



MAREK IWĄSKI

Politechnika Świętokrzyska
m.iwanski@tu.kielce.pl



JUSTYNA MRUGAŁA

Politechnika Świętokrzyska
mrugala@tu.kielce.pl

Beton asfaltowy w technologii na półciepło z asfaltem spienionym

W budownictwie drogowym powszechnie stosowane są mieszanki mineralno-asfaltowe (mma) wytwarzane w technologii „na gorąco” HMA (ang. *Hot Mix Asphalt*). Są one jednak bardzo energochłonne ze względu na konieczne podgrzanie kruszywa i asfaltu do temperatury około 165–180°C, która zapewnia odpowiednią jego lepkość i tym samym właściwy stopień otoczenia ziaren kruszywa. Podczas produkcji mma

wydzielana jest też duża ilość gazów cieplarnianych, co negatywnie wpływa na środowisko. Dlatego od kilkunastu lat opracowywane są technologie obniżające temperaturę wytwarzania mma, do których należy zaliczyć technologie „na ciepło” WMA (ang. *Warm Mix Asphalt*) i technologie „na półciepło” HWMA (ang. *Half Warm Mix Asphalt*) oraz technologie „na zimno” CMA (ang. *Cold Mix Asphalt*) [11].

Istnieją dwie możliwości obniżenia temperatury wytwarzania i wbudowywania mieszanki mineralno-asfaltowej [5]:

- w wyniku obniżenia lepkości asfaltu poprzez zastosowanie wosku syntetycznego Fischera-Tropscha (F-T), wosku syntetycznego Montana oraz płynnych środków niskowiskozowych,
- przez modyfikację procesu technologicznego w wyniku zastosowania asfaltu spienionego wodą lub zeolitem.

W technologii produkcji mma „na ciepło” praktycznie stosowane są modyfikatory obniżające lepkość asfaltu w temperaturze nieco wyższej od 100°C, wystarczającą do dobrego otoczenia kruszywa, a w bardzo ograniczonym zakresie asfalt spieniony w połączeniu z tradycyjnymi technologiami „na gorąco”. Modyfikatory te nazywane będą dalej modyfikatorami niskowiskozowymi. Technologia ta pozwala na obniżenie temperatury wytwarzania i wbudowania mma o około 20–30°C. Jednak dopiero stosując technologię „na półciepło” można uzyskać znaczący efekt energetyczny. Temperatura wytwarzania mma wg tej technologii nie może być większa niż 100°C, ponieważ przy jej przekroczeniu następuje szybki rozpad asfaltu spienionego i nie uzyskuje się wymaganej jakości mieszanki mineralno-asfaltowej. Dodatkowo powierzchnia kruszywa zostaje wówczas całkowicie pozbawiona wody błonkowej, która wpływa korzystnie na proces dodatkowego spieniania asfaltu.

Do podstawowych zalet technologii „na półciepło” (HWMA) w porównaniu do technologii „na ciepło” (WMA) można zliczyć [5, 6, 7, 10, 12]:

- obniżenie poziomu starzenia asfaltu z uwagi na zmniejszenie temperatury wytwarzania mma,
- spowolnienie tempa wychładzania mieszanki w niskiej temperaturze otoczenia z uwagi na mniejszą różnicę wartości temperatury w układzie: mieszanka-powietrze,
- wydłużenie czasu efektywnego układania i tym samym polepszenie jakości wykonania warstwy nawierzchni,
- skrócenie czasu stygnięcia nawierzchni do poziomu, w którym można wprowadzić ruch pojazdów,
- poprawę bezpieczeństwa pracowników,
- znaczną redukcję emisji szkodliwych gazów,
- zmniejszenie uciążliwości wytwórni mma w pobliżu terenów zamieszkałych.

W związku z tym, bardzo korzystne jest wprowadzenie technologii „na półciepło” (HWMA) do wykonawstwa drogowego, ponieważ może przyczynić się do rozwiązania wielu problemów technologicznych, związanych z ochroną środowiska, jak również zapewnić istotny efekt ekonomiczny.

Wdrożenie tej technologii nie wymaga dużych nakładów finansowych. Można wykorzystywać tradycyjne wytwórnie mma, które jedynie muszą być wyposażone w aparaturę do spieniania asfaltu. Należy zaznaczyć, że obecnie produkowane są już wytwórnie, które standardowo wyposażone są w tego typu urządzenia.

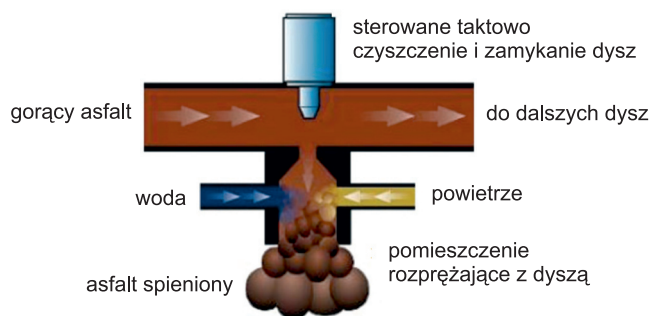
Mieszanki mineralno-asfaltowe wytwarzane w technologii „na półciepło” z asfaltem spienionym mogą być wykorzystywane do wykonywania wszystkich warstw konstrukcyjnych. Jednak uwzględniając krajowe warunki klimatyczne wydaje się, że przede wszystkim powinny znaleźć zastosowanie w wykonawstwie warstwy wiążącej i podbudowy asfaltowej.

