

Grzegorz MAZUREK*
Politechnika Świętokrzyska

WPLYW STARZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI BETONU ASFALTOWEGO Z ASFALTEM NISKOTEMPERATUROWYM

Streszczenie. Zastosowanie asfaltu niskotemperaturowego w betonie asfaltowym wpływa korzystnie na zmiany jego parametrów mechanicznych w porównaniu ze stosowaniem asfaltu zwykłego. Asfalt niskotemperaturowy powoduje zwolnienie tempa starzenia temperaturowego (LTOA i STOA) betonu asfaltowego. Dynamika procesu starzenia jest znacznie mniejsza, jeśli zastosujemy ten rodzaj asfaltu w porównaniu z zastosowaniem asfaltu zwykłego 35/50.

INFLUENCE OF AGEING PROCESS ON ASPHALT CONCRETE PROPERTIES WITH LOW-TEMPERATURE BITUMEN

Summary. Low-temperature bitumen used in asphalt concrete has a favourable influence on mechanical parameters in comparison with road bitumen 35/50. Asphalt concrete with low-temperature bitumen causes slowing down the tempo of asphalt concrete ageing process (LTOA and STOA). Dynamics of ageing process is much more lesser with using of this kind of bitumen then road bitumen 35/50.

1. Wstęp

Starzenie betonu asfaltowego jest zjawiskiem powodującym zmianę jego właściwości fizykochemicznych, zachodzącym w czasie produkcji, przechowywania, transportu i wbudowania oraz podczas eksploatacji nawierzchni [1]. W związku z tym, że beton asfaltowy jest materiałem kompozytowym, proces jego starzenia jest zjawiskiem złożonym, w którym oprócz wpływu rodzaju asfaltu istotne znaczenie na intensywność tego procesu ma również rodzaj zastosowanego kruszywa [2].

Analizując proces starzenia betonu asfaltowego, można wyróżnić dwa etapy. W etapie pierwszym następuje odparowanie lżejszych węglowodorów z asfaltu przez działanie wysokiej temperatury od momentu jego dozowania aż do wbudowania betonu asfaltowego. Odparowanie składników olejowych w twardszych asfaltach ma

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Marek Iwański, prof. Politechniki Świętokrzyskiej.

marginalne znacznie. Większy wpływ na starzenie ma wnikanie lżejszych składników asfaltu do porów materiału mineralnego (wypełniacza, kruszywa), co prowadzi do ztwardnienia lepiszcza. Etap ten charakteryzuje się niezwykle dynamiką. Został nazwany w programie SHRP [3] starzeniem krótkoterminowym (STOA) lub powszechnie – starzeniem technologicznym.

Drugi etap to starzenie długoterminowe (LTOA), zgodnie z SHRP, lub inaczej starzenie eksploatacyjne. W tym etapie proces starzenia już nie jest tak intensywny jak miało to miejsce w etapie pierwszym. Związane jest to z faktem, iż temperatura eksploatacyjna jest znacznie niższa niż w procesie wytwarzania. W etapie drugim znacznie większe znaczenie ma oddziaływanie warunków klimatycznych, a w szczególności tlenu zawartego w powietrzu atmosferycznym. W tym układzie główną rolę odgrywa utlenianie asfaltu pod wpływem temperatury pochodzącej od promieniowania słonecznego. Z kolei w warunkach stałej obecności tlenu zdecydowanie intensyfikację procesu starzenia przyspieszy temperatura powietrza. Wzrost temperatury utleniania o 10°C powoduje prawie dwukrotne zwiększenie szybkości utleniania [4, 5].

W związku z faktem, że w betonie asfaltowym oprócz asfaltu jest również mieszanka mineralna, wpływ kruszyw będzie wprowadzał element istotnego zróżnicowania intensywności starzenia, szczególnie w pierwszym etapie. Właściwości betonu asfaltowego uzależnione będą od rodzaju stosowanego kruszywa, ze względu na jego skład petrograficzny, który jest charakteryzowany przez zawartość krzemionki SiO_2 , oraz od tekstury powierzchni ziaren materiału kamiennego.

Na powierzchni porowatych materiałów, takich jak np. kwarcyt łącznie z procesami fizycznej adsorpcji, zachodzić będą procesy wybiórczej dyfuzji niektórych komponentów asfaltu pod wpływem oddziaływania sił kapilarnych. W związku z powyższym zmniejszenie intensywności wpływu starzenia na właściwości betonu asfaltowego można uzyskać przez odpowiedni dobór składu mieszanki mineralnej lub modyfikację asfaltu. Uwzględniając jednak dynamikę starzenia etapu pierwszego, obniżenie intensywności jego oddziaływania można uzyskać w wyniku zmniejszenia temperatury wytwarzania i zagęszczania (około 145°C) betonu asfaltowego. W przypadku asfaltów powszechnie stosowanych jest to bardzo utrudnione. Alternatywą mogą być asfalty niskotemperaturowe z dodatkiem węglowodorów alifatycznych o długich łańcuchach, w których temperaturę technologiczną wbudowania betonu asfaltowego można obniżyć do 125°C .

