

Możliwości odświeżania lepiszcz w starych nawierzchniach asfaltowych

Paweł Mieczkowski

*Katedra Dróg, Mostów i Materiałów Budowlanych, Wydział Budownictwa i Architektury,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
e-mail: pawel.mieczkowski@zut.edu.pl*

Streszczenie: Nawierzchnie drogowe w Polsce wymagają odnow. Jedną z podstawowych przyczyn ich zniszczenia w postaci pęknięć, ubytków czy wykruszeń jest zbyt mała ilość asfaltu i jego twardość, będąca efektem zesterzenia. W takim przypadku naprawy można przeprowadzić w technologii recyklingu na gorąco na miejscu. Wymaga to jednak zmian w sposobie podgrzewania nawierzchni oraz stosowania specjalnych dodatków odświeżających. Przeprowadzone badania świadczą, że do tego celu można stosować różnego rodzaju środki, zarówno pochodne ropy naftowej (oleje mineralne, produkty olejowo-żywiczne) jak i powstałe ze źródeł odnawialnych (oleje roślinne). Wymagają one jednak zastosowania dodatkowych preparatów ułatwiających ich łączenie ze starymi asfaltami oraz kompatybilność mieszanin. Przeprowadzone badania z wyjściowymi asfaltami i mieszankami mineralno-asfaltowymi świadczą, że taką rolę mogą spełniać środki adhezyjne (powierzchniowo-aktywne substancje), przy czym efektywność procesu należy poprawić, szczególnie w przypadku olejów roślinnych i mineralnych.

Słowa kluczowe: recykling na gorąco na miejscu, mieszanki mineralno-asfaltowe, asfalt, dodatki odświeżające

1. Wprowadzenie

Otwarcie zachodnich granic Polski w latach 90-tych XX wieku skutkowało znacznym wzrostem obciążenia nawierzchni drogowych. W efekcie wiele dróg uległo skoleinowaniu. Przyczyną było niedostosowanie konstrukcji nawierzchni do występujących obciążeń oraz niska jakość materiałów w poszczególnych warstwach. Dominującym typem deformacji były odkształcenia lepko-plastyczne mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA) (a często również smołowych), które znacząco pogorszały warunki bezpieczeństwa ruchu. Ten rodzaj odkształceń wynikał z zwiększonej ilości lepiszcz (najczęściej niskiej jakości) oraz nieodpowiednio dobranego szkieletu mineralnego (zarówno w zakresie uziarnienia jak i cech geometrycznych kruszyw). Podjęte natychmiastowe kroki, wymuszające zmianę charakteru pracy poszczególnych warstw (np. zamiana MMA na mieszankę M-C-E) bądź ich całkowite usunięcie i zastąpienie nowymi, pozwoliły wyeliminować ww. rodzaj uszkodzeń nawierzchni. W przypadku nowych warstw podatnych w budowywane mieszanki charakteryzowały się rozbudowanym szkieletem mineralnym (zwiększono ilość frakcji grysowych) oraz podwyższoną kohezją mastyksu (mniejsza ilość asfaltu przy zbliżonej powierzchni właściwej kruszywa drobnego), co zapewniało odporność na powstawanie deformacji trwałych. Miało to jednak swoje negatywne strony, objawiające się m.in. zwiększoną podatnością warstw ściernych na oddziaływanie czynników klimatyczno-pogodowych oraz ograniczeniem trwałości zmęczeniowej warstw nośnych. Skutkiem tego

były pojawiające się stosunkowo szybko miejscowe ubytki, złuszczenia czy różnego rodzaju spękania. Sposób naprawy tego rodzaju zniszczeń wymaga już odmiennego podejścia, wynikającego m.in. z przyczyny powstałego uszkodzenia, ale również z jakości materiałów warstwy. Nowe mieszanki były poddawane szczegółowej kontroli jakości, zarówno ze strony producentów jak i nadzoru inwestorskiego, co w chwili obecnej daje gwarancje stabilności i powtarzalności składu MMA.

