

i bazaltowego. Należy przy tym zaznaczyć, że zarówno gabro jak i 3 pozostałe kruszywa należą, według Hoskinga, do grupy B. Dodanie kruszywa wyprodukowanego z materiału skalnego z grupy C (piaskowiec kwarcytowy) czy z grupy D (żużel stalowniczy) w istotny sposób przyczyniło się do wzrostu wskaźnika PSV.

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań odporności na polerowanie mieszanek mineralnych, złożonych z kruszyw o wartości PSV < 50 i PSV > 50 wskazują, że ustalenie odpowiednich proporcji kruszyw o różnym wskaźniku PSV, pozwala uzyskać mieszkankę mineralną o wartości PSV równym lub wyższym od 50. Jest to jednoznaczne ze spełnieniem wymagań zawartych w WT-1 w odniesieniu do odporności kruszyw na polerowanie. Oznacza to możliwość dalszego wykorzystywania kruszyw produkowanych, m.in. ze skał magmowych i metamorficznych do mieszanek na warstwę ścierną nawierzchni drogowej. Korzystnym rozwiązaniem jest przy tym łączenie kruszyw o zawartości minerałów o różnej twardości, wyprodukowanych z materiałów skalnych należących do różnych grup według Hoskinga. Udział kruszywa o PSV większym niż 50 powinien być dobierany w zależności od kruszywa bazowego. Należy także zauważyć, że istnieje możliwość uzyskiwania mieszanek mineralnych, charakteryzujących się wskaźnikiem PSV wyższym od 53, a nawet wyższym od 55. Takie wymagania są formułowane w niektórych

krajach, w odniesieniu do szczególnie niebezpiecznych odcinków tras drogowych.

Bibliografia

- [1] Adhérence – Numéro spécial 254. Bulletin des Laboratoires des Points et Chaussées, Avril – Mai – Juin 2005
- [2] Jaroszewski W. (praca zbiorowa): *Przewodnik do ćwiczeń z geologii dynamicznej*. Wydawnictwo Geologiczne; Warszawa 1986
- [3] Gardziejczyk W., Wasilewska M.: *Kruszywa drogowe do warstw ściernych w świetle ich odporności na polerowanie*. Drogownictwo nr 11 (2005); s. 335–341;
- [4] Gardziejczyk W., Wasilewska M., Boratyński J.: *Odporność na polerowanie mieszanek mineralnych z kruszywem bazaltowym*. Górnictwo Odkrywkowe nr 2/3 (2008); s. 127–130
- [5] Roe P. G., Hartshorne S. A.: *The Polished Stone Value of aggregates and in-service skidding resistance*. TRL Report 322. UK 1998
- [6] Van de Wall A.R.G.: *The polishing of aggregate used in road construction. The relation between the Polished Stone Value and the petrography and mechanic properties of road aggregate*. Faculty of Mining and Petroleum Engineering, Section of Engineering Geology. No. 96; T.U. Delft 1992
- [7] Wasilewska M.: *Ocena odporności mieszanek mineralnych z kruszywa amfibolitowego na polerowanie*. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej. Z. 31 (2007); s. 263–273
- [8] Projekt badawczy KBN Nr 5 T07 E 00822 „Właściwości przeciwpoślizgowe i hałaśliwość warstw ściernych w zależności od technologii ich wykonania i stanu techniczno-eksploatacyjnego” (2002–2005)
- [9] PN-EN 1097-8:2001 *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 8: Oznaczenie polerowalności kamienia*
- [10] Wymagania Techniczne. *Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleń na drogach publicznych. WT-1 Kruszywa 2008* ■



MARCIN STIENSS

Politechnika Gdańska
marcin.stienss@
willis.pg.gda.pl



JÓZEF JUDYCKI

Politechnika Gdańska
j.judycki@drotest.com.pl

Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło – z asfaltem spienionym

Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło (oznaczane angielskojęzycznym skrótem WMA – *Warm Mix Asphalt*), uzyskiwane przy użyciu do ich produkcji asfaltu z dodatkami obniżającymi jego lepkość w temperaturze 120–140 °C do 0,2 Pa.s (niezbędnej do dobrego otoczenia ziaren mieszanki mineralnej), charakteryzują się wieloma zaletami oraz pozwalają na osiągnięcie pozytywnych efektów środowiskowych, co dokładnie zostało opisane w publikacji [1]. Niemniej jednak przy ich zastosowaniu należy pamiętać o następujących ograniczeniach:

- maksymalne obniżenie temperatury produkcji jest rzędu 30°C,
- koszt dodatków – będących produktami przemysłu chemicznego – może istotnie zwiększyć koszt produkcji mma.

