- [3] Stefańczyk B., Mieczkowski P., Jurczak R.: *Technological and Ecological Aspects of Asphalt Modification with the Organo-Metallic Catalysts in the Manufacturing Process of Mineral-Asphalt Mixtures*. 3-rd Euraspphalt und Eurobitume Congress, Vienna 12-14 May 2004

THE ECOLOGICAL AND TECHNICAL EFFECTS OF SURFACTANT ADDITION USE DURING THE PRODUCTION OF MINERAL-ASPHALT MIXTURES

Higher and higher requirements in relation to asphalt pavements, their wheel load capacities and wheel track resistances demand changes in the composition of both aggregates and binder. In the case of bitumen there is a growing tendency to change over to hard and polymer bitumen. The use of hard bitumen in mineral-asphalt mixtures technology requires an increase in surrounding temperatures, which consequently increases the danger to the environment (hydrocarbon fumes in the atmosphere) and reduces the economic efficiency of the process itself (higher energy consumption). Related to these above mentioned hazards and difficulties, an excellent solution is the use of anion supplements which, at the moment of aggregate coating reduce the bitumen viscosity, enabling production at a temperature of 130-140°C. After coating is completed i.e. during transportation, laying and thickening, structural changes are observed with higher durability of pavement made in accordance with this technology.

Keywords: bitumen, surface-active substances, aging bitumen, ferro-naft, pakwat Fe, fatty acids, additions anion active

ÖKOLOGISCHE UND TECHNISCHE EFFEKTE DES EINSATZES VON ZUSATZMITTELN MIT OBERFLÄCHENAKTIVEN SUBSTANZEN FÜR DIE HERSTELLUNG VON MINERAL-ASPHALT-GEMISCHEN

Immer höhere Anforderungen an Asphaltdecken hinsichtlich der Tragfähigkeit und Beständigkeit gegen Spurrinnenbildung erzwingen Änderungen in der Zusammensetzung der Zuschlagstoffe und Bindemittel. Bei Bitumen wird eine Tendenz zum Übergang auf Hart- und Polymerbitumen beobachtet. Der Einsatz von Hartbitumen in der Technologie der Mineral-Asphalt-Gemische erfordert eine Erhöhung der Mischguttemperatur und dies wiederum führt zu erhöhten ökologischen Gefährdungen (Verdampfung der Kohlenwasserstoffe in die Atmosphäre) und zu einer geringeren Wirtschaftlichkeit des gesamten Prozesses (höherer Energieverbrauch). Im Zusammenhang mit den oben genannten Gefährdungen und Schwierigkeiten, ist der Einsatz von Anionenzusatzstoffen eine sehr gute Lösung, die zum Zeitpunkt des Umschließens der Zuschlagstoffe die Bitumenviskosität senkt und dadurch die Produktion im Temperaturbereich von 130 bis 140°C ermöglicht. Nach dem Beenden des Umschließens, also während des Transports, des Einbaus und der Verdichtung, kommt es zu strukturellen Änderungen, die zum Erhärten der Masse und zu günstigen Änderungen im Bereich der physikalisch-mechanischen Eigenschaften und der Dauerhaftigkeit der in dieser Technologie ausgeführten Decken führen.

Stichwörter: Bitumen, oberflächenaktive Substanzen, Aging-Bitumen, ferro-naft, pakwat Fe, Fettsäuren, Zubehör anionaktiv