Przyczyną obserwowanych w chwili obecnej uszkodzeń jest najczęściej asfalt, a dokładnie zbyt mała jego ilość w mieszance lub zbyt duża twardość [1, 2, 3]. Drugi z parametrów może być następstwem zastosowania asfaltu o zbyt małej penetracji lub zesterzenia się lepiszcza w wyniku utlenienia [6]. W większości przypadków szkielet mineralny jest dostosowany do warunków obciążenia ruchem pojazdów samochodowych i może spełniać swoją funkcję w kolejnych latach.

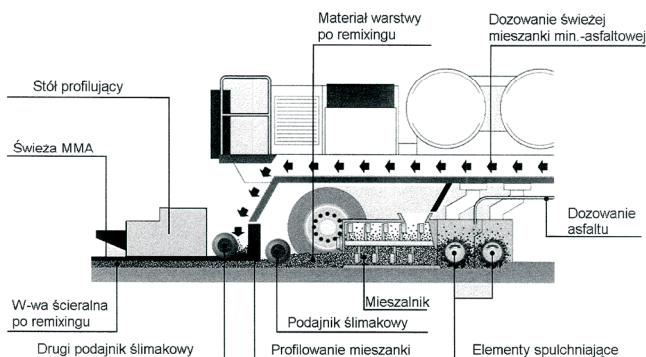
Naprawa ww. uszkodzeń nawierzchni ogranicza się najczęściej do frezowania i wbudowania nowej warstwy lub warstw. Destrukt jest wykorzystywany w niektórych przypadkach do produkcji nowej mieszanki. Niestety, najczęściej jego ilość jest niewielka (ok. 10-20%), co jest wynikiem niedostosowania funkcjonujących w kraju Wytwórni Mas Bitumicznych (WMB) do zastosowania zwiększonych udziałów destruktu. Decyduje w tym przypadku sposób dozowania destruktu, który jest podawany jako zimny bezpośrednio do mieszalnika. Ilość tą można zwiększyć, przy czym to wymusza wprowadzenia dodatkowego bębna suszącego i podgrzewającego destruktu (przy WMB o produkcji cyklicznej) bądź stosowanie maszyn o produkcji ciągłej z mieszalnikiem bębnowym o podwójnym bębnie [1, 3].

2. Technologia remixingu na miejscu

Technologia remixingu na gorąco na miejscu umożliwia maksymalne wykorzystanie materiałów zalegających w nawierzchni, a tym samym ogranicza negatywne oddziaływania na środowisko naturalne i poprawia wskaźniki ekonomiczne. Dodatkowo pozwala obniżyć emisję szkodliwych związków do atmosfery (m.in. poprzez obniżenie temperatury wytwarzania, czy w tym wypadku przetwarzania MMA, ograniczenia w transporcie – roboty prowadzone na miejscu itp.) ale również ogranicza zużycie surowców mineralnych (w znacznej mierze kruszywa i częściowo lepiszcza asfaltowego). Dodatkową zaletą ww. technologii są niższe koszty remontów i krótszy czas ich realizacji.

Remixing na gorąco jest technologią wykorzystywaną przede wszystkim do warstw wierzchnich, umożliwiającą ponowne wykorzystanie w 100% zalegającego w konstrukcji materiału, jego przetworzenie i ponowne wbudowanie [2, 5]. Dopuszcza przeprowadzenia korekty składu zarówno w zakresie mieszanki mineralnej (jej uziarnienia) jak i lepiszcza asfaltowego (ilości i rodzaju). Pozwala to uzyskać warstwę spełniającą wszystkie wymagania przewidziane normami czy dokumentami technicznymi, ale przede wszystkim odporną na działanie czynników zewnętrznych. Stosowanie tej metody wymusza jednak przeprowadzenia szczegółowych wstępnych badań w zakresie właściwości materiałów zalegających w warstwie, która jest przeznaczona do naprawy. Wyniki tych badań powinny dać odpowiedź – czy zalegająca w warstwie mieszanka może być ponownie wykorzystana bez konieczności wprowadzania zmian w jej składzie, czy też wymaga ich. W większości przypadków korekta jest niezbędna, przede wszystkim ze względu na utwardzenie lepiszcza asfaltowego warstwy ścieralnej. Jeżeli poziom jego zesterzenia (utwardzenia) zostanie zredukowany poprzez zastosowanie środków odświeżających (obniżających twardość lepiszcza i jego lepkość) to remixowana warstwa może pełnić dalej swoją funkcję

