

EMULSJE ASFALTOWE MOŻNA PODZIELIĆ ZE WZGLĘDU NA RODZAJ FAZY ROZPRASZANEJ I ROZPRASZAJĄCEJ, ZAWARTOŚĆ ASFALTU, Szybkość rozpadu, rodzaj lepiszcza i dodatków

Emulsje asfaltowe i ich funkcje w drogownictwie

Analiza czynników determinujących wybór lepiszcza

Emulsje asfaltowe zastosowano po raz pierwszy w budownictwie drogowym na początku XX w. Aktualnie ich łączna produkcja szacowana jest na ponad 8 mln ton na całym świecie i jest bardzo zróżnicowana w poszczególnych krajach. Największymi wytwórcami emulsji asfaltowych są Stany Zjednoczone, Francja, Meksyk, Brazylia i Niemcy.

O jaki produkt chodzi?

Emulsja asfaltowa jest dyspersją stałych cząstek asfaltu w wodzie, o niejednorodnym układzie składającym się z co najmniej dwóch nie mieszących się cieczy, silnie zdyspergowanych jedna w drugiej. Podstawowy skład emulsji asfaltowej zawiera od 40% do 75% bituminu, od 0,1% do 2,5% emulgatora i od 25% do 60% wody. Celem zapobieżenia rozdzieleniu się cieczy stosuje się związek powierzchniowo czynny, tzw. emulgator.

Cząstki rozproszonego asfaltu mają od 0,1 do 20 mikrometrów średnicy. Podczas produkcji otrzymują odpowiedni ładunek elektryczny. Dzięki odpychającym siłom elektrostatycznym stabilność emulsji ulega znacznej poprawie, co umożliwia jej długotrwałe magazynowanie. Emulsje asfaltowe można podzielić ze względu na rodzaj fazy rozpraszanej i rozpraszającej, zawartość asfaltu, szybkość rozpadu, rodzaj lepiszcza i dodatków. Ze względu na bardzo dobre właściwości przyczepności do kruszyw, praktyczne zastosowanie w drogownictwie mają emulsje kationowe.

Wytwarzanie emulsji asfaltowej jest procesem polegającym na rozdrobnieniu asfaltu w fazie wodnej w postaci małych cząstek. Zamierzony efekt uzyskuje się dzięki włożeniu dużej energii mechanicznej przy jednoczesnym zastosowaniu emulgatora. Emulgator spełnia w emulsji asfaltowej trzy podstawowe funkcje:

- obniża napięcie powierzchniowe między dwiema fazami, tj. wodą i asfaltem,
- stabilizuje emulsję,
- poprawia przyczepność.

Podczas stosowania emulsji asfaltowej następuje jej rozpad z rozdzielaniem na fazę asfaltową i wodną. Asfalt zaczyna wówczas pełnić właściwą rolę lepiszcza, a wydzielona z rozpadu emulsji woda odparowuje z mieszanki mineralno-asfaltowej, bądź ze skroplonego emulsją podłoża.

Rodzaje technologii emulsyjnych

Istnieje wiele rodzajów technologii emulsyjnych. Najstarszym i najprostszym sposobem jest wykonanie skropienia nawierzchni emulsją asfaltową i posypanie jej odpowiednim grysem. Zmechanizowanie tych prac uzyskano poprzez wprowadzenie remonterów, czyli urządzeń zaopatrzonych w dwukomorowy zasobnik kruszywa, zbiornik na emulsję, sprężarkę powietrza, system podgrzewania emulsji i kruszywa oraz wysięgnik.

Naprawę wykonuje się, oczyszczając miejsce uszkodzenia sprężonym powietrzem, skrapiając je emulsją pod ciśnieniem, wprowadzając grys otoczony emulsją i posypując miejsca naprawy suchym grysem. Zaletą takiej technologii jest bardzo dobra jakość naprawy wykonanej otoczonym grysem, wysoka wydajność i oszczędność materiałów oraz natychmiastowa gotowość sprzętu do pracy i jego duża mobilność.