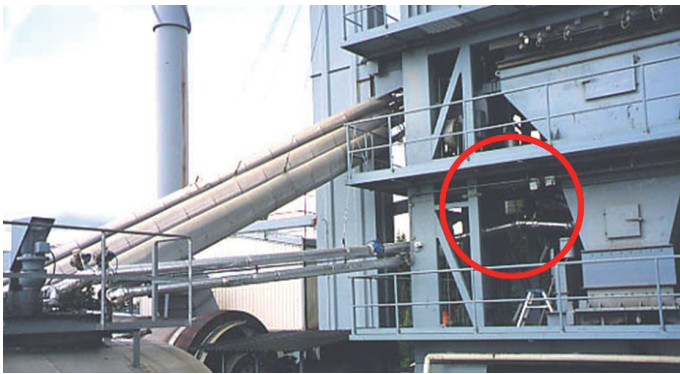
Powyższych wad nie mają wyspecjalizowane technologie produkcji WMA wykorzystujące zjawisko spieniania asfaltu w obecności wody, która w ściśle określonej, niewielkiej ilości wprowadzana jest do mieszanki. Możliwość redukcji temperatury jest w takim przypadku większa, zaś jedynym zewnętrznym dodawanym „środkiem” jest relatywnie tania woda.

Przegląd wybranych technologii produkcji WMA wykorzystujących zjawisko spieniania asfaltu

Shell WAM-Foam

Współpraca koncernu Shell z norweską firmą wykonawczą Kolo-Veidekke doprowadziła do opracowania technologii WAM-Foam wykorzystującej dwa mechanizmy:

- uzyskaniu lepszycza o odpowiedniej penetracji poprzez zmieszanie dwóch rodzajów asfaltu o znacznie różniących się penetracjach (rzędu 300 i 20/30 j.pen.)



Fot. 1. Wytwórnia mma o działaniu cyklicznym z instalacją WAM-Foam. Widoczne dwie instalacje doprowadzenia asfaltu. Czerwonym okręgiem zaznaczono położenie komory spieniania [2]



Fot. 2. Komora spienienia w powiększeniu [3]

- wtryskiwaniu wody w strumień asfaltu w celu uzyskaniu jego spienienia.

W pierwszym stadium produkcji wysuszone kruszywo o temperaturze 100–120°C trafia do mieszalnika wytwórni mma, gdzie następuje dodanie miękkiego asfaltu, który pomimo stosunkowo niskiej temperatury (100°C) charakteryzuje się wystarczająco niską lepkością wystarczającą do wstępnego otoczenia ziaren kruszywa. W drugim stadium produkcji następuje dodanie do wstępnie otoczonej mieszanki mineralnej spienionego twardego asfaltu. Spienianie asfaltu następuje w specjalnej komorze spieniania, w której do strumienia gorącego asfaltu wtryskiwana jest woda. Proporcje asfaltu miękkiego i twardego wynoszą zwykle 20/80 lub 30/70. Ilość dodawanej wody zawiera się w przedziale od 2 do 5% w stosunku do masy twardego asfaltu. Finalnym produktem jest mieszanka mineralno-asfaltowa o temperaturze 90–110°C, której graniczna temperatura zagęszczenia może wynosić nawet 70–80°C. Do wytwarzania mieszanek we-

dług technologii WAM Foam można przystosować zarówno wytwórnię mma o działaniu cyklicznym, jak i ciągłym. W przypadku wytwórni cyklicznych normalnie używana instalacja do transportu i dozowania asfaltu służy do dostarczania asfaltu miękkiego (fot. 1), natomiast asfalt twardy doprowadzany jest nową, drugą instalacją z zamontowaną na końcu komorą spieniania (fot. 2).