w konstrukcji (przy odpowiedniej jakości i stanie warstw niżej leżących). Może również stanowić warstwę wzmacniającą konstrukcję (w. wiążącą), którą dodatkowo należy zabezpieczyć warstwą ścieralną. Grubość warstwy wierzchniej może zostać ograniczona nawet do 2-3 cm. Uzyskuje się to dzięki jednoczesnemu wbudowywaniu warstwy remiksowanej i ścieralnej. Pozwala na to specjalistyczny zespół urządzeń, składający się z pakietu nagrzewnic, remixera (rys. 1) oraz walców drogowych.



Rys. 1. Remixing na gorąco (*in situ*) z odświeżaniem lepiszcza i dodatkową warstwą ścieralną [4]

Podstawowym czynnikiem hamującym upowszechnienie technologii remixingu są obawy związane z przesztywnieniem starej mieszanki na skutek procesu jej podgrzewania, mimo zastosowania lepiszcza odświeżającego. Służą do tego promienniki podczerwieni. Są to urządzenia, w którym ciepło jest pozyskiwane ze spalania gazu (w temp. 700°C do nawet 1000°C). Płomień nie oddziałuje bezpośrednio na nawierzchnię, ale jest przekazywany w wyniku promieniowania podczerwonego z podgrzewanych metalowych płyt. Przy nagrzewnicach pracujących na niewłaściwej wysokości bardzo wysokie temperatury mogą doprowadzić do przepalenia asfaltu (koksowania), co utrudnia proces jego odświeżenia (a nawet uniemożliwia), a tym samym dyskwalifikuje mieszankę do zastosowania nawet do warstw wiążących czy podbudów. W efekcie remiksowane warstwy nawierzchni nie są odporne na działanie czynników zewnętrznych, co znacząco ogranicza ich żywotność.

Obawy inwestorów można zniwelować poprzez zmianę sposobu ogrzewania nawierzchni, a przede wszystkim obniżenie temperatury. Proces ten można podzielić na dwa etapy: w pierwszym nawierzchnia jest podgrzewana konwekcyjnie (temperatura powierzchni grzejnej ok. 250°C, prędkość nadmuchu ok. 20 m/s) do ok. 60-70°C i spulchniania, w drugim ogrzewanie konwekcyjne jest kontynuowane przy prędkości nadmuchu ok. 15 m/s do uzyskania przez mieszankę temperatury ok. 120-130°C. Proces podgrzewania może zostać wydłużony o ok. 10-15%, ale praktycznie eliminowane jest zjawisko przepalenia asfaltu. Przy zwiększeniu powierzchni nagrzewnic (ich długości) można uzyskać zbliżony poziom wydajności.

