

WPŁYW WOSKU POLIETYLENOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI ASFALTÓW I BETONÓW ASFALTOWYCH

Paweł Mieczkowski, Bartosz Budziński✉

Wydział Budownictwa i Architektury, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin

STRESZCZENIE

Temperatury produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych sięgają 180–200°C (a w przypadku asfaltów lanych nawet 230–240°C). Skutkiem tego jest emisja do atmosfery znacznej ilości szkodliwych gazów toksycznych i ciepłamianych. Jedną z możliwości obniżenia energochłonności procesu jest stosowanie modyfikatorów obniżających lepkość lepiszcza asfaltowego w zakresie temperatur technologicznych, co umożliwia otoczenia ziaren agregatu mineralnego w niższej temperaturze, poprawiając jednocześnie urabialność mieszanki oraz obniżając temperaturę jej wbudowywania. Do tego rodzaju związków można zaliczyć woski syntetyczne, które obok obniżenia temperatury wytwarzania i wbudowywania MMA zwiększają jej odporność na deformacje trwałe w zakresie temperatury użytkowej. W artykule omówiono wpływ wosku polietylenowego na podstawowe właściwości lepiszcza asfaltowego oraz mieszanek mineralno-asfaltowych w zakresie temperatury użytkowej i technologicznej.

Słowa kluczowe: asfalt, mieszanka mineralno-asfaltowa, wosk polietylenowy

WSTĘP

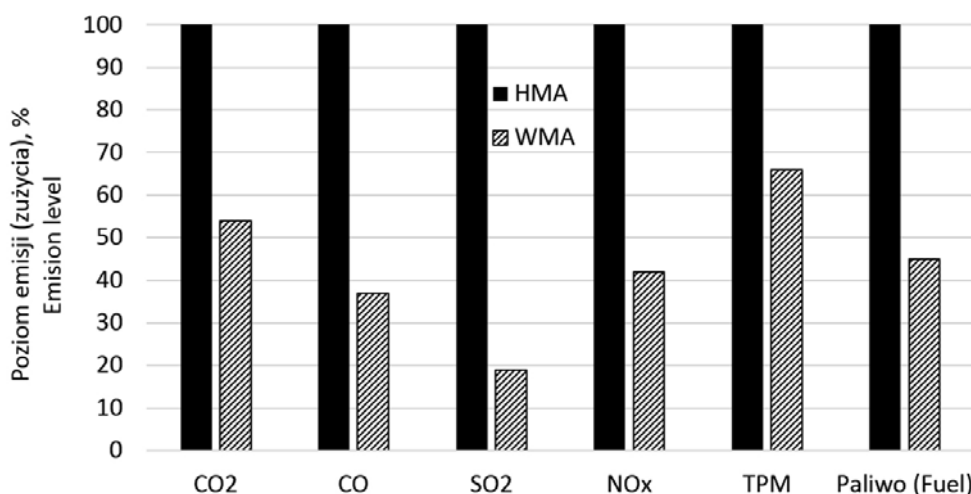
Ochrona środowiska naturalnego powinna wymuszać na uczestnikach procesów przemysłowych podejmowania wszelkich działań, mających na celu obniżenie negatywnych skutków ich działalności, przede wszystkim zużycia energii oraz emisji szkodliwych substancji. W technologii drogowej jednym z bardziej energochłonnych procesów jest produkcja i wbudowywanie mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA). Dominującą jest technologia na gorąco, przy której temperatura wytwarzania typowych mieszanek (HMA – Hot Mix Asphalt) mieści się w zakresie 150–200°C.

Działaniem ograniczającym wydatkowanie energii w tym zakresie jest rozpowszechnianie technologii bazujących na obniżaniu temperatury wytwarzania, tj. technologii na ciepło (WMA – Warm Mix Asphalt),

półciepło (H-WMA – *Half-Warm Mix Asphalt*) oraz na zimno (CMA – *Cold Mix Asphalt*) (Mieczkowski & Budziński, 2016). W przypadku technologii WMA temperatura wytwarzania mieści się w zakresie 100–150°C, natomiast dla H-WMA wynosi ona 70–100°C. Pozwala to jednocześnie znacznie zredukować ilość zanieczyszczeń emitowanych do środowiska w postaci gazów i pyłów, co zobrazowano na rysunku 1.