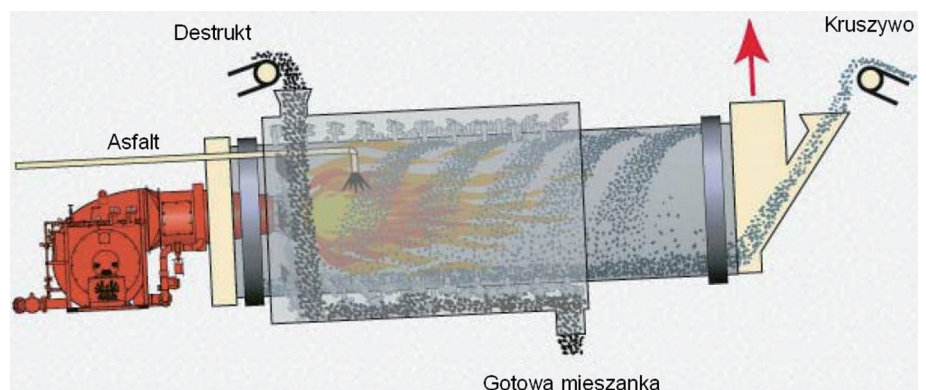
Technologia WAM-Foam pozwala niewątpliwie obniżyć temperaturę produkcji i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej w znacznie większym stopniu, niż jakkolwiek z dodatków do asfaltu. Jej wadą natomiast jest konieczność wykonania modyfikacji istniejącej wytwórni i konieczność dozowania w jednym czasie dwóch rodzajów asfaltu.

ASTEC Double Barrel Green

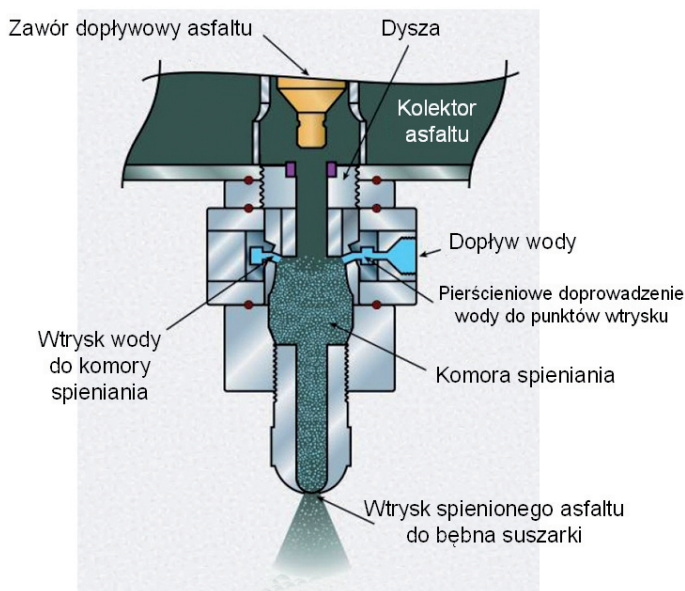
Firma ASTEC, będąca na rynku amerykańskim znanym producentem wytwórni mma, oferuje kompletny zestaw urządzeń służący do produkcji mieszanek typu WMA. Głównym elementem zestawu jest wytwórnia mma o działaniu ciągłym, której bęben suszarki ma dwupłaszczową konstrukcję (fot. 3 i rys. 1). Eliminuje to ryzyko przegrzania asfaltu występujące w wytwórniach ciągłych z jednopłaszczową



Fot. 3. Ogólny widok bębna suszarki wytwórni ASTEC Double Barrel Green. W centrum widoczny jest zespół dysz do wtryskiwania wody i asfaltu [3]



Rys. 1. Przekrój przez dwupłaszczowy bęben suszarki [4]



Rys. 2. Konstrukcja dyszy, w której dochodzi do spienienia asfaltu [4]
(Uwaga: objaśnienie na dole, po prawej stronie ww. rysunku powinno być zmienione na: Wtrysk spienionego asfaltu twardego do zewnętrznej bębna suszarki)

wym bębniem suszarki, ponieważ otaczanie ziaren kruszywa asfaltem odbywa się w przestrzeni między płaszczem wewnętrznym a zewnętrznym, całkowicie odseparowanej od strefy oddziaływania palnika. Samo obniżenie temperatury produkcji uzyskuje się za pomocą opatentowanego zestawu dysz wtryskujących wodę w strumień gorącego asfaltu, powodując jego spienienie (rys. 2). Zużycie wody wynosi ok. 0,5 kg na 1 tonę wyprodukowanej mieszanki, której temperaturę można w ten sposób obniżyć do 116–135°C. Podobnie jak w przypadku WAM-Foam, zaletą jest stosowanie wyłącznie wody, bez konieczności zakupu dodatków chemicznych. Z drugiej strony, aby skorzystać z technologii Double Barrel Green należy kupić całą wytwórnię mma przystosowaną przez producenta do wytwarzania mma o obniżonej temperaturze lub wyposażyć już istniejącą wytwórnię o działanie ciągłym w dodatkową instalację dozowania asfaltu z zespołem dysz do wtryskiwania wody do asfaltu i komorę spieniania.