3. Odświeżanie starej mieszanki mineralno-asfaltowej

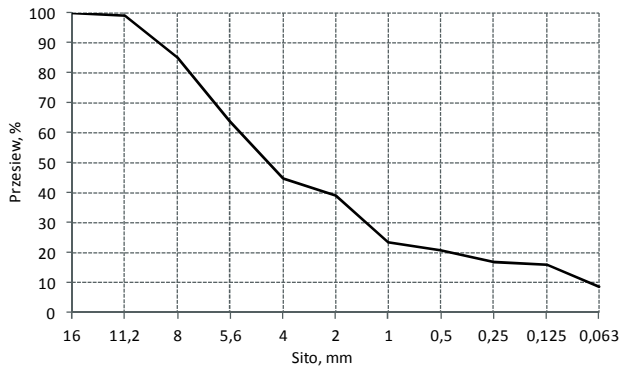
Wraz z okresem użytkowania mieszanki mineralno-asfaltowe (przede wszystkim warstw wierzchnich) są coraz mniej odporne na działania czynników zewnętrznych. Stają się kruche, niezdolne do relaksacji naprężeń, skutkiem czego są pojawiające się spękania, ubytki, złuszczenia. Przyczyną jest postępujący w czasie proces utleniania asfaltu na skutek działania tlenu z powietrza i promieniowania UV. Działaniem poprawiającym właściwości takiej warstwy (przy stabilnym szkielecie mineralnym) jest zmiękczenie asfaltu, poprzez

odatek niewielkiej ilości środków odświeżających bądź nowego lepiszcza. Efektywność procesu uzyskuje się przy zapewnieniu połączenia „starego z nowym” i ich kompatybilności.

W ZUT w Szczecinie przeprowadzono badania wstępne nad możliwością zastosowania olejów roślinnych, mineralnych (zużytych) oraz ekstraktu olejowo-żywicznego z destylacji ropy naftowej. Do analiz wykorzystano sfrezowaną mieszankę mineralno-asfaltową z warstwy ścieralnej. Pierwszym etapem badań była analiza składu MMA (destrukt) oraz podstawowych właściwości wyekstrahowanego lepiszcza asfaltowego (penetracji, temperatury mięknięcia PiK). Wyniki przedstawiono w tab. 1 i na rys. 2.

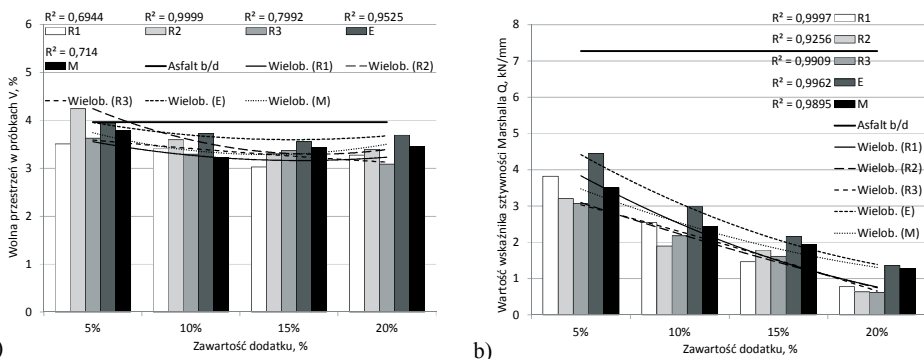
Tabela 1. Wyniki badań wyekstrahowanego lepiszcza ze starej MMA

Rodzaj badania	Metodyka badań	Wartość		
		min.	max.	średnia
Zawartość lepiszcza, %	PN-EN 12697-1	4,7	5,1	4,9
	PN-EN 12697-3			
Penetracja w 25°C, ×0,1 mm	PN-EN 1426	39	44	41
Temperatura mięknięcia wg PiK, °C	PN-EN 1427	57,4	60,2	59,3



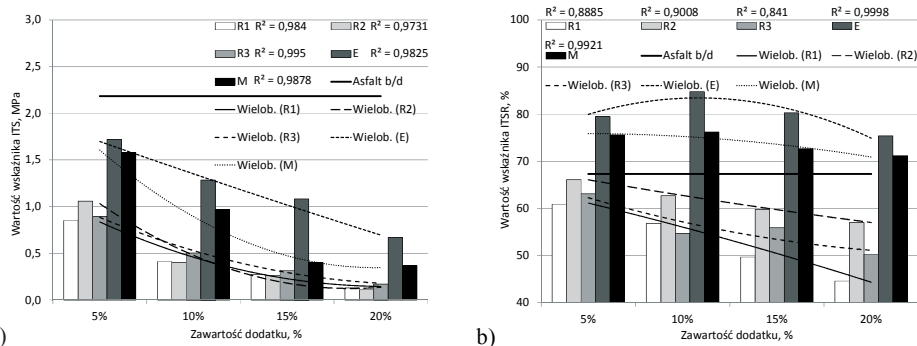
Rys. 2. Uziarnienie mieszanki mineralnej pozyskanej z destrukt