Zmniejszenie temperatury produkcji w technologii WMA wymaga obniżenia lepkości lepiszcza asfaltowego. Uzyskuje się to m.in. dzięki spienianiu asfaltu (np. w specjalnych instalacjach z komorami spieniania bądź z wykorzystaniem zeolitów) lub z zastosowaniem dodatków chemicznych. Z chemicznych dodatków obniżających lepkość największą popularność uzyskały woski syntetyczne (Edwards, Tasdemir & Isacsson, 2006).

✉bbudzinski@zut.edu.pl



Rys. 1. Porównanie poziomu emisji (zużycia) gazów i pyłów (oraz paliwa) w technologii WMA w stosunku do technologii na gorąco HMA (100%). TPM – całkowita zawartość cząstek stałych

Fig. 1. Emission (usage) of gases and dust particles (and fuel) in the WMA and HMA technology. TPM – total particulate matter

WOSKI POLIETYLENOWE

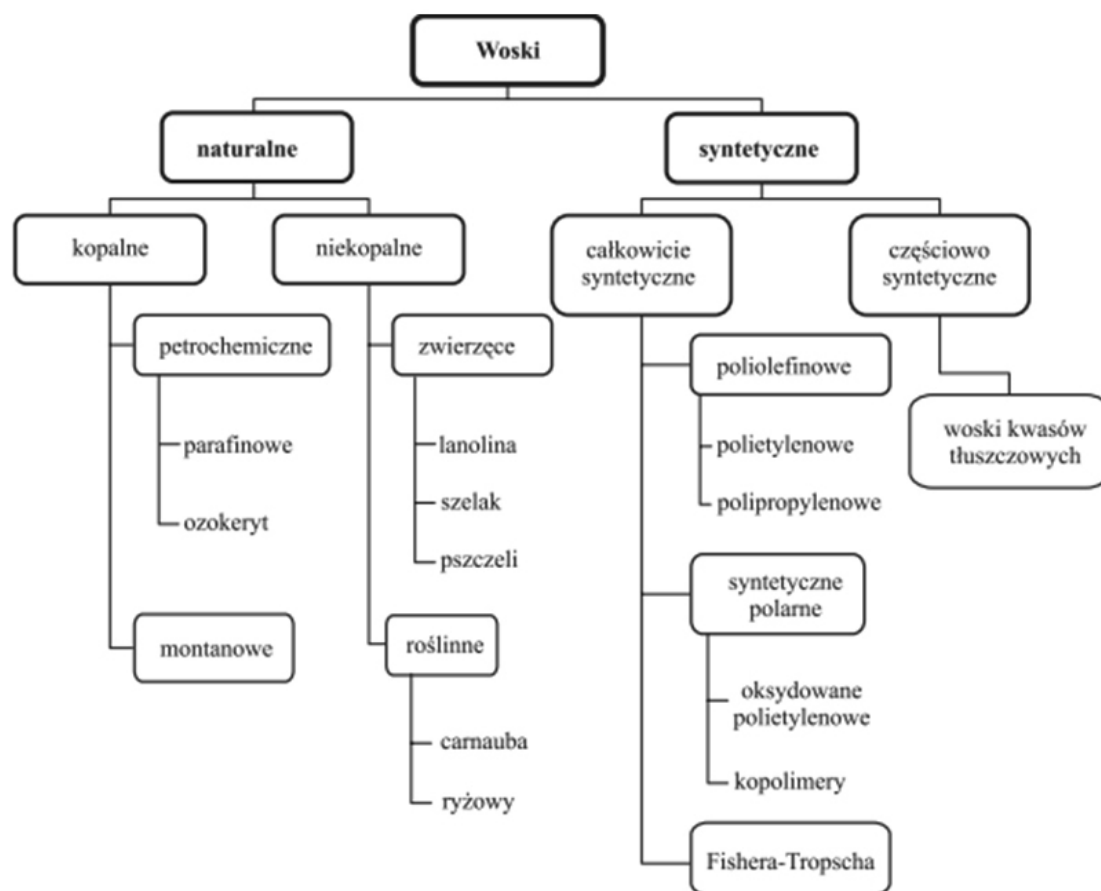
Termin „woski” odnosi się do grupy substancji stałych (organicznych) pochodzenia naturalnego albo syntetycznego o stosunkowo niskiej temperaturze topnienia i niskiej lepkości w stanie stopionym. Są one nierozpuszczalne w wodzie, charakteryzują się temperaturą topnienia od 50 do nawet 130°C i gęstością 0,875–0,999 g·cm⁻³. Zgodnie z definicją podaną przez Wydział Wosków Niemieckiego Towarzystwa Nauk o Tłuszczach wosk jest techniczną nazwą grupy substancji naturalnych lub syntetycznych, które wykazują następujące właściwości (Edwards i in., 2006; Marszałek i Marczak, 2012):

