

Regeneracja bitumicznych nawierzchni drogowych modyfikatorami otrzymywanymi z surowców ekologicznych

Michał Babiak¹, Maria Ratajczak², Jacek Kosno³

¹ *Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, e-mail: michal.babiak@put.poznan.pl*

² *Instytut Konstrukcji Budowlanych, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Poznańska, e-mail: maria.ratajczak@put.poznan.pl*

³ *Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” w Kędzierzynie-Koźlu, e-mail: kosno.j@icso.com.pl*

Streszczenie: Wykorzystanie granulatu asfaltowego do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych jest technologią powszechnie znaną i stosowaną na szeroką skalę w wielu krajach Unii Europejskiej. Prym w tej dziedzinie wiodą Holendrzy, Niemcy i Duńczycy. W Polsce regulacje prawne umożliwiają stosowanie w mieszankach mineralno-asfaltowych dodatek granulatu asfaltowego w ilości do 30%. Wprowadzenie uniwersalnego dodatku do destruktu asfaltowego, który poprzez zmianę parametrów reologicznych lepiszczy, zwiększy jego adhezję, umożliwi zastosowanie zwiększonej ilości granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej.

Słowa kluczowe: asfalt, granulatu asfaltowy, nawierzchnia drogowa, regeneracja.

1. Wprowadzenie

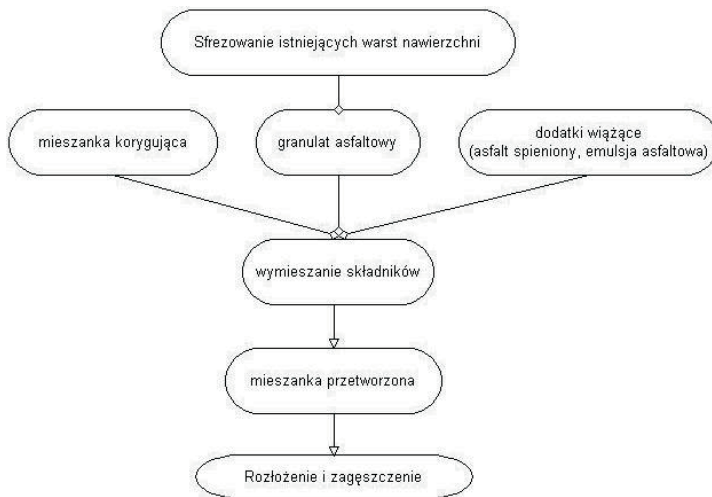
Budowa nawierzchni drogowych o podwyższonej trwałości zmęczeniowej przy zastosowaniu materiałów z recyklingu jest szczególnie istotna ze względu na rosnące natężenie ruchu samochodowego oraz wzrost obciążenia osi pojazdów. Zaniedbania ze strony zarządców dróg w zakresie utrzymania i ich naprawy doprowadzają do szybszego zniszczenia nawierzchni. Obecnie stosowane metody naprawy, przebudowy i przystosowania do aktualnych warunków ruchu infrastruktury drogowej (o nawierzchni asfaltowej) wymagają frezowania starej i zniszczonej warstwy. Pozyskana w ten sposób mieszanka mineralno-asfaltowa nazywana jest destruktem asfaltowym, a ten po przetworzeniu i określeniu parametrów technicznych granulatem asfaltowym. Stosowanie granulatu asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych jest zgodne z polityką Unii Europejskiej, która jest ukierunkowana na zapobieganie powstawania odpadów. Ochrona środowiska, stosowanie materiałów recyklingowych oraz obniżenie kosztów inwestycji drogowych są podstawowymi kryteriami stosowanymi w nowoczesnym, zrównoważonym budownictwie drogowym.