Charakterystyka asfaltu spienionego

Za wynalazcę asfaltu spienionego powszechnie uważany jest prof. Csanyi, który w 1957 r. opatentował technologię asfaltu spienionego. Wstępnie do gorącego asfaltu została wprowadzana para wodna, która powodowała pienie się asfaltu. W roku 1968 firma Mobil Oil w Australii nabyła prawa do tego patentu i zmodyfikowała metodę wytwarzania piany asfaltowej w wyniku zastąpienia pary przez zimną wodę [3].

Wytwarzanie asfaltu spienionego odbywa się w komorze ekspansji (rozprężania). Proces spieniania rozpoczyna się od podawania dyszą rozpylającą do komory rozprężania wody i powietrza pod ciśnieniem, a następnie gorącego asfaltu. Kolejność ta zapobiega zaklejaniu się dysz podających

wodę i powietrze przez gorące lepiszcze. Schemat wytwarzania asfaltu spienionego został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat idealny wytwarzania asfaltu spienionego [13]

Natomiast w warunkach laboratoryjnych używane jest specjalne urządzenie do wytwarzania piany asfaltowej oraz podawania jej do mieszalnika (fot. 1).



Fot. 1. Urządzenie do wytwarzania piany asfaltowej i podawania jej do mieszalnika (fot. J. Mrugała)

Właściwości fizyczne piany asfaltowej oceniane są na podstawie dwóch parametrów [3, 9]:

- wskaźnika ekspansji (WE), który stanowi stosunek maksymalnej objętości asfaltu po spienieniu do początkowej objętości asfaltu i określa wielokrotność zwiększenia się objętości lepiszcza podczas jego spienienia;
- okresu półtrwania ($t_{1/2}$) charakteryzowanego jako czas mierzony w sekundach, do chwili uzyskania połowy maksymalnej objętości asfaltu spienionego, czyli różnicy między czasem, w którym asfalt charakteryzuje się maksymalnym spienieniem a czasem, w którym utrzymuje się jeszcze połowa maksymalnej jego objętości po spienieniu.

Na wartość wskaźnika ekspansji oraz okres półtrwania ma wpływ wiele czynników, do których przede wszystkim należy zaliczyć: dodatek wody, rodzaj asfaltu, pochodzenie asfaltu, temperaturę asfaltu, ciśnienie asfaltu i wody oraz różnego typu modyfikatory stosowane do uszlachetnienia lepiszcza.

Należy zaznaczyć, że zamiast wody można stosować zeolit, który wywołuje podobny efekt spienienia asfaltu jak woda, lecz również wpływa na zmianę lepkości asfaltu w procesie wytwarzania mma.

Natomiast w celu uzyskania bardzo dobrych charakterystyk spienienia asfaltu oraz zapewnienia wymaganych właściwości mma, wytwarzanej w tej technologii, można stosować modyfikację lepiszcza przed jego spienieniem. Jako modyfikator stosuje się polimer SBS, wosk syntetyczny F-T lub Montana jak również płynne modyfikatory niskowiskozowe. Wykonane badania własne w ramach realizacji projektu badawczego jednoznacznie pokazały, że w przypadku krajowych asfaltów bardzo skutecznym modyfikatorem jest wosk syntetyczny F-T.

Program badań

W celu oceny możliwości wytwarzania betonu asfaltowego w technologii „na półciepło” opracowano program badawczy, który składał się z dwóch zasadniczych etapów. Pierwszy etap polegał na ocenie przydatności asfaltu modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T do tej technologii. W związku z tym, niezbędne było określenie takich podstawowych właściwości asfaltu jak: penetracja, temperatura mięknięcia, indeks penetracji, współczynnik ekspansji i czas połowicznego rozpadu lepiszcza po spienieniu. Natomiast drugi etap badań związany był z oceną wpływu modyfikowanego asfaltu spienionego na takie właściwości betonu asfaltowego jak: zawartość wolnych przestrzeni, wytrzymałość na pośrednie rozciąganie ITS , odporność na oddziaływanie wody i mrozu $ITSR$ oraz odporność na deformacje trwałe WTS_{AIR} i PRD_{AIR} .