- w temperaturze 20°C są podatne na ugniatanie,
- mają postać grubo- lub drobnokrystaliczną,
- są przejrzyste lub nieprzejrzyste, lecz nieszkliste,
- powyżej 40°C topią się bez rozkładu,
- nawet nieznacznie powyżej punktu topnienia wykazują małą lepkość,
- ich konsystencja i rozpuszczalność zależą w dużym stopniu od temperatury,
- odkształcają się pod wpływem niewielkiego nacisku.

Pod względem chemicznym są estrami kwasów tłuszczowych (tzw. kwasów woskowych) i alkoholi.

Zawierają one również wolne kwasy tłuszczowe, alkohole, węglowodory i ich pochodne (Edwards i in., 2006). W skład wosków naturalnych wchodzi woski kopalne (np. wosk montanowy, ozokeryt oraz makro- i mikrokrystaliczne woski parafinowe), a także woski niekopalne. Woski niekopalne dzieli się na woski pochodzenia zwierzęcego (np.: wosk pszczeli, szelak, lanolina, spermacet) i woski pochodzenia roślinnego (np.: wosk carnauba, wosk kandelila, ryżowy czy też olej jojoba).

Woski syntetyczne są to sztucznie otrzymywane substancje o właściwościach wosków naturalnych (Fryźlewicz i Ogonowski, 2001). Należą do nich m.in.: estry 1,2-dioli (np. glikolu etylenowego, propylenowego) i wyższych kwasów tłuszczowych, długołańcuchowe produkty polimeryzacji etenu (etyleno), amidy wyższych kwasów tłuszczowych, a także produkty chemiczne przeróbki surowców pochodzenia naturalnego, np. utleniania wosku montanowego, uwodorniania niektórych olejów roślinnych. Ze względu na sposób wytwarzania dzieli się je na całkowicie syntetyczne (m.in. woski poliolefinowe, wosk Fischera-Tropscha) i półsyntetyczne (estry lub mydła montanowe oraz woski na bazie amidów kwasów tłuszczowych). Klasyfikację wosków przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Klasyfikacja wosków naturalnych i syntetycznych (Edwards i in., 2006).

Fig. 2. Natural and syntetic wax classification

Woski polietylenowe mieszczą się w grupie wosków poliolefinowych. Surowcem do ich produkcji jest ropa naftowa.

Woski polietylenowe na skalę przemysłową uzyskuje się w wyniku (Edwards i in., 2006):

- bezpośredniej syntezy z monomeru,
- degradacji termicznej polietylenu,
- wydzielenia wosku jako produktu ubocznego przy produkcji polietylenu.

Woski po ich uzyskaniu jedną z wymienionych wyżej metod można uszlachetniać poprzez modyfikację. Z podstawowych sposobów modyfikacji wyróżnia się frakcjonowanie, utlenianie oraz mieszanie z innymi materiałami. Frakcjonowanie polega na rozdzieleniu (np. w wyniku destylacji pod obniżonym ciśnieniem

lub w obecności pary wodnej czy też ekstrakcji rozpuszczalnikowej) otrzymanych wosków na frakcje o określonych ciężarach cząsteczkowych. Utlenianie wosków pozwala wprowadzić do struktury łańcucha związki polarne. Intensywność procesu można zwiększyć poprzez zastosowanie katalizatora w powietrzu wzbogaconym tlenem oraz nadtlenkami. Mieszanie wosków polega głównie na ich łączeniu z polimerami, co ma poprawić ich odporność termiczną. Dodatek PE-LD pozwala na przykład podnieść temperaturę mięknięcia oraz kroplenia.