Wyniki badań świadczą, że sfrezowana mieszanka mineralno-asfaltowa pod względem składu odpowiada warstwie ścieralnej z betonu asfaltowego o uziarnieniu do 12,8 mm (wg PN-S-96025). Jako lepiszcze zastosowano prawdopodobnie asfalt D50 (wg PN-65/C-96170).



Rys. 3. Wpływ rodzaju i ilości środka odświeżającego na: a) zawartość wolnej przestrzeni w próbce MMA, b) wskaźnik sztywności wg Marshalla w 60°C

Dalsze badania obejmowały określenie zmian cech fizyczno-wytrzymałościowych nowo uformowanych próbek z czystego destruktu i z udziałem dodatków odświeżających w ilości 5, 10 i 15% (w stosunku do masy asfaltu). Jako dodatki do zmiękczenia lepiszcza z destruktu zastosowano trzy oleje roślinne (słonecznikowy, rzepakowy, arachidowy oznaczone jako R1, R2 i R3), ekstrakt olejowo-żywiczy firmy Lotos (E) oraz przetworzony olej mineralny (M). Wykonano oznaczenia na próbkach zagęszczanych w ubijaku Marshalla w temperaturze 140°C. Próbki do badania zawartości wolnej przestrzeni i wskaźnika sztywności wg Marshalla zagęszczano energią 2×75 uderzeń na stronę. W przypadku wskaźnika ITS ilość uderzeń wynosiła 50 na każdą stronę próbki, natomiast dla ITSR – 2×35. Wyniki badań przedstawiono na rys. 3-4.



Rys. 4. Wpływ rodzaju i ilości środka odświeżającego na wartość wskaźnika ITS i ITSR w 25°C

Uzyskane wyniki z badań nie dały jednoznacznej odpowiedzi na temat możliwości bezpośredniego wykorzystania wytypowanych dodatków do odświeżania starych MMA. Za takim rozwiązaniem przemawia wzrost gęstości objętościowej próbek formowanych z dodatkami (zmniejszenie wolnej przestrzeni) oraz spadek wartości wskaźnika sztywności Q , świadczące m.in. o obniżeniu lepkości lepiszcza. Niekorzystne parametry, szczególnie w przypadku olejów roślinnych, uzyskano w badaniach ITS i ITSR. Zanotowano spadek wartości wskaźników, przy czym szczególnie niepokojącym jest zmniejszenie odporności próbek na działanie wody i mrozu (ITSR) w stosunku do próbek uformowanych z destruktu. Może to świadczyć o braku połączenia starego lepiszcza z środkiem odświeżającym. Potwierdzeniem tego mogą być wyniki wskaźnika ITS, które z jednej strony wskazują na obniżenie kohezji mastyksu (będące następstwem zmniejszenia lepkości lepiszcza), z drugiej jednak znaczący spadek wartości może świadczyć o płaszczyznach poślizgu pomiędzy poszczególnymi elementami struktury mieszanki (kruszywa w otocze lepiszcza z dodatkową błonką oleju). Świadczyć mogą o tym również zabrudzenia w postaci plam oleju, które pojawiły się na powierzchni wody (przy badaniu gęstości objętościowej próbek w stanie powierzchniowo osuszonym). Zdecydowanie lepiej w tym badaniu zachowują się próbki z dodatkami mineralnymi, a szczególnie ekstraktem olejowo-żywiczym.

Celem potwierdzenia niewłaściwego połączenia asfaltu z dodatkiem odświeżającym wykonano badania lepiszcza odzyskanego (penetracji i temperatury mięknięcia) z poszczególnych mieszanek, przy zawartości 10% dodatku (tabl. 2).