Drugim rodzajem technologii emulsyjnych jest powierzchniowe utrwalenie dróg, którego celem jest powstanie szorstkiej warstwy ścierniczej, uszczelnienie nawierzchni i powstrzymanie jej destrukcji oraz poprawienie estetyki drogi i uzyskanie jednolitego wyglądu nawierzchni. Proces ten realizuje się poprzez skropienie uszorstnioną powierzchnią emulsją asfaltową, posypa-

nie kruszywem i wałowanie. Wykonana w ten sposób nawierzchnia może być jedno-, dwu- lub trójwarstwowa.

Nawierzchnia jednowarstwowa jest szybką i ekonomiczną metodą konserwacji, odnowy i uszorstnienia. Najlepsze efekty uzyskuje się z zastosowaniem szybko rozpadowej emulsji kationowej i grysów frakcji 5-8 mm otrzymanych z twardych skał. Nawierzchnia dwuwarstwowa stosowana jest na drogach o znacznie większym obciążeniu ruchem. Technologia wykonania rozbudowana jest o wykonanie na pierwszej warstwie warstwy dodatkowej z drobniejszego kruszywa, po wcześniejszym ponownym skropieniu odpowiednią ilością emulsji. Nawierzchnia trójwarstwowa jest metodą podobną do pozostałych, z tym, że warstwę spodnią wykonuje się z grubszego kruszywa, natomiast do pozostałych dwóch warstw używa się mniejszej ilości drobnego kruszywa niż w metodzie dwuwarstwowej. Ostatnim opisanym tutaj rodzajem technologii emulsyjnej jest zabieg wykonania „cienkich warstw asfaltowych na zimno”. Ogólna nazwa tej technologii wywodzi się z terminologii angielskiej slurry surfacing. Mieszanka jest wytwarzana i wbudowywana na miejscu. Proces wytwarzania cienkiej warstwy na zimno jest skomplikowany. W trakcie mieszania składników zachodzą różnorodne reakcje chemiczne i fizyko-chemiczne rozpadu emulsji i powstania cienkiej warstwy asfaltowej o dobrej adhezji, kohezji oraz szorstkości. Cienkie warstwy asfaltowe na zimno stosowane są w pracach utrzymaniowych, przy rekonstrukcji oraz przy budowie nowych dróg. Zastosowanie tej technologii pozwala na ulepsze-

nie tekstury i poprawę szorstkości, poprawę równości i wypełnienie kolein oraz uszczelnienie lekko spękanych powierzchni, a w przypadku nowych dróg – wykonanie tzw. warstwy ścieralnej. Cienkie warstwy na zimno mogą być układane na wszelkiego rodzaju nawierzchniach, zarówno podatnych, jak i sztywnych. Minimalna grubość stosowana w praktyce wynosi około 1 cm.

Osobną grupą wyrobów wykorzystywaną do drobnych robót nawierzchniowych, wymagającą omówienia, są mieszanki mineralno-asfaltowe na zimno.

Mieszanki z emulsją asfaltową służą do uzupełniania ubytków uszkodzonych nawierzchni lub usuwania skutków przekopów. Mieszanka jest szczelnie pakowana, co pozwala na jej długotrwałe składowanie. Specjalnie dobrany skład gwarantuje natomiast odpowiednie zachowanie się mieszanki w trakcie wbudowania. Po nałożeniu warstwy o grubości ok. 5 cm należy mieszankę ubić. Z każdym następnym nałożeniem kolejne warstwy ponownie trzeba ubić. Po wypełnieniu całego wgłębienia powierzchni wystarczy ją wyrównać i zagęścić wibratorem powierzchniowym.

Rozwój technologii emulsyjnych

Drogownictwo jest branżą interdyscyplinarną, w której zaawansowana wiedza z zakresu budownictwa, fizykochemii, materiałoznawstwa i innych nauk wymusza współpracę co najmniej kilku sektorów. Przykładowo w firmie Flukar realizowane jest przedsięwzięcie, którego podstawowym celem jest demonstracja innowacyjnej technologii wytwarzania emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych, charakteryzujących się lepszymi parametrami wytrzymałościowo-szczepnymi w stosunku do obecnie stosowanych w drogownictwie.

Zaproponowane rozwiązania zakładają współdziałanie czterech węzłów technologicznych: produkcji asfaltu zmodyfikowanego, produkcji nanowłókien, upłynniania, oczyszczania i modyfikacji polimerów odpadowych oraz produkcji emulsji.