Evoterm

Odmienne podejście do zagadnienia spieniania asfaltu prezentuje technologia Evoterm opracowana przez amerykańską firmę MeadWestvaco. W metodzie tej, do gorącego kruszywa zamiast asfaltu dodawana jest specjalnie skomponowana emulsja asfaltowa [5]. Zawartość asfaltu w emulsji wynosi 70%, dodatkowo jest ona modyfikowana polimerem SBR. Woda obecna w emulsji w kontakcie z gorącym kruszywem zamienia się w parę wodną, powodując spienienie asfaltu. Podczas produkcji kruszywo podgrzewane jest do temperatury 125°C, zaś temperatura wyjściowa mieszanki wynosi 90–100°C. Układanie i zagęszczanie odbywa się w temperaturze 70–90°C. Ważny jest fakt, że do produkcji



Fot. 4. Zawory służące do przyłączenia cysterny z emulsją Evoterm [6]

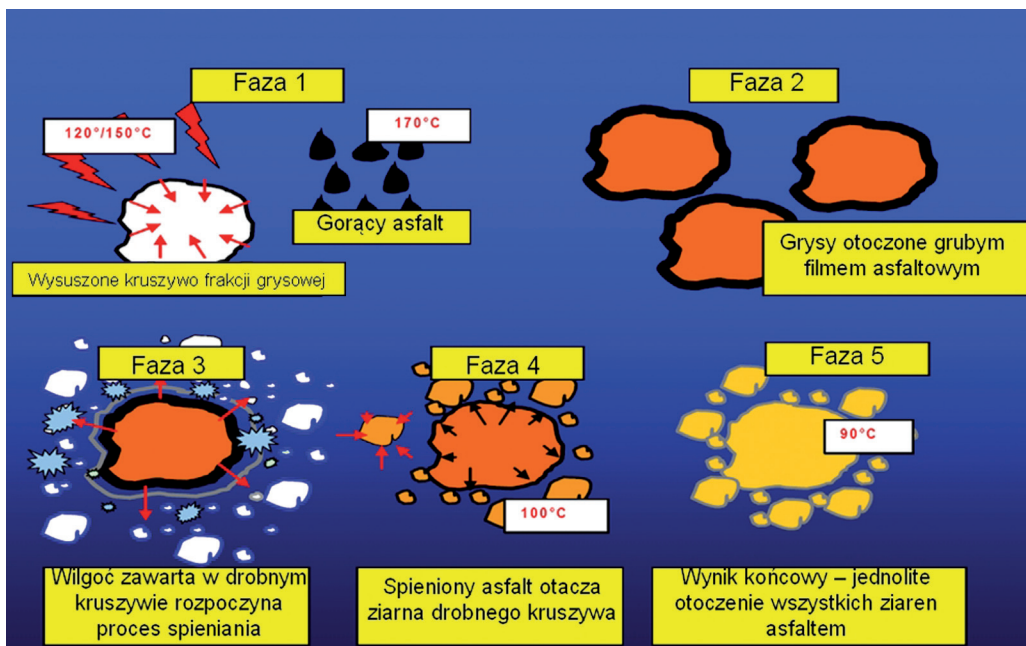


Fot. 5. Cysterna z emulsją Evoterm podłączona do instalacji pompowania asfaltu WMB [6]

mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem emulsji Evoterm nie istnieje potrzeba modyfikacji istniejącej wytwórni, ponieważ transport płynnej emulsji Evoterm odbywa się przewodami używanymi do pompowania asfaltu (fot. 4 i 5). Należy jednak pamiętać, że temperatura stosowanej emulsji w tych przewodach nie może przekroczyć 95°C z uwagi na ryzyko przedwczesnego rozpadu emulsji (przed dopłynięciem do mieszalnika) [5].