Właściwości asfaltu spienionego

W badaniach zastosowano asfalt 35/50, który modyfikowano woskiem syntetycznym F-T w ilości od 1,0% (m/m) do 2,5% (m/m) co 0,5% (m/m). Wosk ten jest długołańcuchowym węglowodorem uzyskiwanym z CO_2 i H_2 w procesie syntezy Fischera-Tropscha. Charakteryzuje się większą długością łańcuchów węglowodorowych oraz drobniejszą strukturą krystaliczną niż naturalna parafina występująca w asfalcie. Łańcuchy węglowodorowe parafin naturalnych zawierają bowiem od 15 do 50 atomów węgla, natomiast w wosku syntetycznym F-T liczba ta wynosi od 40 do 115. Wosk syntetyczny F-T zaliczany jest do modyfikatorów niskowiskozowych asfaltu [4].

W celu ustalenia optymalnej jego ilości wykonano podstawowe badania uzyskanego lepiszcza modyfikowanego oraz określono jego charakterystyki spieniania.

Na podstawie wyników badania penetracji w $25^\circ C$ oraz temperatury mięknięcia modyfikowanego asfaltu 35/50 wyznaczono indeks penetracji na podstawie wzoru:

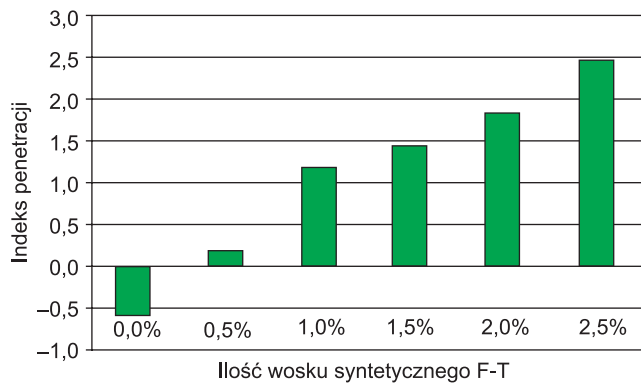
$$IP = \frac{20 \cdot T_{PIK} + 500 \cdot \lg P - 1952}{T_{PIK} - 50 \cdot \lg P + 120} \quad (1)$$

w którym:

T_{PIK} – temperatura mięknięcia w $^\circ C$,

P – penetracja w $25^\circ C$, 0,1 mm.

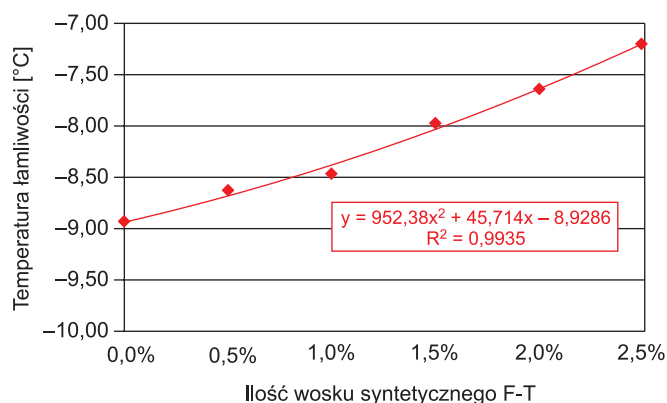
Wpływ ilości wosku syntetycznego F-T na wartość indeksu penetracji asfaltu 35/50 przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zależność indeksu penetracji asfaltu 35/50 od ilości wosku syntetycznego F-T

Można zauważyć, że zwiększenie ilości modyfikatora powoduje wzrost indeksu penetracji asfaltu 35/50 w całym zakresie jego dozowania. Asfalt 35/50 charakteryzuje się indeksem penetracji $-0,5$, a już zastosowanie dodatku wosku syntetycznego w ilości $0,5\%$ (m/m) powoduje wzrost wartości indeksu penetracji do $+0,2$. Przy zawartości $2,5\%$ (m/m) wosku syntetycznego F-T w asfalcie lepiszczce przechodzi ze stanu zol-żel w stan typu żel, który cechuje się małą wrażliwością temperaturową oraz dużym zakresem lepkościowości.