Wprowadzenie nanowłókien polimerowych do końcowego etapu produkcji emulsji asfaltowej winno przyczynić się do wzrostu odporności niskotemperaturowej, która jest jedną z głównych przyczyn odspojenia głównych warstw nawierzchni drogowej oraz do poprawy właściwości mechaniczno-sprężystych w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Przewiduje się, że w wyniku wdrożenia nowego sposobu wytwarzania emulsji asfaltowej modyfikowanej recy-

klatem polimerowym i nanonapełniaczami mineralnymi (montmorylonit MMT i nanokrzemionka) nastąpi wydłużenie cyklu życia nawierzchni asfaltowej i poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Czynniki determinujące wybór lepiszcza dla nanoemulsji asfaltowej

Jak już zaznaczono na wstępie, głównym składnikiem emulsji asfaltowej jest lepiszcze, które mając największy udział w gotowym produkcie, determinuje jego właściwości. Dlatego tak istotny w procesie wytwarzania emulsji jest odpowiedni wybór lepiszcza asfaltowego. Różnorodność klas emulsji asfaltowych i szereg konfigurowalnych możliwości ich stosowania uniemożliwia wskazanie jednego uniwersalnego rodzaju asfaltu do jej produkcji. Emulsje asfaltowe wykorzystywane są przy budowie i remontach dróg wszystkich kategorii ruchu, zwłaszcza tam, gdzie nie ma możliwości wyznaczenia objazdów, a trzeba wznowić ruch drogowy w krótkim czasie po wykonaniu naprawy. Stosowane są także wówczas, gdy wykonawcy robót zależy na poprawie właściwości użytkowych nawierzchni, a więc zwiększeniu żywotności drogi bez stosunkowo wysokich kosztów. Emulsji asfaltowych używa się również do niżej położonych warstw konstrukcji na tych drogach, które utraciły swoją nośność oraz w miejscach, w których należy skutecznie połączyć wcześniej wybudowaną nawierzchnię z tą nowopowstającą.

W Polsce emulsje asfaltowe wykorzystuje się obecnie najczęściej do wykonania połączeń międzywarstwowych. Trzeba podkreślić, że do produkcji emulsji asfaltowej należy dobierać rodzaje asfaltów pod kątem konkretnej technologii drogowej. Dla połączeń międzywarstwowych głównymi czynnikami emulsji są:

- 1.A – czynnik szczepności pomiędzy poszczególnymi warstwami - powoduje, że konstrukcja nie pracuje jako „całość”. W konsekwencji prowadzi do uszkodzeń nawierzchni i utraty jej trwałości, co obecnie jest nieakceptowalne, choćby ze względu na wydłużone okresy udzielanej przez wykonawcę gwarancji.
- 1.B – czynnik wszechstronności emulsji asfaltowej i możliwości jej wykorzystania do różnych technologii drogowych – jedna emulsja wiele zastosowań.
- 1.C – czynnik wrażliwości temperaturowej po rozpadzie emulsji – zachowanie optymalnych właściwości szczepnych w jak najszerszym zakresie temperaturowym.
- 1.D – czynnik stabilności okresowej – możliwość długotrwałego przechowywania.

Czynniki od 1.A do 1.C można uznać za główne determinanty doboru lepiszcza do produkcji emulsji asfaltowej, jednakże oparcie się tylko na czterech kryteriach nie daje możliwości dokonania pełnej analizy. Z tego powodu uwzględniono dodatkowe kryteria, które mają na celu wskazanie optymalnego rodzaju lepiszcza oferującego najszersze możliwości wykorzystania. Dodatkowe kryteria analizowano w oparciu o następujące czynniki:

- 2.A – czynnik modyfikacji polimerami w optymalnym zakresie temperaturowym pracy lepiszcza.
- 2.B – czynnik jakościowy asfaltu – obejmujący wyniki w poszczególnych badaniach.
- 2.C – czynnik bezpieczeństwa dostaw – zapewnienie stałych dostaw o porównywalnych parametrach jakościowych.
- 2.D – czynnik ekonomiczny – cena zakupu surowca.