W ramach badań wykorzystano wysokojakościowy utleniany wosk z grupy poliolefinowych – wosk polietylenowy. Parametry wosku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości wosku polietylenowego zastosowanego od badań
Table 1. Properties of the polyethylen wax used in the study

Właściwość Characteristic	j.m. IU	Wymagania Requirements
Penetracja w 25°C Penetration 25°C	0,1 mm	12–18
Temperatura kroplenia Droplet temperature	°C	102–112
Temperatura topnienia Melting temperature	°C	90–98
Lepkość Viscosity	10 ⁻³ Pa·s	< 40
Gęstość w 20°C Density 20°	g·cm ⁻³	0,895–0,932
Wygląd Appearance	–	biały granulaty

PROCES MODYFIKACJI ASFALTU WOSKIEM POLIETYLENOWYM

Badania wpływu wosku polietylenowego na właściwości lepiszcza oceniano na przykładzie asfaltu 35/50. Jest to typowy asfalt drogowy 35/50, powszechnie stosowany do betonów asfaltowych na warstwę wiążącą i podbudowę na ruch kategorii KR3-KR7.

Przygotowanie próbek badawczych polegało na podgrzewaniu asfaltu (ok. 10 dm³) w pojemniku zabezpieczonym przed dopływem powietrza do temperatury 160°C. Proces ten prowadzono w łaźni olejowej, gwarantującej równomierne ogrzewanie pojemnika i znajdującego się w nim asfaltu. Po uzyskaniu wymaganej temperatury do lepiszcza dodawano w odpowiedniej ilości modyfikator (2, 4 i 6%). Po jego rozproszczeniu w lepiszczu całość mieszano przez 20 min z użyciem mieszadła ze stałą prędkością 120 obr·min⁻¹. Po zakończeniu tego etapu wyłączano ogrzewanie i przez kolejne 10 min prowadzono proces mieszania z prędkością 60 obr·min⁻¹.

Tak przygotowane próbki wymagały sprawdzenia kompatybilności. Można to potwierdzić w teście stabilności, stosowanym przy badaniu asfaltów modyfikowanych polimerami. Jest to podyktowane m.in. zróżnicowanymi gęstościami łączonych materiałów (rzędu 0,09–0,13 Mg·m⁻³) i możliwością ich segregacji

podczas przechowywania w wysokiej temperaturze (bez udziału mieszania).

Oznaczenie stabilności wykonano za pomocą testu tubowego zgodnie z normą PN-EN 13399:2012: Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Oznaczenie stabilności podczas magazynowania asfaltów modyfikowanych. Badanie przeprowadzono na próbce asfaltu 35/50 z udziałem wosku polietylenowego w ilości 6%. Polegało ono na przechowywaniu jednorodnej próbki asfaltu modyfikowanego przez 72 h w tubie, w pozycji pionowej, w temperaturze 180°C. Następnie próbkę schładzano i dzielono na trzy równe części. Dla dwóch skrajnych (górnej i dolnej) wykonywano badania penetracji w 25°C i temperatury mięknięcia wg PiK (tab. 2). Ocenę stabilności prowadzono w oparciu o wymagania PN-EN 14023 i TWT-PAD-2003 (tab. 2).

Uzyskane wyniki badań (tab. 2) świadczą o stabilności układu „asfalt–modyfikator”, co umożliwia stosowanie wosku polietylenowego bezpośrednio do lepiszcza.

BADANIA ASFALTÓW MODYFIKOWANYCH WOSKIEM POLIETYLENOWYM

W ramach pracy badawczej wykonano oznaczenia podstawowych parametrów lepiszczy asfaltowych zgodnie z obowiązującymi normami, tj.:

Tabela 2. Wyniki badań z testu tubowego próbki asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem polietylenowym (WP)

Table 2. Results of the tube test of the 35/50 asphalt modified with polyethylene wax (PW)

Właściwość Characteristic	Asfalt 35/50+6%WP		Maksymalna dopuszczalna wartość Maximum permissible value	
	położenie – position	wynik – result	(TWT-PAD-2003)	(PN-EN 14023)
Temperatura mięknięcia, T_{PiK} [°C] Softening point, T_{PiK} [°C]	górze – top	80,6	2	5
	dół – bottom	79,1		
	różnica – difference	1,5		
Penetracja w 25°C, 0,1 mm Penetration 25°C, 0.1 mm	górze – top	27,6	5	NPD
	dół – bottom	30,4		
	różnica – difference	2,8		

NPD – właściwość użytkowa nieokreślana; no performance determined.