2. Recykling nawierzchni drogowych

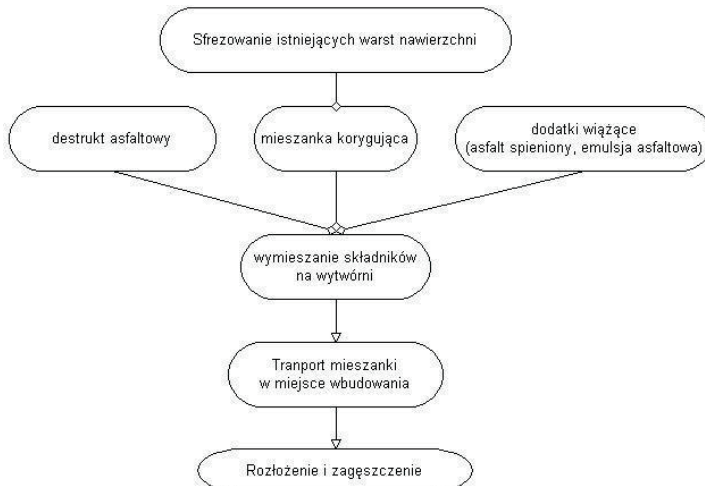
Głównym materiałem używanym do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej jest kruszywo naturalne – stanowi ono około 90-95% całości mieszanki. Jego pozyskiwanie niekorzystnie wpływa na środowisko naturalne. Budowa i eksploatacja kopalń surowców drogowych powoduje nieodwracalną degradację środowiska naturalnego. Dodatkowym

źródłem zanieczyszczenia środowiska jest emisja spalin z silników samochodów przewożących kruszywo drogowe do wytwórni mas bitumicznych.

Remonty dróg o nawierzchni asfaltowej wymagają frezowania starej i zniszczonej warstwy, wskutek czego powstaje odpad w postaci destruktu asfaltowego. Nawierzchnia poddana recyklingowi może być ponownie wykorzystana do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Umożliwia to skuteczne i bezpieczne zagospodarowanie odpadów oraz ogranicza zapotrzebowanie na kruszywa naturalne. Zgodnie z obowiązującymi w Polsce przepisami 1 możliwe jest stosowanie w mieszankach mineralno-asfaltowych granulatu asfaltowego w ilości do 20% w „metodzie na zimno” oraz do 30% w „metodzie na gorąco”. Proces recyklingu można wykonać na miejscu (recykling in situ) lub w wytwórni mas bitumicznych (recykling in place). Recykling wykonywany w wytwórni mas bitumicznych pozwala na dokładne dozowanie materiału oraz kontrolę składu nowopowstałej mieszanki mineralno-asfaltowej, zminimalizowany jest również wpływ warunków atmosferycznych.



Rys. 1. Schemat recyklingu na miejscu 2



Rys. 2. Schemat recyklingu w wytwórni mas bitumicznych 2

Pomimo iż są to technologie powszechnie znane i stosowane w Europie, to na polskim rynku jedynie 0,2 % wbudowywanych mieszanek mineralno-asfaltowych zawiera w swoim składzie granulaty asfaltowy, gdzie w sąsiednich Niemczech ponad 60% nowych nawierzchni wykonywana jest z zastosowaniem recyklingowego materiału, jakim jest granulaty asfaltowy 3.

Tabela 1. Wykorzystanie destruktu asfaltowego w nowych mieszankach mineralno-asfaltowych 3

Kraj	Rok							
	2010		2012		2013		2014	
	Dostępność destruktu asfaltowego, Mg	MMA z udziałem destruktu, %	Dostępność destruktu asfaltowego, Mg	MMA z udziałem destruktu, %	Dostępność destruktu asfaltowego, Mg	MMA z udziałem destruktu, %	Dostępność destruktu asfaltowego, Mg	MMA z udziałem destruktu, %
Austria	500 000	-	750 000	-	750 000	-	1 500 000	-
Belgia	1 500 000	47	1 500 000	49	1 500 000	51	1 500 000	-
Czechy	1 650 000	10	1 400 000	10	1 450 000	10	1 600 000	-
Dania	350 000	39	580 000	47	790 000	58	1 300 000	-
Finlandia	1 000 000	65	1 000 000	65	860 000	20	1 000 000	-
Francja	7 080 000	-	6 500 000	>60	6 900 000	>65	9 243 000	-
Niemcy	14 000 000	60	11 500 000	97	11 500 000	-	10 900 000	-
Węgry	44 580	10	100 777	46	88 000	20	20 000	-
Islandia	15 000	2,5	15 000	2,5	15 000	3,0	15 000	-
Irlandia	100 000	2,0	150 000	10	150 000	-	-	-
Włochy	11 000 000	-	10 000 000	-	10 000 000	-	9 000 000	-
Holandia	4 000 000	67	4 000 000	73	4 500 000	70	4 500 000	-
Norwegia	750 000	8	787 689	13	686 268	20	837 410	-
Polska	110 000	0,2	100 000	0,2	-	-	-	-
Rumunia	40 000	<5	20 000	5,0	22 000	10	20 000	-
Hiszpania	1 590 000	11	368 000	6,4	205 000	1,3	390 000	-
Szwecja	1 100 000	60	1 000 000	70	900 000	70	1 200 000	-
Szwajcaria	1 450 000	21	1 575 000	24	1 370 000	27	1 000 000	-
Turcja	2 420 000	10	3 816 000	1	1 200 000	1	2 340 000	-