Czynnik szczepności międzywarstwowej 1.A

Szczepność lub wiązanie między warstwami asfaltowymi ma zasadnicze znaczenie dla trwałości nawierzchni drogowej. Dzięki szczepności zespół warstw konstrukcji może przenosić naprężenia ścinające i odrywające. Jeżeli pomiędzy warstwami konstrukcji wystąpi poślizg, wówczas jej nośność gwałtownie spada i może ulec uszkodzeniu. Jeżeli natomiast nastąpi odspojenie, wówczas nawierzchnie nie będą z sobą współpracować. To z kolei skutkować będzie szybkim ubytkiem w miejscu odspojenia. Niewystarczające powiązanie międzywarstwowe powoduje zwiększone ugięcia nawierzchni, te zaś generują zwiększone odkształcenia i naprężenia rozciągające na spodzie poszczególnych warstw. Przy nałożeniu się niekorzystnych warunków obciążenia, temperatury i stanu konstrukcji mogą wystąpić przedwczesne deformacje, wyrzuczenia, boczne przesunięcia lub uszkodzenia strukturalne w postaci spękań, wyłomów czy ubytków. Trwałość zmęczeniowa wielowarstwowej konstrukcji nawierzchni drogowej zależy więc zarówno od szczepności pomiędzy warstwami konstrukcji, jak i od temperatury w jakiej pracuje konstrukcja. Im temperatura jest niższa, tym większe działanie destrukcyjne wywiera na konstrukcję drogi.

Dla czynnika 1.A. asfalt pełniący funkcję lepiszcza jest ciałem reologicznym, którego właściwości mechaniczne są ściśle zależne od temperatury i czasu obciążenia.

Z analizy badań literaturowych wynika, że wyższą szczepność międzywarstwową uzyskano, stosując emulsję wyprodukowaną z

asfaltu o indeksie penetracji 35/50, jednakże wzrost jego sztywności wraz ze spadkiem temperatury łamliwości, a także problemy z uzyskaniem długiej trwałości magazynowania powyżej trzydziestu dni, powodują jego wykluczenie jako preferowanego lepiszcza do emulsji dla połączeń międzywarstwowych o długim czasie magazynowania dla rejonu Europy, jakim jest Polska.

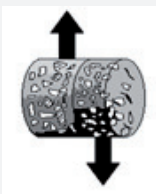
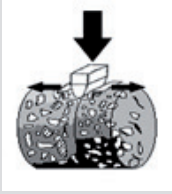


Niewiele mniejsze wartości wytrzymałości szczepności międzywarstwowej uzyskuje się z asfaltów o wyższym indeksie penetracji 50/70 lub 70/100. Asfalty te można rekomendować jako podstawowy surowiec do produkcji emulsji asfaltowej służącej do złączenia warstw. Należy jednak uwzględnić aktualną powszechną praktykę stosowania różnych rodzajów modyfikatorów asfaltowych, które zmieniają znacząco parametry lepiszcza celem podniesienia właściwości wytrzymałościowych. Mając na uwadze powyższe, dla całego kryterium czynnika determinującego szczepność międzywarstwową (1.A) należy zastosować asfalt o penetracji w zakresie 70/100, dający najszersze możliwości wpływania na końcowe właściwości emulsji asfaltowej bez użycia dodatkowych czynników chemicznych.

Czynnik wszechstronności zastosowania emulsji asfaltowej 1.B

Najczęstszym zastosowaniem emulsji asfaltowej w Polsce jest wykorzystanie jej w technologii łączenia warstw asfaltowych. Do tej technologii mogą być stosowane emulsje o dowolnym czasie rozpadu, tj. szybko-, średnio- i wolnorozpadowe. W przypadku stosowania emulsji do łączenia warstw asfaltowych wykonywanych z asfaltem 50/70 należy stosować emulsję wykonaną z asfaltu 70/100. Dlatego dla największego potencjalnie wskaźnika zapotrzebowania na emulsję asfaltową do połączeń międzywarstwowych zaleca się stosowanie emulsji asfaltowych wytworzonych na bazie asfaltu 70/100 lub 50/70.