- temperatury mięknięcia wg PiK,
- penetracji,
- temperatury łamliwości wg Fraassa,
- lepkości dynamicznej w 60, 90 i 135°C.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 3.

Określono również podatność asfaltów na starzenie technologiczne w badaniu metodą RTFOT zgodnie z PN-EN 12607-1. Polega ona na wygrzewaniu lepszczu w cienkiej warstwie w 163°C przez 75 min wraz

z ciągłym ich napowietrzaniem. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 4.

Dodatek wosku polietylenowego do asfaltu wpływa na jego właściwości normowe oraz reologiczne. Wielkość tych zmian jest uzależniona w głównej mierze od ilości dodatku i zwiększa się wraz z jego zawartością. Przy 6% dodatku penetracja lepszczu zmniejszyła się o ponad 30%, natomiast temperatura mięknięcia wzrosła o ponad 50% w stosunku do wartości począt-

Tabela 3. Właściwości asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem polietylenowym (WP)

Table 3. Properties of the 35/50 asphalt modified with polyethylene wax (PW)

Właściwość Characteristic	Rodzaj lepszczu Road bitumen			
	35/50	35/50 +2%WP	35/50 +4%WP	35/50 +6%WP
Penetracja, ×0,1 mm (PN-EN 1426) Penetration, ×0.1 mm (PN-EN 1426)	42,3	39,8	34,7	27,9
Temperatura mięknięcia wg PiK [°C] (PN-EN 1427) Softening point, R&B [°C] (PN-EN 1427)	51,9	55,5	64,3	79,3
Temperatura łamliwości wg Fraassa, °C (PN-EN 12593) Breaking point (Fraas) [°C] (PN-EN 12593)	−9,5	−8,0	−6,5	−4,5
Lepkość dynamiczna [Pa·s] Dynamic viscosity [Pa·s] (PN-EN 12596, PN-EN 13302)	60°C	784	1254	2078
	90°C	25,32	43,45	53,12
	135°C	1,11	0,93	0,61
Indeks penetracji, I_p (PN-EN 12591) Penetration index, I_p (PN-EN 12591)	−1,11	−0,43	0,97	2,81

Tabela 4. Właściwości asfaltu 35/50 modyfikowanego woskiem polietylenowym (WP) po starzeniu wg RTFOT
Table 4. Properties of the 35/50 asphalt modified with polyethylene wax after RTFOT aging

Właściwość Characteristic	Rodzaj lepiszcza Road bitumen			
	35/50	35/50 +2%WP	35/50 +4%WP	35/50 +6%WP
Penetracja, ×0,1 mm (PN-EN 1426) Penetration, ×0.1 mm (PN-EN 1426)	37,2	34,1	28,9	21,3
Temperatura mięknięcia wg PiK [°C] (PN-EN 1427) Softening point, R&B [°C] (PN-EN 1427)	54,6	58,6	68,3	80,2
Temperatura łamliwości wg Fraassa [°C] (PN-EN 12593) Breaking point (Fraas) [°C] (PN-EN 12593)	-8,5	-7,0	-5,5	-4,0
Lepkość dynamiczna [Pa·s] Dynamic viscosity [Pa·s] (PN-EN 12596, PN-EN 13302)	60°C	1885	2930	4945
	90°C	44,35	60,11	81,05
	135°C	1,66	1,21	0,88
Indeks penetracji, <i>I_p</i> (PN-EN 12591) Penetration index, <i>I_p</i> (PN-EN 12591)	-0,77	-0,13	1,26	2,36

kowych. Zmiany te świadczą o utwardzeniu lepiszcza w zakresie temperatury użytkowej. Negatywną zmianą jest wzrost temperatury łamliwości z -9°C do -4,5°C (przy 6% dodatku WP).