W Polsce największym ograniczeniem stosowania nowych rozwiązań i technologii są precyzyjne przepisy techniczne, a zwłaszcza specyfikacje techniczne dotyczące budowy nawierzchni bitumicznych. Obecnie Wymagania Techniczne WT-2 2014 ograniczają stosowanie granulatu asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych do 30%. Dokument ten zawiera wytyczne technologiczne obowiązujące podczas fazy projektowej procesu budowlanego. Pomimo, że warunki techniczne umożliwiają stosowanie granulatu asfaltowego podczas przebudowy, naprawy i budowy dróg, to specyfikacje techniczne sporządzone przez inwestorów (zarządców dróg) często odrzucają takie rozwiązania. Obawy przed niską jakością proponowanych rozwiązań są nieuzasadnione, czego dowodem jest powszechność tego typu rozwiązań w krajach zachodnich (Niemcy, Szwecja, Holandia, Dania, Belgia).

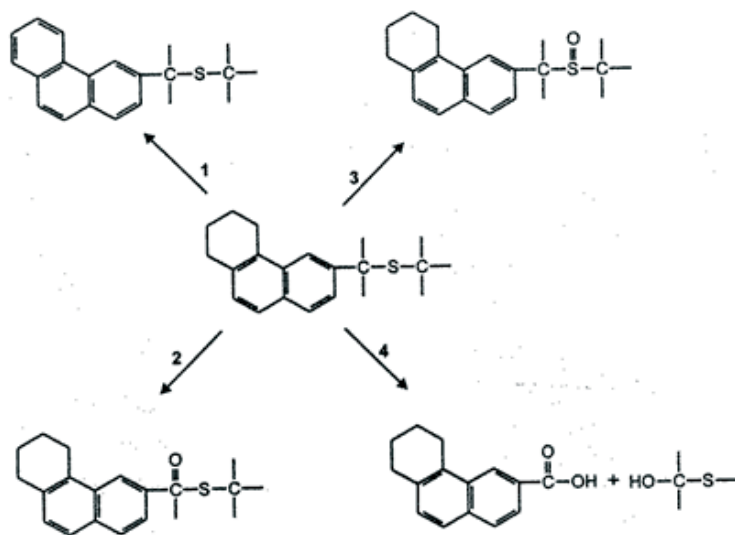
Realizowane w Polsce naprawy dróg w okresie 2008-2012 „wyprodukowały” ok. 1420000 Mg destruktu asfaltowego 3. Zakładając utrzymanie intensywności remontów

drogowych na tym samym poziomie przez najbliższe lata oraz zwiększenie udziału destruktu asfaltowego w nowo wbudowywanych nawierzchniach, można znacząco ograniczyć wydobycie kruszywa naturalnego oraz degradację środowiska naturalnego.

3. Zmiany właściwości fizycznych asfaltów w wyniku procesów starzenia

Lepiszczą zawarte w destrukcie mają pogorszone właściwości użytkowe. Jest to spowodowane zmianami w składzie i w strukturze chemicznej asfaltu. Wraz z upływem czasu asfalt staje się bardziej sztywny, zwiększa się jego lepkość oraz temperatura mięknięcia, a obniża penetracja i ciągliwość. Największy wpływ na zmianę właściwości lepiszczą ma zwiększenie zawartości grup polarnych i oddziaływanie między nimi prowadzące do asocjacji oraz kondensacji i polimeryzacji mniejszych jednostek struktury z utworzeniem struktur o większym ciężarze cząsteczkowym.

W wyniku procesów starzenia w asfalcie zachodzą zmiany struktury chemicznej. Są one wynikiem reakcji tlenu z powietrza z reaktywnymi cząsteczkami w asfalcie. Powstałe produkty utleniania mogą oddziaływać między sobą oraz wchodzić w reakcje z innymi cząsteczkami polarnymi obecnymi w asfalcie 4. Promotorami utleniania są substancje tworzące łatwo wolne rodniki. Energia potrzebna do utworzenia wolnych rodników może być dostarczana przez ogrzanie asfaltu lub pochodzić od promieniowania słonecznego 4. Dlatego w podwyższonej temperaturze rodnikowe reakcje utleniania asfaltu przebiegają z dużą szybkością. Wolne rodniki inicjują reakcje polimeryzacji w asfalcie, wskutek czego zwiększa się jego masa cząsteczkowa. Tlen cząsteczkowy może także wchodzić w reakcje ze związkami zawierającymi wiązania nienasycone bez uprzedniego utworzenia wolnego rodnika 4. Jest to wynikiem występowania w strefie podwójnego wiązania, zwiększonego pola elektrycznego.