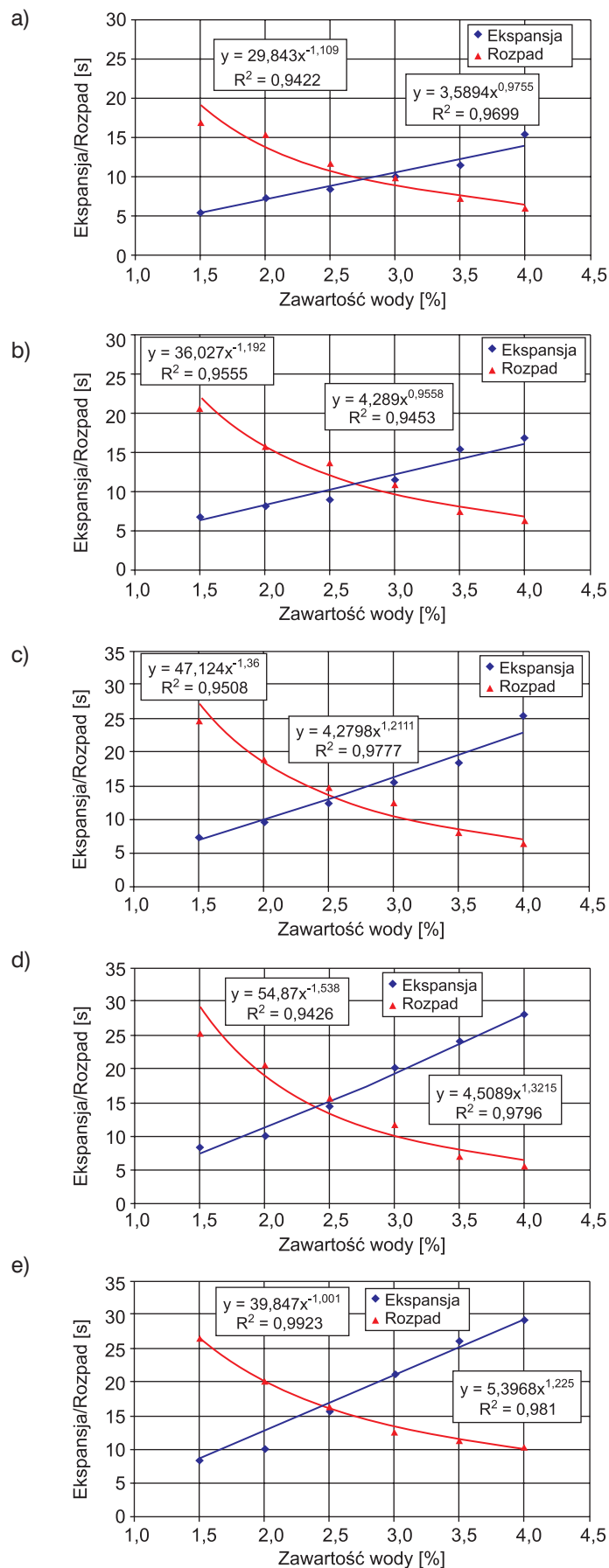
Istotnym elementem badań było określenie wpływu wosku syntetycznego F-T na temperaturę tamiwości lepiszczca (rys. 3).



Rys. 3. Zależność zmian temperatury tamiwości asfaltu 35/50 od ilości wosku syntetycznego F-T

Dodatek wosku syntetycznego F-T powoduje zwiększenie temperatury tamiwości asfaltu 35/50 wraz ze wzrostem jego ilości w lepiszczce. Przy zawartości modyfikatora w ilości $2,5\%$ (m/m) temperatura tamiwości wzrasta o około $2,0^\circ\text{C}$, co stanowi jej zmianę ponad 20% . Zastosowanie większej ilości wosku syntetycznego F-T w lepiszczce może przyczynić się do utraty odporności na spękania niskotemperaturowe warstwy konstrukcyjnej wykonanej z mieszanki mineralno-asfaltowej modyfikowanym asfaltem 35/50.

Następnym etapem badań było określenie charakterystyk spieniania asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T w ilości $1,0$ (m/m), $1,5$ (m/m), $2,0\%$ (m/m) i $2,5\%$ (m/m) (rys. 4).



Rys. 4. Charakterystyki spieniania asfaltu 35/50; a) bez dodatku wosku F-T; b) $1,0\%$ (m/m) wosku F-T; c) $1,5\%$ (m/m) wosku F-T; d) $2,0\%$ (m/m) wosku F-T; e) $2,5\%$ (m/m) wosku F-T

Na podstawie analizy charakterystyk asfaltu spienionego 35/50 (wskaźnika ekspansji i okresu półtrwania) modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T określono optymalną ilość wody zapewniającą najkorzystniejszy efekt spieniania (tabela 1).

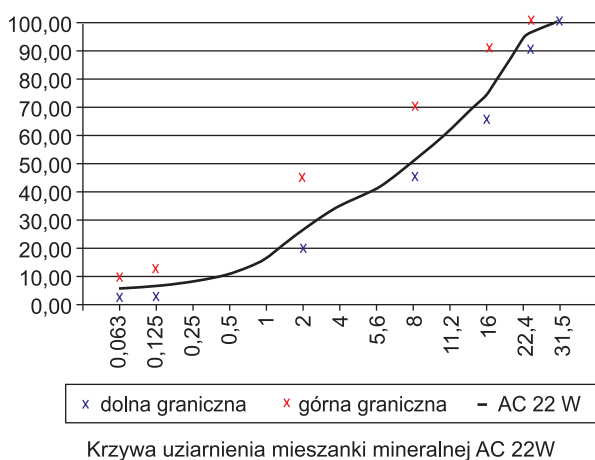
Tabela 1. Charakterystyki spieniania modyfikowanego asfaltu 35/50 przy optymalnej zawartości wody

Rodzaj asfaltu	Zawartość wody [% (m/m)]	Współczynnik ekspansji WE		Czas połowicznego rozpadu [s] t ^{1/2}	
		Określony	Wymagany	Określony	Wymagany
35/50	3,0	10,17	> 10	8,75	> 8
35/50 + 1,0% (m/m) wosku F-T	3,0	11,65		10,84	
35/50 + 1,5% (m/m) wosku F-T	2,5	12,46		14,68	
35/50 + 2,0% (m/m) wosku F-T	2,5	14,38		15,41	
35/50 + 2,5% (m/m) wosku F-T	2,5	15,87		16,43	

Dokonując analizy wyników badań można stwierdzić, że najlepszymi parametrami spieniania charakteryzuje się asfalt 35/50 z dodatkiem 2,5% (m/m) wosku syntetycznego F-T przy optymalnej ilości wody 2,5% (m/m). Asfalt ten oznaczono symbolem 35/50M2,5.