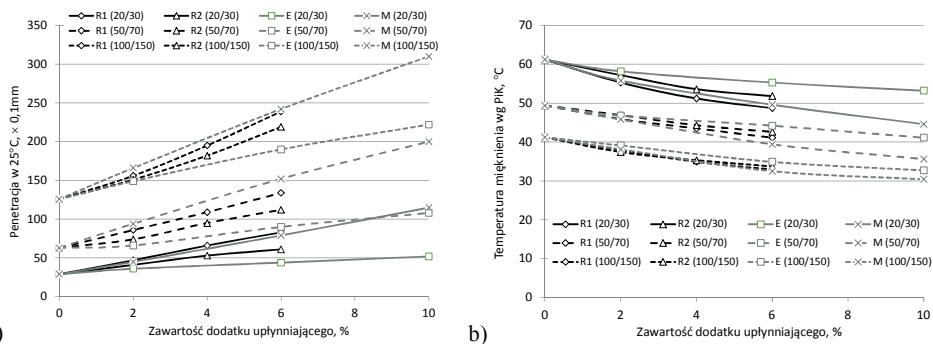
Tabela 2. Wyniki badań wyekstrahowanego lepiszcza z odświeżonej MMA z 10% zawartością dodatku

Rodzaj badania		Wartość				
		R1	R2	R3	E	M
Penetracja w 25°C, ×0,1 mm	PN-EN 1426	45	47	44	63	53
Temperatura mięknięcia wg PiK, °C	PN-EN 1427	57,9	58,6	58,2	52,3	55,9

Wyniki badań potwierdziły przypuszczenia związane z brakiem połączenia olejów (szczególnie pochodzenia roślinnego) z lepiszczem zawartym w destrukcie. Przyczyną takiego zachowania są różnice w budowie obu materiałów (estry kwasów tłuszczowych w przypadku olejów i mieszaniny węglowodorów naftenowych, parafinowych i aromatycznych w asfaltach), zbyt krótki czas mieszania jak również brak środków ułatwiających proces homogenizacji (np. dodatków PAS lub emulgatorów). Lepsze połączenie uzyskano dla ekstraktu, przy czym jest to materiał o budowie zbliżonej do asfaltu. Jednak i tutaj nie doszło do pełnej homogenizacji obu materiałów. Wartości pośrednie wykazywała mieszanina asfaltu i oleju mineralnego, przy czym dla tego dodatku zaobserwowano znaczne dymienie podczas mieszania z destruktem. Świadczy to o odparowywaniu lekkich związków węglowodorowych z oleju, co tym samym negatywnie wpływa na środowisko naturalne.

4. Badania asfaltów z dodatkami odświeżającymi

Brak dobrego połączenia dodatków odświeżających (przede wszystkim olejów roślinnych) z lepiszczem asfaltowym z destruktu wymusił konieczność przeprowadzenia badań uzupełniających bezpośrednio na mieszaninach tych składników, tj. asfaltu i dodatku. Do badań wykorzystano trzy rodzaje asfaltów o zróżnicowanej twardości, tj. asfalt drogowy 20/30, 50/70 i 100/150. Zmięczano je dwoma olejami roślinnymi: słonecznikowym (R1) i rzepakowym (R2) (w ilości 2, 4 i 6%) oraz ekstraktem olejowo-żywicznym (E) i przepracowanym olejem mineralnym (M) (w ilości 2, 6 i 10%). W celu poprawy kompatybilności składników zastosowano środek adhezyjny na bazie amin w ilości 0,3% (przy oleju mineralnym i ekstrakcie) i 1,0% (przy olejach roślinnych). Nie wyeliminowało to jednak zjawiska segregacji mieszanin, co stwierdzono na podstawie wyników testu tubowego (szczególnie olejów roślinnych oraz w mniejszym stopniu oleju mineralnego). W przypadku mieszaniny asfaltu i ekstraktu olejowo-żywicznego poziom jednorodności był wysoki (różnice pomiędzy właściwościami próbek z góry i dołu tuby nie przekraczały 15%).