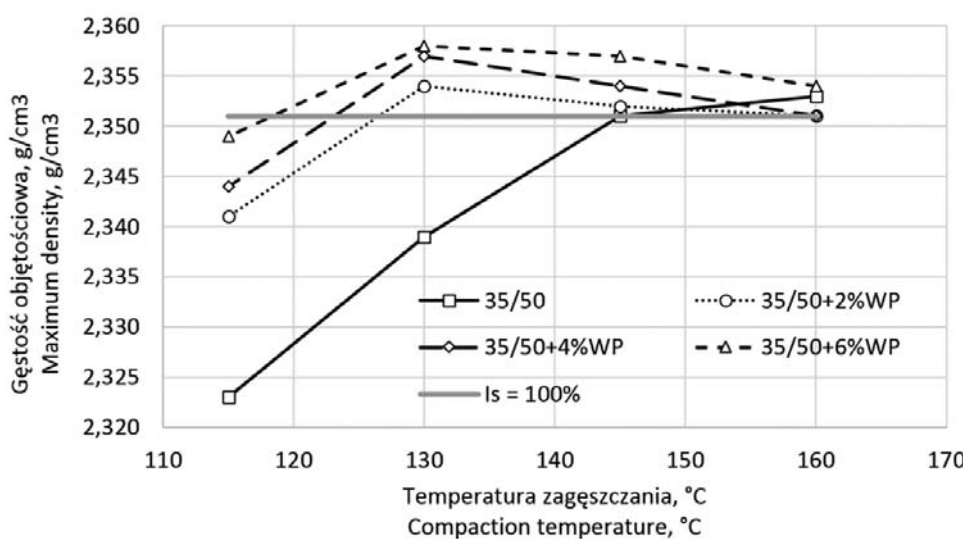
Dodatek WP wpływa również na zmianę typu reologicznego lepiszcza (zarówno przed starzeniem, jak i po nim), który jest charakteryzowany przez indeks penetracji (*I_p*). Dla bazowego asfaltu wartość tego parametru wyniosła -1,11 (co klasyfikuje go w dolnym obszarze dla typu zol-żel), natomiast przy 6% dodatku otrzymany wynik (+2,81) wskazuje wyraźnie na typ żel. To świadczy m.in. o spadku wrażliwości termicznej lepiszcza i mniejszym zakresie zmian jego parametrów w zakresie temperatury użytkowej.

Na uwagę zasługują wyniki badań lepkości dynamicznej. W zakresie temperatury użytkowej uzyskiwane wielkości wzrastają wraz z ilością dodatku (w temperaturze 60°C nawet 3,5-krotnie), natomiast w zakresie temperatury technologicznej obniżają się (przy 6% wosku polietylenowego w temperaturze 135°C spadek jest 10-krotny). Wyraźną zmianę lepkości dynamicznej można zaobserwować w zakresie temperatury 95–115°C, co odpowiada temperaturze topnienia i kroplenia wosku.

BADANIA MIESZANEK MINERALNO- -ASFALTOWYCH Z UDZIAŁEM WOSKU POLIETYLENOWEGO

Badania obejmowały wpływ dodatku wosku polietylenowego na zmianę cech fizyczno-wytrzymałościowych. Pierwszy etap dotyczył możliwości określenia najniższej temperatury zagęszczania, przy której gęstość objętościowa próbek z WP będzie na poziomie gęstości próbek formowanych w warunkach normowych. Badania wykonano na mieszance betonu asfaltowego o uziarnieniu do 16 mm z asfaltem 35/50 (AC 16 W 35/50). Wartości z oznaczenia przedstawiono na rysunku 3.

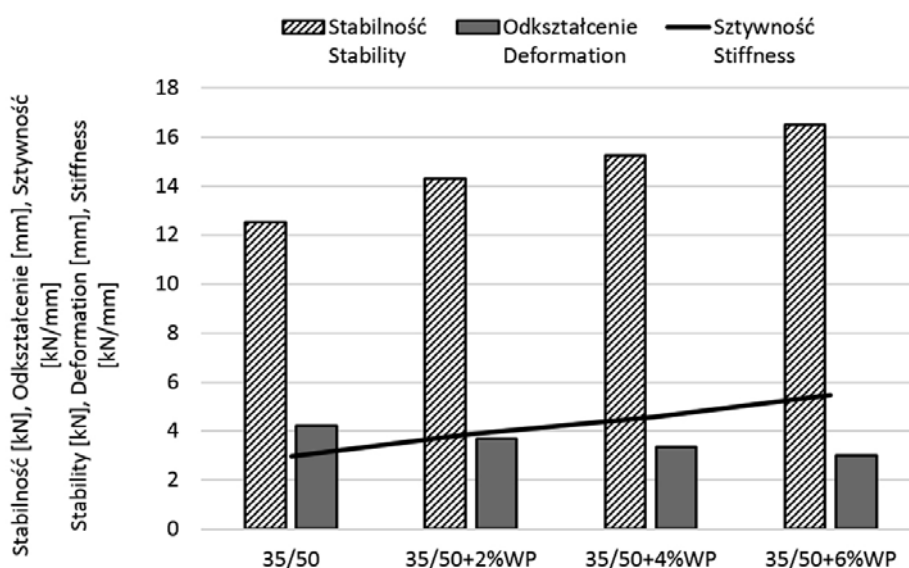
Wartości uzyskane z oznaczenia gęstości objętościowej świadczą, że dodatek wosku polietylenowego pozwala obniżyć temperaturę zagęszczania mieszanek mineralno-asfaltowych. Różnica temperatury jest zależna od ilości wosku. W przeprowadzonych badaniach przy zastosowaniu 2% WP gęstość objętościową referencyjną można uzyskać w temperaturze o około 18°C niższej w stosunku do normowej (145°C), natomiast przy 6% różnica ta wynosi już ponad 25°C.