Projekt mieszanki mineralno-asfaltowej

Drugi etap badań polegał na zaprojektowaniu betonu asfaltowego na warstwę wiążącą (AC 22 W 35/50M2,5) nawierzchni obciążonej ruchem KR4. Mieszkankę mineralną wykonano wykorzystując kruszywo z wapienia dewońskiego. W składzie ramowym zawierała ona 25% (m/m) kruszywa grubego 16/22, 22% (m/m) kruszywa grubego 8/16, 21% (m/m) kruszywa grubego 2/8 i 26% (m/m) kruszywa drobnego 0/2 oraz 6% (m/m) wypełniacza wapiennego. Mieszkankę mineralną o uziarnieniu 0/22 mm zaprojektowano zgodnie z wymaganiami WT-2 z 2010 r. [1] (rys. 5).



Rys. 5. Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej betonu asfaltowego AC 22 W

Badanie właściwości fizyczno-mechanicznych betonu asfaltowego w technologii na gorąco i półciepło

W celu obniżenia temperatury wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej zastosowano asfalt spieniony 35/50M2,5. Natomiast w celach porównawczych wykonano badania dla takiej samej mieszanki mineralno-asfaltowej w tradycyjnej technologii „na gorąco” z asfaltem 35/50.

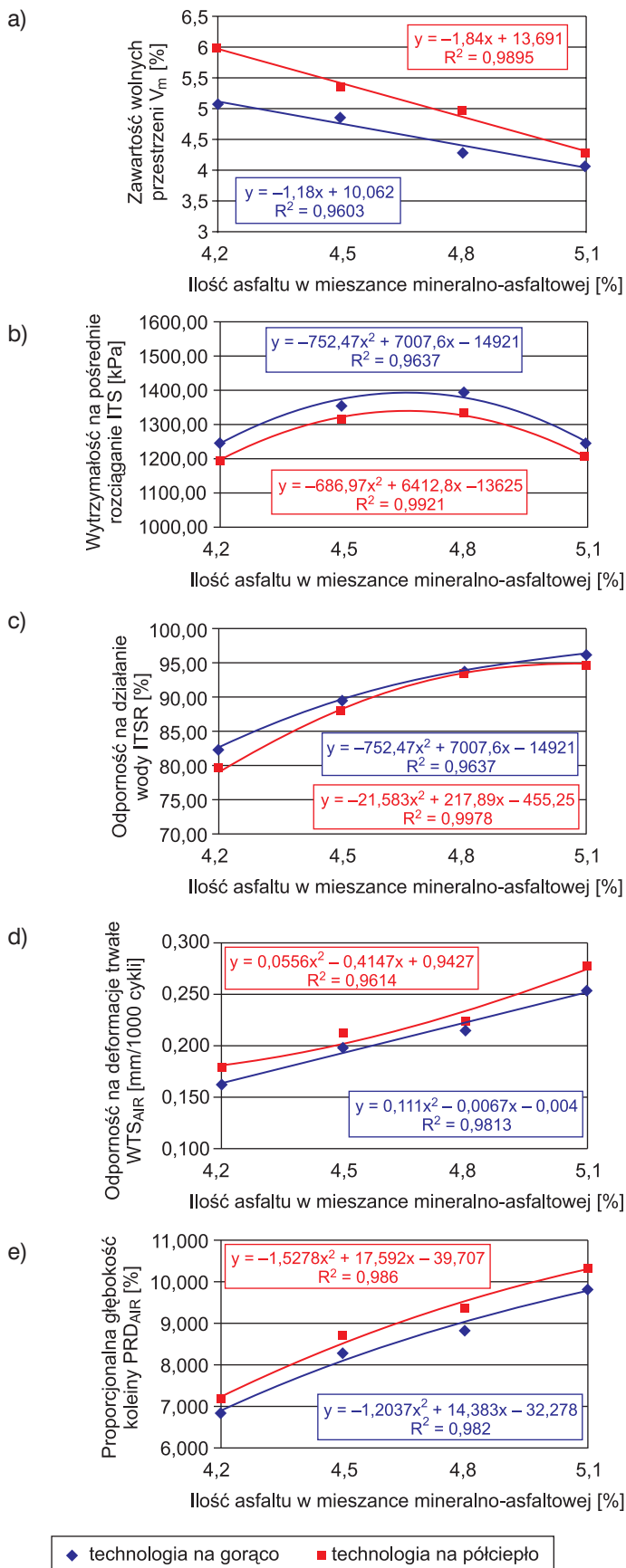
Według [1] minimalna zawartość lepiszcza do betonu asfaltowego do warstwy wiążącej powinna wynosić B_{min} 4,2. Jest to wartość dla gęstości mieszanki mineralnej równej 2,65 Mg/m³. W związku z tym, dokonano jej korekty z uwzględnieniem gęstości zaprojektowanej mieszanki mineralnej i wówczas minimalna ilość asfaltu wyniosła 4,4% (m/m). Do badań tradycyjnego betonu asfaltowego, jak również z asfaltem spienionym, jako rekomendowaną ilości asfaltu przyjęto 4,5% (m/m). Natomiast w celach porównawczych stosowano asfalt w ilości 4,2% (m/m), 4,8% (m/m) i 5,1% (m/m).

Podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltem spienionym i zagęszczania próbek laboratoryjnych temperatura jej wynosiła 95°C. Zagęszczanie próbek odbywało się zgodnie z normą PN-EN 12697-30. Stwierdzono, że temperatura mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltem spienionym 35/50M2,5, po jej zagęszczeniu, obniżyła się tylko o 5°C. Natomiast temperatura mieszanki kontrolnej (165°C) wytwarzanej z gorącym asfaltem 35/50 po jej zagęszczeniu (uformowaniu próbki) obniżyła się o 30°C. Przy tym należy zaznaczyć, że obie mieszanki mineralno-asfaltowe były zagęszczane w tych samych warunkach laboratoryjnych. W związku z tym, można stwierdzić, że znacznie wolniej następuje obniżanie temperatury wytworzonej mieszanki mineralno-asfaltowej w technologii „na półciepło” niż w technologii „na gorąco”. Efekt ten będzie odgrywał istotną rolę w warunkach wykonywania warstw konstrukcyjnych nawierzchni asfaltowych.

Podczas wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej w technologii „na półciepło” na podstawie oceny organoleptycznej, stwierdzono również występowanie znacznie mniejszej intensywności lotnych związków asfaltu, w porównaniu z kontrolną mieszanką mineralno-asfaltową w technologii „na gorąco”.

W celu oceny przydatności asfaltu spienionego 35/50M2,5, jako lepiszcza do betonu asfaltowego, wykonano badania zalecane wg WT-2 2010, tj. zawartość wolnych przestrzeni V_m , odporność na oddziaływanie wody $ITSR$ oraz odporność na deformacje plastyczne WTS_{AIR} oraz PRD_{AIR} . Wyniki wpływu asfaltu spienionego na oceniane charakterystyki betonu asfaltowego przedstawiono na rysunku 6.

Na podstawie analizy wyników badań wpływu asfaltu spienionego 35/50M2,5 na właściwości betonu asfaltowego AC 22 W można stwierdzić, że zastosowanie tego rodzaju lepiszcza zapewniło praktycznie takie same jego właściwości, jak wykorzystanie asfaltu 35/50 w tradycyjnej technologii „na gorąco”. Zastosowanie lepiszcza w ilości 5,1% (m/m) w betonie asfaltowym z asfaltem spienionym, zapewnia praktycznie zawartość wolnych przestrzeni na takim samym poziomie, jak w przypadku wykorzystania gorącego asfaltu 35/50. W miarę jednak zmniejszania ilości lepiszcza następuje większe zróżnicowanie wartości tego parametru i przy zawartości 4,2%



Rys. 6. Wpływ asfaltu spienionego 35/50M2,5 na właściwości betonu asfaltowego AC 22 W 35/50M2,5: a) zawartość wolnych przestrzeni V_m , b) wytrzymałość na pośrednie rozciąganie ITS, c) odporność na oddziaływanie wody ITSR, d) odporność na koleinowanie WTS_{AIR} , e) odporność na koleinowanie PRD_{AIR}

(m/m) w betonie asfaltowym z asfaltem spienionym różnica ta wynosi około 1% (m/m) w stosunku do betonu asfaltowego z asfaltem 35/50. Wzrost zawartości wolnych przestrzeni w betonie asfaltowym, niezależnie do rodzaju lepiszcza, ma liniowy charakter. Przy tym należy zaznaczyć, że w całym przedziale stosowanego lepiszcza w betonie asfaltowym z asfaltem spienionym, zawartość wolnych przestrzeni spełnia wymagania WT-2 2010.

Zastosowanie asfaltu spienionego 35/50M2,5 w betonie asfaltowym zapewnia mu porównywalną wytrzymałość na pośrednie rozciąganie w stosunku do kontrolnego betonu asfaltowego z asfaltem 35/50. Przy tym w całym przedziale dozowania asfaltu spienionego charakteryzuje się on mniejszą wartością tego parametru niż wytworzony z gorącym asfaltem 35/50. Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie betonu asfaltowego z asfaltem 35/50 oraz spienionym 35/50M2,5 osiąga wartość maksymalną w przedziale dozowania lepiszcza od 4,5 do 4,8% (m/m) a charakterystykę tę reprezentuje krzywa drugiego stopnia.