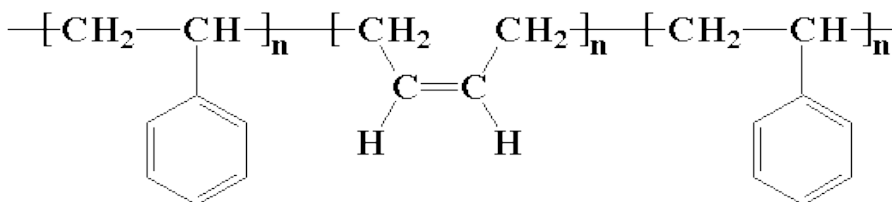


1. – Odwodornienie; 2.- Utlenianie węgla benzyłowego,
3. – Utlenianie siarczków alkilowych; 4.- Rozzerwanie wiązania kowalencyjnego

Rys. 3. Wpływ utleniania na zmiany w strukturze chemicznej asfaltu 5

Najważniejsze reakcje chemiczne zachodzące podczas procesu starzenia przedstawiono na Rys 4. i są to:

- Odwodornienie - odłączenie wodoru za pomocą tlenu z utworzeniem wody i połączenia nienasyconego; w asfaltach zachodzi najczęściej odwodornienie pierścieni naftenowych do pierścieni aromatycznych, które ulegają kondensacji tworząc struktury policykliczne.
- Utlenianie węgla benzyłowego do grupy karbonyłowej; węgiel benzyłowy jest bardzo podatny na utlenianie.
- Utlenianie siarczków alkilowych do sulfotlenków; następuje konwersja obojętnych atomów siarki do silnie polarnych grup $S = O$, które mają znaczny wpływ na twardnienie asfaltu.
- Rozerwanie wiązania kowalencyjnego w cząsteczce i utworzenie kwasu organicznego.



Rys. 4. Wzór strukturalny SBS (styren-butadien-styren 6

Głównymi produktami utleniania asfaltu są ketony i sulfotlenki. W pierwszym etapie utleniania asfaltu w podwyższonej temperaturze, reakcja tworzenia się ketonów jest dominująca 5. W niższej temperaturze, przeważa powstawanie sulfotlenków. Siarczki są bardziej reaktywne niż inne związki znajdujące się w asfalcie, zatem ulegają najłatwiej utlenieniu. Dopiero po utlenieniu większości siarczków zachodzi utlenianie węgla benzyłowego, a jako produkty otrzymuje się związki zawierające grupy karbonyłowe. Około 95% tych związków stanowią ketony, reszta to kwasy karboksylowe i ich bezwodniki. Największe stężenie ketonów występuje we frakcjach żywic i asfaltenów 5.

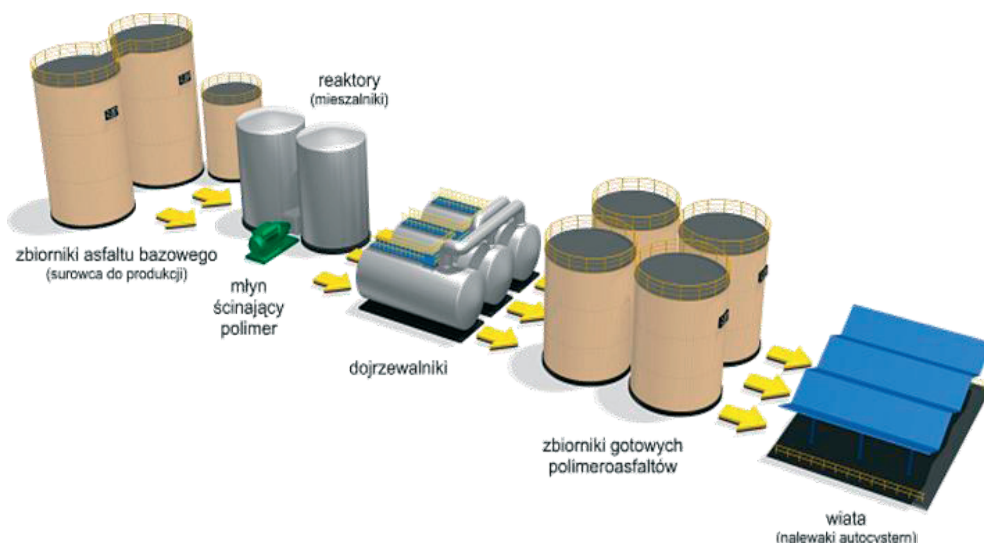
Starzenie lepiszczą wpływa na jego przyczepność do materiału mineralnego. Zmniejszenie mobilności cząsteczek asfaltu wskutek asocjacji i ich częściowe unieruchomienie w pobliżu powierzchni kruszywa zmieniają w znacznym stopniu adhezję. Kwasy karboksylowe, których ilość zwiększa się podczas starzenia asfaltu, są silnie adsorbowane na powierzchni kruszywa i łatwo wypierane z niej przez wodę, przez co przyczyniają się do zniszczenia nawierzchni. Ponadto na skutek zachodzących procesów starzeniowych w lepiszczu wzrasta temperatura łamliwości asfaltu.