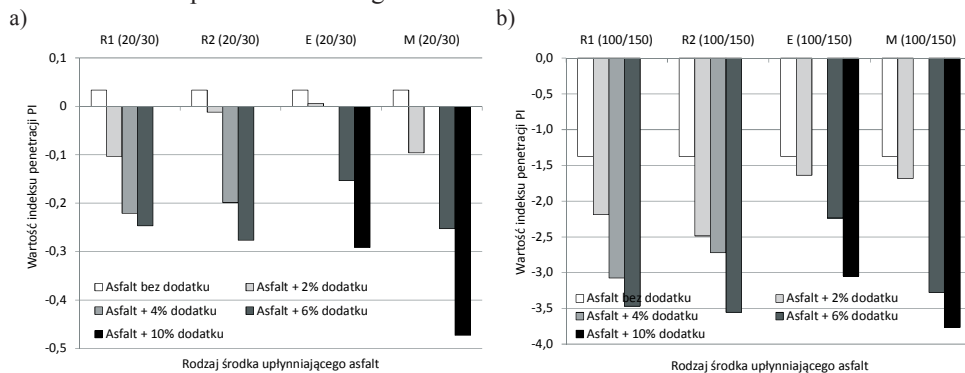


Rys. 5. Wpływ rodzaju i ilości środka odświeżającego na zmianę: a) penetracji asfaltów w temperaturze 25°C, b) temperatury mięknienia wg PiK

Zjawisko segregacji było wynikiem przede wszystkim różnicy w gęstościach poszczególnych składników. Uzyskanie w miarę jednorodnych próbek materiału wymagało odpowiedniego ich przygotowania. Polegało to przede wszystkim na intensywnym mieszaniu konglomeratu w czasie jego stygnięcia. Wzrost lepkości asfaltu ograniczył stopień segregacji. Na przygotowanych próbkach mieszanin przeprowadzono badania penetracji w 25 i 5°C i temperatury mięknienia wg PiK. Dodatkowo oznaczono wartość

indeksu penetracji PI. Częściowe wyniki badań asfaltów z dodatkami przedstawiono na rys. 5-6.

Uzyskane wyniki z badań penetracji i temperatury mięknięcia oraz obliczone wartości indeksu penetracji PI wskazują na upłynniający charakter zastosowanych dodatków. Podobne pod względem efektywności oddziaływania na asfalt są wszystkie trzy oleje, dwa roślinne i mineralny. Jest to wynikiem zarówno zbliżonego poziomu lepkości tych środków jak i ich gęstości. Mniejszy stopień oddziaływania obserwuje się w przypadku ekstraktu olejowo-żywicznego, którego gęstość jest zbliżona do gęstości asfaltu, a w temperaturze otoczenia ma on postać ciała stałego.



Rys. 6. Wpływ rodzaju i ilości środka odświeżającego na wartość indeksu penetracji PI oznaczonego na podstawie penetracji w temperaturze 25°C i temperatury mięknięcia dla asfaltu: a) 20/30, b) 100/150

5. Wnioski

Technologia remixingu na gorąco (in situ) powinna być stosowana w przypadku stabilnych składów mieszanek warstw wierzchnich (zarówno w zakresie uziarnienia jak i ilości lepiszcza asfaltowego). Konieczny jest jednak bardzo ścisły nadzór technologiczny, przede wszystkim na etapie podgrzewania nawierzchni. Przy zwiększonej ilości odświeżacza należy stosować dodatkowe środki ułatwiające proces homogenizacji, a proces mieszania powinien być wydłużony.