Odporność na oddziaływanie wody betonu asfaltowego niezależnie od rodzaju zastosowanego lepiszcza wzrasta wraz ze zwiększaniem jego ilości w mieszance. Zależność ta ma charakter krzywej drugiego stopnia. W całym zakresie dozowania lepiszcza ta charakterystyka betonu asfaltowego z asfaltem spienionym 35/50M2,5 jest porównywalna z parametrem kontrolnego betonu asfaltowego. Należy zaznaczyć, że już przy najmniejszej ilości asfaltu spienionego 4,2% (m/m) w betonie asfaltowym jest spełnione kryterium odporności na oddziaływanie wody $ITSR \geq 80$.

Bardzo istotnym parametrem mieszanki mineralno-asfaltowej jest jej odporność na koleinowanie. Zgodnie z wymaganiami, beton asfaltowy do warstwy wiążącej do kategorii ruchu KR3-4 powinien charakteryzować się $WTS_{AIR} 0,3$ oraz PRD_{AIR} Deklarowana. Na podstawie analizy charakterystyk odporności na koleinowanie betonu asfaltowego przedstawionego na rysunku 6d i 6e można stwierdzić, że wszystkie zaprojektowane mieszanki spełniają wymagania[1]. Przy tym nieznacznie mniej korzystnymi parametrami koleinowania WTS_{AIR} i PRD_{AIR} charakteryzuje się beton asfaltowy z asfaltem spienionym 35/50M2,5, w porównaniu do kontrolnego betonu asfaltowego wytwarzanego w technologii „na gorąco”.

W celu prawidłowej charakterystyki wpływu lepiszcza spienionego na bazie asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem syntetycznym F-T, w ilości 2,5% (m/m), na oceniane właściwości betonu asfaltowego, dokonano analizy statystycznej wyników badań wykorzystując program SAS [8]. Jako kryterium analizy przyjęto uogólnioną funkcję użyteczności opracowaną przez E.C. Harringtona [2], wyrażoną w postaci:

$$U^m = \exp \left[- \exp \sum_{i=1}^m w_i \cdot \exp \left(- \frac{y^{(i)} - y_G^{(i)}}{y_L^{(i)} - y_G^{(i)}} \right) \right] \quad (2)$$

w której:

$y^{(i)}$ badane właściwości betonu asfaltowego,
 w_i wagi przypisane poszczególnym właściwościom $y^{(i)}$,
 $0 \leq w_i \leq 1$; $i = 1, 2, \dots, m$;

Na podstawie funkcji użyteczności określono rekomendowaną zawartość lepiszcza w badanej mieszance mineralno-asfaltowej wytwarzanej w technologii „na półciepło”, która

wynosiła 4,5% (m/m). Zapewniła ona uzyskanie najkorzystniejszych właściwości przez oceniany beton asfaltowy AC 22 W z asfaltem spienionym na bazie lepiszcza 35/50M2,5.

Porównanie właściwości betonu asfaltowego AC 22 W 35/50M2,5 w technologii „na półciepło” i kontrolnego z asfaltem 35/50 przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Właściwości betonu asfaltowego AC 22 W KR4 w technologii „na gorąco” i „półciepło”

Parametry	Właściwości betonu asfaltowego AC 22 W KR4		
	Technologia tradycyjna	Technologia „na półciepło”	Wymagania wg [1]
V_p [%]	4,9	5,3	V_{min} 4,0 V_{max} 7,0
ITS [kPa]	1358	1313	–
ITSR [%]	89	88	ITSR 80
WTS_{AIR} [mm/1000 cykli]	0,197	0,211	WTS_{AIR} 0,30
PRD_{AIR} [mm]	8,3	8,7	PRD_{AIR} Deklarowana

Właściwości betonu asfaltowego (tradycyjnego) wytwarzanego w temperaturze 165°C oraz z zastosowaniem asfaltu spienionego w obniżonej temperaturze 95°C praktycznie są identyczne. Nieznacznie większa zawartość wolnych przestrzeni o 0,4% (v/v) betonu asfaltowego „na półciepło” w stosunku do tradycyjnego nie powoduje zmniejszenia jego odporności na oddziaływanie wody (ITSR = 88%), a wręcz oddziałuje w sposób odwrotny. Efekt ten można wytłumaczyć innym sposobem otaczania ziaren kruszywa asfaltem spienionym, w odróżnieniu do gorącego lepiszcza.

Natomiast bardzo istotnym efektem jest otrzymanie betonu asfaltowego z asfaltem spienionym, odpornego na powstanie kolein, o praktycznie takich samych parametrach WTS_{AIR} i PRD_{AIR} jak beton asfaltowy wytwarzany w temperaturze 165°C.