4. Fizyczna modyfikacja asfaltu

W celu poprawy parametrów termoplastycznych i właściwości reologicznych lepiszcz oraz w celu spowolnienia procesu starzenia asfaltów stosuje się różnego rodzaju modyfikatory. Obecnie stosowane dodatki do asfaltów to różnego rodzaju polimery – substancje niereagujące chemicznie z asfaltem. Polimery pełnią rolę wypełniacza lub tworzą wewnątrz asfaltu przestrzenną sieć – tzw. sieciowanie fizyczne. Wybrane typy polimerów termoplastycznych można zastosować do modyfikacji asfaltów. Plastomery termoplastyczne (EVA, EMA, APP, EPDM) modyfikując asfalt nie tworzą w nim wewnętrznej sieci, pełnią rolę wypełniacza. Po wprowadzeniu do układu koloidalnego asfaltu stanowią odrębne, niezwią-

zane między sobą cząstki. W efekcie następuje zwiększenie lepkości i sztywności układu. W niskich temperaturach zwiększenie sztywności nie powoduje poprawy zdolności odkształcenia sprężystego. Elastomery tworzą wewnątrz asfaltu przestrzenną sieć – tzw. sieciowanie fizyczne. Do najczęściej wykorzystywanych elastomerów należą kopolimery styrenowo-butadienowe o strukturze nieuporządkowanej.

W drogownictwie, jak i przy produkcji materiałów hydroizolacyjnych, najczęściej stosowanym modyfikatorem bitumów jest SBS (styren-butadien-styren). Zauważa się istotny wpływ modyfikatora na poprawę właściwości w niskich temperaturach, przy jednoczesnej poprawie właściwości w wysokich temperaturach, znacznie poszerza się zakres lepkością asfaltu [7, 8]. Jednak, aby uzyskać pożądany efekt w mieszance mineralno-asfaltowej, konieczna jest modyfikacja na poziomie do 5%. Na podstawie badań własnych zaobserwowano negatywny wpływ modyfikatora tego typu na odporność asfaltu na starzenie. Jest to efekt implikacji starzenia „czystego” asfaltu i polimeru.



Rys. 5. Schemat procesu modyfikacji asfaltu polimerami [9]

Łączenie polimeru z asfaltem wymaga użycia specjalnych młynów oraz przebiega w wysokiej temperaturze. Jest to proces energochłonny i czasochłonny. Należy zwrócić uwagę, że podczas mieszania składników asfalt narażony jest na starzenie technologiczne. Wysoka temperatura oraz intensywne mieszanie wzmagają i przyspieszają proces utleniania asfaltu. W tych warunkach konwencjonalne antyutleniacze są nieskuteczne, gdyż w temperaturze powyżej 180°C utlenianie asfaltu nie ma mechanizmu wolnorodnikowego.

5. Chemiczna modyfikacja asfaltu

Drugą, ważną grupą modyfikatorów są substancje, które wchodzi w reakcje chemiczną z asfaltem, przez co powstaje trwały w czasie i temperaturze związek. Zachodząca reakcja chemiczna gwarantuje lepszą kompatybilność dodatku z asfaltem, w porównaniu z modyfikatorami oddziałującymi na asfalt tylko w sposób fizyczny. Przykładem takiego modyfikatora są imidazoliny.