Czynnik wrażliwości temperaturowej na stabilność emulsji 1.C

Do oceny wpływu wrażliwości temperaturowej emulsji asfaltowej po rozpadzie niezbędna jest elementarna znajomość rodzaju i udziału procentowego lepiszcza w niej występującego. Produkty specjalistyczne o wysokiej zawartości asfaltów modyfikowanych polimerami przeznaczone są do stosowania w krótkim okresie (zwykle mniej niż jeden tydzień) po zakończeniu procesu

model metody badawczej		metoda badawcza szczepności
ściananie proste		aparatus Leutnera, aparatus LPDS, modyfikacje prasy Marshalla, aparatus skrzynkowy, aparatus ASTRA
rozłupywanie		klinowy test rozłupywania
odrywanie		test odrywania – "pull-off"
skręcanie		badanie ścinania przez skręcanie

produkcji. Zalecenia dotyczące przechowywania i użycia emulsji asfaltowej są każdorazowo ustalane przez producenta na podstawie badań laboratoryjnych. Średnie zalecane temperatury przechowywania i użycia emulsji zdefiniowane przez producentów zawierają się w zakresie 40-75°C i są ściśle zależne od rodzaju emulsji. Przy okresie przechowywania dłuższym niż siedem dni należy regularnie mieszać emulsję asfaltową, aby przeciwdziałać jej segregacji. Zastosowanie do produkcji miękkich asfaltów zmniejsza zakres temperatury przechowywania i użycia na budowie, ze względu na niższe zapotrzebowanie energetyczne.

Niektóre modyfikowane kationowe emulsje asfaltowe o wysokiej lepkości nie są trwałe i następczą trudności w operowaniu nimi w temperaturze otoczenia rzędu 25°C. W konsekwencji zalecane jest przechowywanie tych emulsji w temperaturze wyższej niż 50°C w czasie pomiędzy pobraniem, badaniem próbek a użyciem na budowie.

Dodatkowo zaleca się, aby badania laboratoryjne emulsji modyfikowanych były przeprowadzane w czasie, kiedy emulsje są jeszcze stabilne. W zakresie wrażliwości temperaturowej i stabilności emulsji asfaltowej oraz zapotrzebowania energetycznego potrzebnego na utrzymanie emulsji w zalecanych temperaturach użytkowych zastosowanie asfaltu o wyższym indeksie penetracji 70/100, 100/150 daje lepsze efekty niż użycie asfaltów twardych.

Czynnik stabilności okresowej 1.D

Zapewnienie długookresowej możliwości przechowywania zależne jest od zastosowanego emulgatora użytego do produkcji asfaltu. Niezwykle istotne jest odpowiednie dobranie substancji powierzchniowo czynnych do określonego rodzaju asfaltu oraz funkcji, jaką ma pełnić emulsja asfaltowa. Drugim czynnikiem warunkującym możliwość długotrwałego przechowywania emulsji jest wielkość globul fazy rozproszonej. Emulsja o większej dyspersji będzie trwalsza ze względu na mniejszą masę pojedynczej globuli asfaltowej. Z punktu widzenia czynnika stabilności okresowej, przy zachowaniu warunku, że produkcja i użytkowanie emulsji odbywa się w zalecanych temperaturach, może być stosowany zarówno asfalt o penetracji 70/100, jak i asfalt o penetracji 50/70 lub 35/50. Mając jednak na uwadze występujące odstępstwa wykonawców od zaleceń, użycie asfaltu o wyższym indeksie penetracji 70/100 wpływa korzystniej niż zastosowanie asfaltu o indeksie penetracji 50/70 lub 35/50.

Czynnik modyfikacji polimerami 2.A

Lepiszczce asfaltowe w mieszanice mineralno-asfaltowej wiąże ziarna mineralne, tworząc monolityczny kompozyt o określonych cechach. Liczne badania wykazały, że właściwości reologiczne mieszanek mineralno-asfaltowych wynikają przede wszystkim z właściwości lepiszcza asfaltowego. Poprawienie charakterystyki reologicznej asfaltu jest możliwe na drodze wprowadzenia do układu odpowiednich dodatków modyfikujących. Zalicza się do nich elastomery, takie jak SBS i SIS. Powodują one poprawę odporności lepiszczy na powstawanie kolein i spękań niskotemperaturowych w zakresie temperatur eksploatacyjnych nawierzchni (od -30°C do +60°C).