LEA – Low Energy Asphalt

Również we Francji opracowano metodę produkcji mieszanki typu WMA z użyciem spienionego asfaltu. W rozwiązaniu proponowanym przez firmy Fairco oraz EIFFAGE Travaux Publics wykorzystywana jest wilgoć zawarta w kruszywie frakcji piaskowej. Sam proces mieszania jednego zarobu podzielono na kilka faz [7]. W pierwszej fazie, kruszywo grube (o uziarnieniu większym od 2 mm) podgrzane do temperatury 120–150°C jest otaczane gorącym asfaltem o temperaturze 160–170°C. Tuż przed zadozowaniem asfaltu do mieszalnika dodawany jest do niego specjalnie opracowany dodatek chemiczny o zastrzeżonym składzie (w ilości 0,4-0,5% w stosunku do masy asfaltu) pełniący rolę regulatora stopnia spienienia oraz środka adhezyjnego. Tym sposobem otrzymywana jest mieszanka mineralna zawierająca tylko frakcję grysową, otoczona grubym filmem asfaltowym. Następnie doda-



Rys. 3. Poszczególne fazy produkcji mieszanki typu LEA [7]



Fot. 6. Dodatkowe zwiększanie wilgotności kruszywa frakcji piaskowej poprzez skropienie wodą [3]

wane jest kruszywo frakcji piaskowej (wraz z wypełniaczem) o wilgotności około 3%, które inicjuje proces spieniania. Schematyczny przebieg powyższego procesu przedstawiono na rysunku 3. Technologia ta wymaga zatem wyposażenia wytwórni mma w oddzielną instalację (dozator, taśmociąg) dostarczania do mieszalnika kruszywa frakcji piaskowej oraz wymusza ścisłą kontrolę jej wilgotności. W przypadku zbyt małej wilgotności możliwe jest jej zwiększenie prostą instalacją do skrapiania wodą (fot. 6).

Proces produkcji w wytwórniach o działaniu ciągłym różni się miejscem dodawania wilgotnego kruszywa – trafia ono do bębna suszarki przez pierścień służący do dodawania destruktu asfaltowego. Końcowa temperatura mieszanki zawiera się w przedziale 90–100°C.

Inne technologie

Opisane wyżej technologie nie są jedynymi obecnie istniejącymi. Własne sposoby produkcji mieszanek WMA z asfaltem spienionym opracowały również drogowe firmy wykonawcze bądź firmy produkujące lepiszcza. Są to m.in.:

- Colas 3E DM – technologia opracowana przez firmę Colas,
- LEAB – opracowana przez firmę BAM
- LT Asphalt – opracowana przez firmę Nynas.

Istota powyższych technologii jest podobna do już powyżej opisanych, dlatego w niniejszym artykule ograniczono się do krótkiej wzmianki na ich temat.

Podsumowanie

Technologie oparte na procesie spieniania asfaltu pozwalają na osiągnięcie większych oszczędności energii w porównaniu z metodami wykorzystującymi dodatki modyfikujące lepkość asfaltu. Ich wadą natomiast jest konieczność poniesienia większych nakładów inwestycyjnych przy modernizacji wytwórni i zakupie opatentowanych rozwiązań. Podobnie jak w przypadku mieszanek WMA z dodatkami, ewentualne próby wprowadzenia ich do stosowania w Polsce mogą rodzić pytania dotyczące trwałości i niezawodności wykonanych z nich nawierzchni. Wydaje się jednak, że obecny trend dążący do obniżania temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych coraz szerzej obserwowany w krajach Europy Zachodniej oraz USA nie ominie Polski i wkrótce (w pierwszej kolejności mma z dodatkami, a w dalszej z mma z asfaltem spienionym) będziemy się z nim coraz częściej spotykać.

Bibliografia

- [1] Stienss M., Judycki J.: *Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło – przegląd dodatków*
- [2] Corrigan M.: *Warm Mix Asphalt Technology*. AASHTO Standing Committee on Highways Technical Meeting, Nashville, 2005
- [3] Jones H.W.: *Warm Mix Asphalt Scan Tour*. 48th Annual Asphalt Conference, Idaho, 2008
- [4] Materiały informacyjne firmy ASTEC dostępne na stronie www.astecinc.com
- [5] Button J. W., Estakhri C., Wismatt A.: *A Synthesis of Warm-Mix Asphalt*. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, 2007
- [6] Hurley G., Prowell B.: *Evaluation of Evotherm for Use in Warm Asphalt Mixes*, NCAT Report No. 06-02, Auburn University, Auburn, 2006.
- [7] Hurley G., Prowell B.: *Evaluation of Warm Mix Asphalt Technologies*. Auburn University, Auburn ■