Przeprowadzone badania zarówno na mieszanekach mineralno-asfaltowych jak i czystych asfaltach wskazują, że istnieje możliwość poprawy cech lepkich tych materiałów. Można do tego celu wykorzystywać różne dodatki upłynniające, zarówno pochodne ropy naftowej jak i powstałe ze źródeł odnawialnych. Ze względu na różnice we właściwościach tych związków konieczne jest stosowanie środków umożliwiających obniżenie napięcia powierzchniowego na granicy faz łączonych materiałów i poprawę ich zdolności do łączenia. Zastosowany na etapie badań wstępnych środek adhezyjny poprawił kompatybilność i stabilność mieszaniny asfaltu i olejów. Pełna zdolność do połączenia tych materiałów, i idąc dalej kompatybilność z lepiszczem zawartym w starych mieszanekach wymaga jeszcze dalszych badań, nie tylko z użyciem środków emulgujących, ale również substancji fluktuujących (upłynniających). Próby wykonane z olejami roślinnymi (R1-R3) nie mogły dać pozytywnych wyników, głównie z powodu występowania w ich składzie węglowodórów nienasyconych, silnie obniżających temperaturę topnienia olejów (nawet poniżej 0°C). To powoduje, że w wyższych temperaturach oleje różnią się pod względem gęstości od zmiekczonego asfaltu. Stąd możliwość homogenizacji tych składników jest trudna, nawet przy zastosowaniu najbardziej skutecznych emulgatorów. Większą skuteczność łączenia można osiągnąć stosując oleje mineralne lub tłuszcze zwierzęce (łuj, smalec).

Szczególnie dobrą zdolnością do łączenia się ze starym lepiszczem z destruktu wykazał się ekstrakt olejowo-żywiczny. Przy jego zastosowaniu zmiany właściwości w czystym asfalcie i lepiszczu z MMA były najbardziej do siebie zbliżone. Dla przykładu wzrost penetracji w asfalcie 50/70 (przy zastosowaniu 10% dodatku) jest na poziomie 76%, natomiast przy lepiszczu wyekstrahowanym z destruktu wyniósł on 54%. Spadek temperatury mięknięcia w asfalcie 50/70 wyniósł 15,4%, a dla lepiszcza z destruktu sięga 11,8%.

Literatura

- 1 Brown D.: Recycling practices for HMA. Special Report No. 187, National Asphalt Pavement Association (2000) 7-9.
- 2 Button J.W., Little D.N., Estakhri C.K.: Hot in-place recycling of asphalt concrete. Synthesis of Highway Practice 193, TRB, National Research Council, Washington, DC, 1994.
- 3 Holtz K., Eighmy T.T.: Scanning European advances in the use of recycled materials in highway construction. Public Roads 64 (2000) 34-40.
- 4 Materiały informacyjne firmy Wirtgen. Efficient hot recycling – an accepted method around the globe. The world of Wirtgen hot recyclers. Wirtgen GmbH, 2008.
- 5 Mosey J.R., Defoe J.H.: In-place recycling of asphalt pavements. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 48 (1979) 240-251.
- 6 Wolters R.O.: Bitumenous hot mix recycling in Minnesota. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 48 (1979) 295-327.

Possibility of refreshing binders in old asphalt pavements

Paweł Mieczkowski

*Department of Road, Bridges and Construction Materials, Faculty of Civil Engineering and Architecture, West Pomeranian University of Technology Szczecin,
e-mail: pawel.mieczkowski@zut.edu.pl*

Abstract: Asphalt pavements in Poland need renovation. One of the main reasons for their destruction (cracks, losses of grains, chippings) is too small amount of bitumen and its hardness, which is the result of aging. In this case, repairs can be performed in hot recycling technology in place. However, this requires changes in the way of heating the pavement and the use of special refreshing additives. The studies indicate that for this purpose you can use various means, both derivatives of petroleum (mineral oil, oil-resin product) and produced from renewable sources (vegetable oils). However, they require the use of additional preparations to help them connect with old bitumen and increase the compatibility of mixtures. The study of base bitumen and asphalt mixtures suggests that such a role may meet improving adhesion additives, wherein the efficiency of the process should be improved, especially in the case of vegetable and mineral oils.

Keywords: hot recycling in-place, asphalt, bitumen, refreshing additives