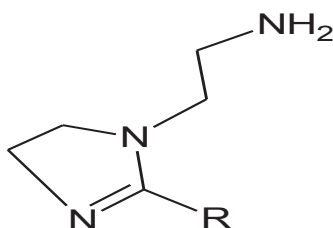
Imidazoliny zalicza się do związków heterocyklicznych. Składają się one z pięciocłonowego pierścienia, w którym są umiejscowione dwa atomy azotu. Imidazoliny zawierają w swej strukturze pierścień 4,5-dihydro-1H-imidazolu.

W zależności od podstawnika w pozycji 2 pierścienia wyróżnia się formy tautomeryczne 10:

- podstawnik w postaci wodoru lub o charakterze węglowodoru,
- podstawnik zawierający związaną z pierścieniem grupę $-SH$, $-OH$, $-NH_4$ lub podstawioną grupę aminową $-NHR$.

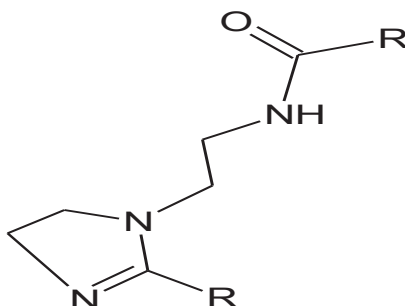
Wyróżnia się dwa podstawowe typy imidazolin:

- Imidzolino typu I



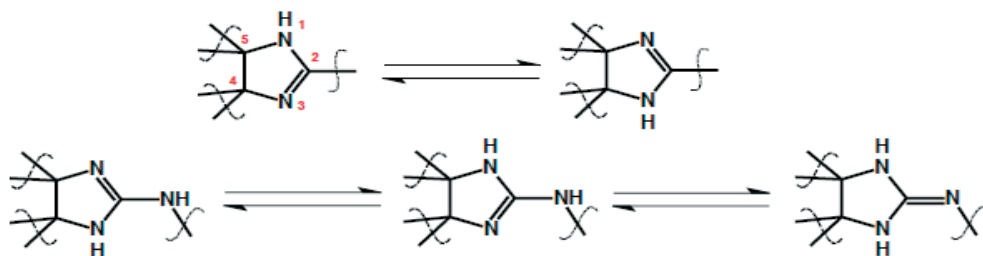
Rys. 6. Schematyczny wzór strukturalny imidazolino typu I 10

- Imidzolino typu II



Rys. 7. Schematyczny wzór strukturalny imidazolino typu II 10

Struktura niezawierająca wiązania podwójnego w pierścieniu nosi nazwę imidazolidyny. Imidazolidyny należą do szerokiej grupy związków powierzchniowo czynnych, wyróżnia się imidazolidyny kationowe i imidazolidyny amfoteryczne.



Rys. 8. Tautomeria pierścienia imidazolidyny oraz 2-iminoimidazolidyny 10

6. Wyniki wstępnych badań laboratoryjnych

Do badań wstępnych wykorzystano asfalt drogowy 160/220 wyprodukowany przez rafinerię PKN Orlen S.A. w Płocku oraz imidazolinę otrzymane w Instytucie Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” w Kędzierzynie Koźlu. Warunki techniczne WT-2 nie dopuszczają wykorzystania asfaltu 160/220 do budowy warstwy ścieralnej, jednak za względu na szereg wcześniejszych badań wykonanych na tym lepiszczu, autorzy zdecydowali się na przeprowadzenie badań wstępnych na asfalcie 160/220. W przypadku uzyskania oczekiwanych wyników projekt badawczy będzie kontynuowany na lepiszczach stosowanych przy produkcji nawierzchni asfaltowych.

Próbki asfaltów („czystych” i modyfikowanych) poddano testom, określając ich temperatury łamliwości metodą Fraassa (T_{Fr}) 11 oraz przyczepność do kruszywa bazaltowego zgodnie z normą 12.