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań betonu asfaltowego wytwarzanego w technologii „na półciepło” można sformułować następujące wnioski:

- zastosowanie modyfikacji asfaltu 35/50 woskiem syntetycznym F-T w ilości 2,5% (m/m) w znaczący sposób wpływa na wzrost charakterystyk spieniania lepiszcza (współczynnika ekspansji WE oraz czasu połowicznego rozpadu $t_{1/2}$) w porównaniu z kontrolnym asfaltem 35/50,
- w czasie wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej z asfaltem spienionym 35/50M2,5 na podstawie oceny organoleptycznej stwierdzono występowanie znacznie mniejszej emisji lotnych związków asfaltu niż w technologii tradycyjnej z gorącym asfaltem 35/50,
- mieszanka mineralno-asfaltowa z asfaltem spienionym na bazie 35/50M2,5 charakteryzuje się mniejszą utratą ciepła w czasie procesu zagęszczania, niż kontrolna wytworzona z gorącym asfaltem 35/50,
- zastosowanie asfaltu spienionego na bazie lepiszcza 35/50M2,5 pozwoliło na wytworzenie betonu asfaltowego

AC 22 W KR4 oraz jego zagęszczenie w temperaturze 95°C, który charakteryzuje się porównywalnymi parametrami z kontrolnym betonem asfaltowym wytwarzanym w temperaturze 165°C.

Pozytywne wyniki badań laboratoryjnych betonu asfaltowego wytwarzanego w technologii „na półciepło” z asfaltem spienionym 35/50M2,5 wskazują na potencjalne możliwości zastosowania tej technologii w warunkach krajowego wykończenia drogowego.

Bibliografia

- [1] GDDKiA:WT-2 2010 – Wymagania Techniczne. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych, Załącznik Nr 2 do Zarządzenia Nr 2, Warszawa 2010
- [2] E.C. Harrington The desirability function, Industrial Quality Control, Vol. 4, 494-498
- [3] M. Iwański: *Podbudowy z asfaltem spienionym*, Drogownictwo 2/2006, s. 97-106
- [4] M. Iwański, G. Mazurek: *Synthetic Wax Effect on the Resilient Stiffness Modulus of Asphalt Concrete*. Road and Bridges No 3, Vol. 11. Warszawa 2012, s. 233-248
- [5] J. Król, K. Matraszek, J. Piłat, P. Radziszewski, K. Kowalski: Właściwości lepiszczy asfaltowych modyfikowanych parafinami nowej generacji. Projekt MMA^c – cz.1. Autostrady 5, 2011, s. 72-76
- [6] LT-Asphalt : LT-Asfalt – Zastosowania na zimno i na ciepło. Nyfoam, Informacja grupy produktowej, Nynas
- [7] F. Olard: LEA® (Low Energy Asphalts): A new generation of half-warm mix asphalts. The experience of EIFFAGE Travaux Publics. EIFFAGE Travaux Publics Research & Development Department, LEA-CO Technical Committee, 2007
- [8] Z. Piasta, A. Lenarcik: *Methods of statistical multi-criteria optimization. "Optimization Methods for Material Design of Cement-based Composites*. E & FN Spon, London, New York, 1998, s. 45-59
- [9] J. Piłat, P. Radziszewski: *Nawierzchnie asfaltowe*, WKŁ, Warszawa, 2007, s. 540
- [10] Shell Bitumen: *Shell WAM FOAM PROCESS for reducing energy consumption, and emissions*, 2011
- [11] M. Stienss, J. Judycki: *Mieszanki mineralno-asfaltowe na ciepło – przegląd dodatków*, Drogownictwo 7-8, 2010
- [12] *WAM Foam: Asphalt pavements at lower temperatures*, BP, WMA TWG, 2007
- [13] Wirtgen: Bitumy pienne – innowacyjne spoiwo do budowy dróg. Wirtgen Polska, 2005 ■

Z prasy zagranicznej

Brytyjska policja zaczęła stosować nowoczesne testy na narkotyki

Policja w Wielkiej Brytanii została wyposażona w nowe testy narkotykowe. Dzięki odkryciu nowej technologii, możliwe jest wykrywanie obecności narkotyków przy użyciu próbek śliny pobranej od kierowców. Testy, które zostały zatwierdzone przez brytyjskie władze mogą na podstawie analizy wacika ze śliną kierowcy wykryć ślady marihuany. Obecnie trwają prace nad technologią wykrywania innych specyfików. Nowe zestawy do badań na obecność marihuany będą stosowane także w komisariatach policji, dzięki czemu nie trzeba będzie pobierać próbki krwi i wysyłać jej do analizy lekarskiej. Z danych statystycznych wynika, że w 2011 r. co najmniej 640 wypadków było spowodowanych przez kierowców, u których potwierdzono zażywanie narkotyków. Według oficjalnych statystyk Departamentu Transportu wskutek tych wypadków nastąpiło 49 zgonów. Młodzi kierowcy w wieku 17–24 stanowią grupę, u której szczególnie często wykrywa się narkotyki, a marihuana została zidentyfikowana jako jeden z narkotyków najczęściej używanych przez kierowców.

<http://www.worldhighways.com>