Rys. 3. Wyniki uzyskanych gęstości w zależności od temperatury zagęszczania
Fig. 3. Changes in density depending on compaction temperature

W drugim etapie próbki betonu asfaltowego z udziałem WP uformowane w 130°C oraz próbki bez WP zagęszczane w normowych warunkach (145°C) zostały poddane oznaczeniu stabilności i odkształcenia wg Marshalla. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 4. Wraz z wzrostem zawartości wosku poli-

etylenowego rośnie stabilność (w stosunku do czystego asfaltu przy 6% dodatku wosku wzrost wynosi około 30%), przy równoczesnym wzroście sztywności i spadku odkształceń. Zastosowanie wosku istotnie poprawia parametry mieszanki mineralno-asfaltowej.



Rys. 4. Wyniki oznaczenia stabilności i odkształcenia wg Marshalla
Fig. 4. Results of stability and Marschall deformation tests

Ostatni etap obejmował oznaczenie odporności próbek na działanie wody i mrozu (ITSR) oraz odporności na deformacje trwałe. Próbkę bez dodatku WP były formowane w temperaturze 145°C, natomiast z udziałem wosku w temperaturze 130°C. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 5. Zaobserwowano wzrost odporności na działanie wody i mrozu ITSR, którego wartość przy zawartości 6% dodatku wyniosła 91,6%. Wyłącznie przy 2% WP widoczny był nieznaczny spadek ITSR, przy czym uzyskana z badań wartość odpowiadała wymaganiom WT-2:2014. Obserwowany wzrost był wynikiem przede wszystkim zmniejszenia wolnej przestrzeni w próbkach z dodatkiem WP, co świadczy o ich większej podatności do zagęszczania.

Dodatek wosku polietylenowego wpłynął pozytywnie na parametry mieszanek mineralno-asfaltowych formowanych z jego udziałem. W przypadku cech fizycznych zaobserwowano wzrost gęstości objętościowej we wszystkich próbkach z WP, skutkowało to zmniejszeniem zawartości wolnej przestrzeni o ok. 5% (z poziomu 6,1% w próbkach bez dodatku zagęszczanych w 145°C do 5,8% przy 6% dodatku WP).

Podobnie jak w przypadku obserwowanych zmian stabilności i sztywności wg Marshalla zwiększyła się również odporność na deformacje trwałe. Dotyczy to zarówno wartości prędkości koleinowania (spadek z 6,6 do 4,3%) jak i głębokości proporcjonalnej koleiny (spadek z 0,12 do 0,06 mm·10³ cykl⁻¹).

WNIOSKI

1. Woski polietylenowe można stosować do modyfikacji asfaltów. Mieszanina tych związków jest kompatybilna, co pozwala na jej zastosowanie bezpośrednio do lepiszcza.
2. Dodatek wosku polietylenowego utwardza lepiszcze w zakresie temperatury użytkowej (do 80°C), natomiast w zakresie temperatury technologicznej wpływa na obniżenie lepkości (powyżej 105°C). Wyraźny spadek lepkości obserwowany jest w zakresie 95–105°C, co odpowiada temperaturze topnienia i kroplenia wosku polietylenowego.
3. Niepokojący jest spadek temperatury łamliwości wg Fraassa, która świadczy o wzroście podatności na spękania niskotemperaturowe.
4. Wzrost twardości (sztywności) lepiszcza w zakresie temperatury użytkowej skutkuje zwiększeniem sztywności mieszanek mineralno-asfaltowych z jego udziałem oraz poprawą odporności na deformacje trwałe.
5. Spadek lepkości w zakresie temperatury technologicznej pozwala na obniżenie temperatury zagęszczania (jak również wytwarzania) mieszanek modyfikowanych woskiem polietylenowym. Różnice mogą sięgać 18°C przy 2% dodatku WP, a przy 6% nawet 25°C.