Jako modyfikatory polimerowe wykorzystuje się także tworzywa termoplastyczne (polietylen, polipropylen, kopolimery EVA, polichlorek winylu), które poprawiają odporność lepiszczy na powstawanie trwałych odkształceń wysokotemperaturowych (kolein) oraz polepszają inne właściwości mechaniczne. Zastosowanie znajdują także tworzywa chemoutwardzalne, jak choćby żywice epoksydowe.

Kompozyty asfalt-polimer stanowią układy dwuskładnikowe, o których stabilności decydują uwarunkowania termodynamiczne. Dobra kompatybilność składników ogranicza zjawiska segregacji fazowej i zapewnia stabilność mieszaniny w warunkach wytwarzania i składowania.

Z analiz literaturowych oraz badań i doświadczeń wynika, że lepiszcza zawierające dodatki modyfikujące charakteryzują się lepszymi właściwościami reologicznymi. Zakładając możliwość modyfikacji asfaltu bazowego, służącego jako podstawowy surowiec do produkcji emulsji asfaltowej do złączenia warstw, należy mieć na uwadze przyszłe możliwości wprowadzania różnych dodatków modyfikujących. Zastosowanie dodatków modyfikujących prowadzi do obniżenia indeksu penetracji oraz wzrostu temperatury mięknięcia lepiszcza. Wybór asfaltu o indeksie penetracji 70/100 daje lepszą perspektywę do uzyskania bardziej uniwersalnego asfaltu niż asfalt 100/150, 160/200 lub 50/70.

Czynnik jakościowy asfaltu 2.B

Wszystkie przebadane asfalty zachowują swoje właściwości w zakresie obowiązujących norm z uwagą, że producenci krajowi osiągają w badaniach wyższą temperaturę łamliwości.

Czynnik bezpieczeństwa dostaw 2.C

Zachowanie wiodących przedsiębiorstw produkcyjnych i logistycznych wskazuje, iż poszukując przewagi kosztowej, zwracają się oni w kierunku minimalizacji strat w łańcuchach dostaw. Każde spojrzenie na łańcuch dostaw powinno uwzględniać punkty widzenia dostawcy usługi, właściciela towaru oraz interesu społecznego. Specyfika branży drogowej wynika przecież także z tego, że 99% zamówień realizowanych jest w oparciu ustawy o zamówieniach publicznych. Pod uwagę wzięć należy również przykłady luk bezpieczeństwa w imporcie towarów ze wschodu, co związane jest z optymalnym progiem poziomu kosztów weryfikacji przyjmowanego towaru. Każdorazowa zmiana dostawcy surowca wiąże się z dodatkowymi kosztami pojawiającymi się po stronie przedsiębiorstwa produkującego emulsję asfaltową. Wynika to z konieczności ponownego dostosowania receptury wejściowej, celem ujednoczenia cech dostarczonego towaru.

Czynnik ekonomiczny 2.D

Planowanie zapotrzebowania materiałowego to jeden z elementów usprawniających zarządzanie produkcją. Stanowi ono zbiór procesów pozwalających wyznaczyć zapotrzebowanie na zasoby materiałowe do produkcji: surowce, artykuły, komponenty. Planowanie zapotrzebowania materiałowego ma za zadanie obliczyć dokładną ilość zasobów materiałowych ściśle powiązaną z terminarzem dostaw, w taki sposób, aby sprostać ciągle zmieniającemu się popytowi na poszczególne produkty. Jednocześnie musi utrzymywać jak najniższe możliwe stany magazynowe surowców wykorzystywanych do produkcji w ścisłym związku z jak najniższymi stanami magazynowymi produktów gotowych. Określenie optymalnego łańcucha dostaw w korelacji z najniższą ceną jest ekonomicznym uzasadnieniem wyboru dostawcy. ■

----- GRZEGORZ NIERADKA -----
----- zastępca koordynatora projektu -----
----- ds. technicznych, Flukar Sp. z o.o. -----

Przedstawione w tekście zagadnienia powinny zachęcić do wymiany doświadczeń wśród jednostek i instytucji prowadzących prace i badania w zakresie emulsji asfaltowych. Tylko dobra współpraca jednostek naukowych i/lub badawczo-rozwojowych z przedsiębiorstwami daje szansę na skuteczne wdrażanie technologii poprawiających komfort i bezpieczeństwo użytkowników dróg.