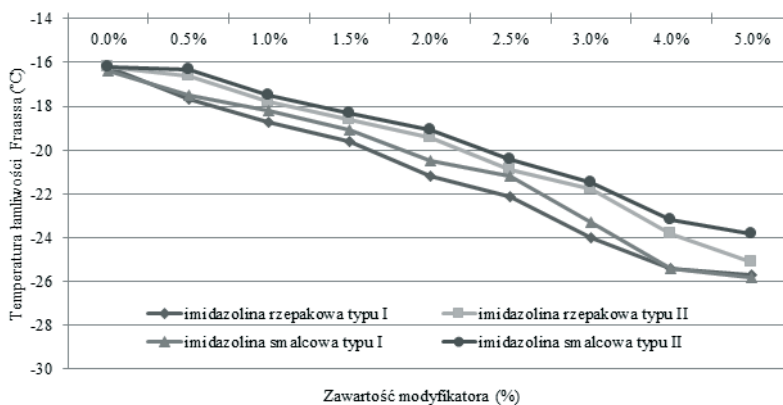
W tabeli 2 oraz na rys. 9 przedstawiono wyniki badań temperatury łamliwości badane metodą Fraassa (T_{Fr}) asfaltu „czystego” i modyfikowanego imidazoliną. Podane wyniki są średnią arytmetyczną z dziesięciu pomiarów. Dla wszystkich próbek asfaltów poddanych modyfikacji odnotowano wprost proporcjonalny spadek parametru. Najniższą wartość temperatury łamliwości odnotowano modyfikując asfalt imidazoliną rzepakowej typu I (spadek o 58,7% w stosunku do asfaltu bez modyfikacji).

Utloniony asfalt zawarty w destrukcie cechuje się wysoką temperaturą łamliwości, przez co staje się kruchy i podatny na spękania. Z obawy przed szkodami mrozowymi, pęknięciami i zniszczeniami niskotemperaturowymi (w polskim klimacie odnotowują się ok 150 cykli przejścia temperatury przez „0”) ogranicza się zastosowanie destruktu zawierającego utlony i usztywniony asfalt w nowych nawierzchniach. Dodatek imidazolinę do asfaltu działa regenerująco – obniża temperaturę łamliwości. Poprawa elastyczności asfaltu w niskich temperaturach umożliwia dodanie większej ilości destruktu do mieszanki mineralno-asfaltowej, bez pogorszenia jej parametrów.

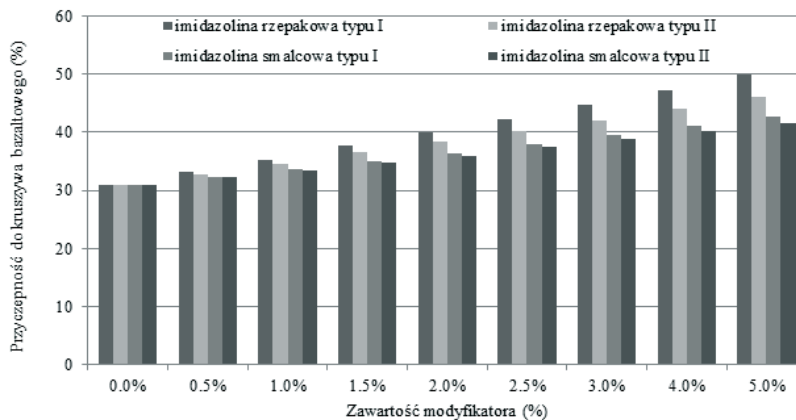
Tabela 2. Temperatura łamliwości asfaltów modyfikowanych imidazoliną

Lp.	Procentowa zawartość modyfikatora (wagowo)	Temperatura łamliwości metodą Fraassa T_{Fr} (°C)			
		Asfalt 160/220 + imidazolina rzepakowa typu I	Asfalt 160/220 + imidazolina rzepakowa typu II	Asfalt 160/220 + imidazolina smalcowa typu I	Asfalt 160/220 + imidazolina smalcowa typu II
1.	0,0%	-16,2	-16,2	-16,4	-16,2
2.	0,5%	-17,7	-16,6	-17,5	-16,3
3.	1,0%	-18,7	-17,8	-18,2	-17,5
4.	1,5%	-19,6	-18,6	-19,1	-18,3
5.	2,0%	-21,2	-19,4	-20,5	-19,1
6.	2,5%	-22,1	-20,9	-21,2	-20,4
7.	3,0%	-24,0	-21,8	-23,3	-21,5
8.	4,0%	-25,4	-23,8	-25,4	-23,2
9.	5,0%	-25,7	-25,1	-25,8	-23,8

Na rys. 10 przedstawiono wyniki badań przyczepności do kruszywa bazaltowego asfaltu „czystego” i modyfikowanego imidazoliną. Dla wszystkich próbek asfaltów poddanych modyfikacji odnotowano wzrost przyczepności. Największy przyrost uzyskano dla próbek asfaltów modyfikowanych imidazoliną rzepakową typu I w ilości 5% (o 60,9%).