Tabela 5. Wybrane właściwości betonu asfaltowego AC 16 W 35/50 modyfikowanego woskiem polietylenowym (WP)

Table 5. Chosen properties of asphalt concrete AC 16 W 35/50 modified with polyethylene wax (PW)

Właściwość Characteristic	Rodzaj lepiszcza Road bitumen			
	35/50	35/50 +2%WP	35/50 +4%WP	35/50 +6%WP
Odporność na działanie wody ITSR [%] Water resistance [%]	87,3	84,2	89,9	91,6
Odporność na deformacje trwałe, metoda B w powietrzu, 60°C, 10 000 cykli – Resistance to permanent deformation:				
– WTS_{AIR} [mm·10 ³ cykl ⁻¹]	0,12	0,10	0,07	0,06
– PRD_{AIR} [mm]	6,6	6,1	5,6	4,3
– odporność na powstawanie kolein – rut resistance				

6. Woski polietylenowe zmieniają typ reologiczny asfaltu, „przesuwając go w kierunku” substancji typu żel. Zmniejsza to wrażliwość termiczną lepiszcza z jego udziałem, przede wszystkim w zakresie temperatury użytkowej.

PIŚMIENNICTWO

- Edwards, Y., Tasdemir, Y. & Isacson, U. (2006). Rheological effects of commercial waxes and polyphosphoric acid in bitumen 160/220 – low temperature performance. *Fuel: The Science and Technology of Fuel and Energy*, 85, 7–8.
- Fryźlewicz, B. & Ogonowski, J. (2001). Środki konserwujące do obuwia. *Chemik*, 3, 65–69.
- Marszałek, G. & Marczak, R. (2012). Wosk polietylenowy – otrzymywanie, modyfikacja i zastosowania. *Polimery*, 57 (9), 640–645.
- Mieczkowski, P. & Budziński, B. (2016). Ochrona środowiska w aspekcie produkcji i wbudowywania mieszanek mineralno-asfaltowych. *Magazyn Autostrady*, 11–12, 40–44.

- PN-EN 12607-1. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza. Część 1: Metoda RTFOT.
- PN-EN 13399:2012. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie stabilności podczas magazynowania asfaltów modyfikowanych.
- PN-EN 14023. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami.
- PN-EN 1426. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie penetracji igłą.
- PN-EN 1427. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie temperatury mięknięcia – Metoda Pierścień i Kula.
- PN-EN 12593. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie temperatury łamliwości metodą Fraassa.
- PN-EN 12596. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczenie lepkości dynamicznej metodą próżniowej kapilary.
- PN-EN 12591. Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Wymagania dla asfaltów drogowych.
- TWT-PAD-2003. Tymczasowe wytyczne techniczne: polimeroasfalty drogowe.
- WT-2:2014. Mieszanki mineralno-asfaltowe – Wymagania techniczne.

POLYETHYLENE WAX INFLUENCE ON SELECTED PROPERTIES OF ASPHALT BINDER AND ASPHALT CONCRETE

ABSTRACT

The production temperatures of HMA reach 180–200°C (in the case of mastic asphalt – even 230–240°C), which involves the use of significant amounts of energy needed to dry and heat the components, but also the emission of harmful toxic and greenhouse gases into the atmosphere. One of the possibilities of reducing the energy consumption of the process is the use of modifiers decreasing the viscosity of the bituminous binder in the technological temperature range, which allows the grains of the mineral aggregate to grow at lower temperatures while improving the workability of the mix and reducing the temperature of its incorporation. This kind of compounds includes synthetic waxes, which, in addition to lowering the temperature of MMA production, increase its resistance to permanent deformations within the range of application temperatures. The article discusses the influence of polyethylene wax on the basic properties of bituminous binders and hot mix asphalt within the range of application and technological temperatures.

Key words: asphalt binder, hot mix asphalt, polyethylene wax