Rys. 9. Temperatura łamliwości asfaltów modyfikowanych imidazoliną



Rys. 10. Przyczepności do kruszywa bazaltowego asfaltów modyfikowanych imidazoliną techniczną

7. Podsumowanie

Wstępne badania wykazały, że już niewielki dodatek imidazolin znacznie poprawia adhezję asfaltów do podłoża (do 60%) oraz ma istotny wpływ na zmianę jego temperatury łamliwości, co poszerza zakres lepkosprężysty lepizsca.

Źródłem przewagi proponowanego rozwiązania w stosunku do obecnie stosowanych jest wprowadzenie uniwersalnego dodatku do destruktu asfaltowego, który poprzez zmianę parametrów reologicznych lepizsca, zwiększy jego adhezję umożliwi zastosowanie zwiększonej ilości granulatu asfaltowego w mieszance mineralno-asfaltowej. Możliwość użycia zwiększonej ilości granulatu asfaltowego jest efektem zastosowania dodatku, który regeneruje asfalt, wiąże chemicznie i tworzy z nim trwałe w czasie i temperaturze związki. Wprowadzenie dodatku podczas naprawy dróg metodą in-situ recyklingu na gorąco umożliwi uzyskanie mieszanki mineralno-asfaltowej o parametrach zgodnych z warunkami technicznymi obowiązującymi na terenie kraju.

Kolejną zaletą proponowanego rozwiązania jest jego kompleksowe działanie, wynikające z budowy i struktury chemicznej dodatku, co wyeliminuje konieczność stosowania w trakcie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej innych substancji, takich jak emulgatory czy rozpuszczalniki.

Literatura

1. Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych WT – 2. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne, Warszawa 2014.
2. <http://blogdrogowy.blogspot.com/2013/02/recykling-nawierzchni-asfaltowych.html> (dostęp czerwiec 2016).
3. European Asphalt Pavement Association. Asphalt in Figures (<http://www.eapa.org/promo.php?c=174>).
4. Babiak M., Kosno J. *Imidazoliny jako modyfikatory asfaltów stosowanych do produkcji materiałów hydroizolacyjnych*. Przemysł Chemiczny 4 (2016) 95-98.
5. Gawel I., Kalabińska M., Piłat J. *Asfalty drogowe*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
6. www.pslc.ws (dostęp czerwiec 2016).
7. Martin J.V., Orange G., Baumgardner G. *Performance of road asphalt improved by chemical modification and by combined chemical and polymer modification. Improved rutting and moisture resistance*. Revue Generale des Routes et des Aerodromes 843 (2005).
8. Słowik M., *Wpływ modyfikacji polimerami na właściwości reologiczne asfaltów drogowych*. rozprawa doktorska, Poznań 2001.
9. Błażejowski K., Olszacki J., Peciakowski H. *Poradnik asfaltowy 2009*. ORLEN Asfalt, Płock 2009.
10. Treder A. P. *Synteza oraz właściwości biologiczne pochodnych 4(5)-(2-aminoetylo)imidazoliny*. Rozprawa doktorska, Gdańsk 2008.
11. PN-EN 12593 Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczanie temperatury łamliwości metodą Fraassa.
12. PN-EN 12697-11 Mieszanki mineralno-asfaltowe. Metody badań mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco. Część 11: Oznaczanie powinowactwa pomiędzy kruszywem i asfaltem

Regeneration of pavement with modifiers based on ecological materials

Michał Babiak¹, Maria Ratajczak², Jacek Kosno³

¹ Institute of Structural Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Poznan University of Technology, e-mail: michal.babiak@put.poznan.pl

² Institute of Structural Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Poznan University of Technology, e-mail: maria.ratajczak@put.poznan.pl

³ Institute of Heavy Organic Synthesis „Blachownia” Kędzierzyn-Koźle, e-mail: z.nowacki@pollub.pl

Abstract: The production of the mix asphalt with the feedstock of reclaimed asphalt is very popular technology and widely applied in many countries of European Union. The leaders are Netherland, Germany and Denmark. A polish law regulations allows the manufacture the asphalt mixtures with the content of the feedstock of reclaimed asphalt pavement (RAP) up to 30%. The additive of a universal modifier to the reclaimed asphalt will change the rheological parameters of the bituminous binders, increase the adhesion. The manufacture of the mix asphalt with the larger content of the feedstock of reclaimed asphalt pavement will be possible.

Keywords: asphalt, feedstock of reclaimed asphalt pavement, regeneration.