2. Właściwości asfaltu

W badaniach oddziaływania starzenia na zmianę właściwości betonu asfaltowego zastosowano jako lepszycze asfalt Olexobit 30 NV (NV – niskowiskozowy), czyli o niskiej lepkości, nazywany również asfaltem niskotemperaturowym, oraz w celach kontrolnych asfalt zwykły 35/50 z Petrochemii w Płocku. Oznaczenia podstawowych właściwości stosowanych w badaniach asfaltów zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Podstawowe właściwości asfaltów stosowanych w badaniach

Lp.	Właściwości	Jednostki	Olexobit 30NV	Asfalt 35/50	Metoda badania
1	Penetracja 25°C	0,1 mm	33	44	PN-EN 1426:2001
2	Temperatura mięknięcia metodą PiK	°C	65,5	55,0	PN-EN 1427:2001
3	Nawrót sprężysty	%	60	10	PN-EN ISO 13398: 2005
4	Temperatura łamliwości	°C	-15,0	-14,0	PN-EN 12693:2004

Analiza wyników badań pozwala stwierdzić, że asfalt niskotemperaturowy charakteryzuje się korzystniejszymi parametrami w porównaniu z asfaltem 35/50. Posiada on mniejszą o połowę penetrację, przy jednocześnie większej o 10°C temperaturze mięknięcia w porównaniu z asfaltem 35/50. Dodatkową jego zaletą jest duży nawrót sprężysty.

3. Projekt betonu asfaltowego

W celu oceny wpływu starzenia na zmianę właściwości betonu asfaltowego w aspekcie zastosowanego asfaltu, badania wykonano na betonie asfaltowym o uziarnieniu 0/12,8 mm, przeznaczonym na warstwę ścieralną nawierzchni obciążonej ruchem KR5. Istotnym elementem badań była również ocena wpływu rodzaju kruszywa na zmianę właściwości betonu asfaltowego podczas starzenia. Zaprojektowano beton asfaltowy z kruszywem głównym bazaltowym (BA-B), kruszywem kwarcytowym (BA-K) oraz z kruszywem gąbro (BA-G). Jako kruszywo doziarniające zastosowano mieszankę dolomitową 0/4 oraz piasek łamany granitowy.

Skład ramowy mieszanek mineralnych badanych betonów asfaltowych zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Skład ramowy mieszanek mineralnych betonu asfaltowego

Lp.	BA-B		BA-K		BA-G	
	Składniki	MMA	Składniki	MMA	Składniki	MMA
1.	Mączka wapienna	5,7	Mączka wapienna	5,6	Mączka wapienna	5,7
2.	Piasek łamany granitowy	22,7	Piasek łamany granitowy	18,0	Piasek łamany granitowy	18,0
3.	Mieszanka dolomitowa 0/4	22,7	Mieszanka dolomitowa 0/4	22,7	Mieszanka dolomitowa 0/4	28,4
4.	Bazalt 5/8	26,5	Kwarcyt 2/6,3	17,0	Gabro 5/8	25,6
5.	Bazalt 8/11	17,0	Kwarcyt 6,3/10	31,2	Gabro 8/11	17,1
6.	Asfalt 35/50 (Olexobit 80NV)	5,4	Asfalt 35/50 (Olexobit 80NV)	5,5	Asfalt 35/50 (Olexobit 80NV)	5,2
	Razem	100%	Razem	100%	Razem	100%

W celu zapewnienia wymaganej adhezji pomiędzy asfaltem a ziarnami kruszywa mieszanki mineralnej, zastosowano dodatek środka adhezyjnego Teramin 14 w stosunku do asfaltu w ilości 0,2% dla betonów asfaltowych z kruszywem bazaltowym i gabro oraz 0,4% dla betonu asfaltowego z kruszywem kwarcytowym. Wymaganą ilość asfaltu w betonach asfaltowych określono na podstawie badań wytrzymałościowych Marshalla dla betonów asfaltowych mających asfalt 35/50. W badaniach przyjęto taką samą ilość asfaltu Olexobit 35 NV.

4. Metodyka badań oraz analiza wyników

W celu oceny wpływu starzenia na właściwości betonu asfaltowego w aspekcie rodzaju stosowanego asfaltu, doświadczalnie ustalono, na podstawie badań wytrzymałościowych w różnych zakresach temperaturowych, że próbki z asfaltem niskotemperaturowym należy poddawać starzeniu krótkoterminowemu w temperaturze 125°C, czyli mniejszej niż dla betonu asfaltowego z tradycyjnym asfaltem, która zgodnie z wymaganiami SHRP wynosi 140°C. Natomiast starzenie długoterminowe betonów asfaltowych z asfaltem niskotemperaturowym i zwykłym wykonano zgodnie z metodą SHRP.

Betony asfaltowe, w których zastosowano asfalt zwykły 35/50, oznaczano literą Z, np. BA-BZ (beton asfaltowy z kruszywem bazaltowym i asfaltem 35/50), kiedy natomiast stosowano asfalt Olexobit 30NV, oznaczano je literą O, np. BA-BO.

Istotnym elementem badań była ocena jednorodności wykonywanych prac. Do badań przyjmowano tylko próbki, w których zawartość wolnych przestrzeni zawierała się w przedziale ($V \pm 2s$), gdzie: V – średnia wartości wolnych przestrzeni w betonie asfaltowym, a s – odchylenie standardowe.

Podczas pierwszego etapu badań określano podstawowe właściwości fizyko-mechaniczne badanych betonów asfaltowych (tablica 3).

Tablica 3

Właściwości fizykomechaniczne mieszanki MMA na warstwę ścieralną KR3-KR6

Lp.	Właściwości fizykomechaniczne betonu asfaltowego	Rodzaj betonu asfaltowego					
		BA-KZ	BA-KO	BA-GZ	BA-GO	BA-BZ	BA-BO
1	Stabilność wg Marshalla [kN]	10,37	10,04	11,85	12,1	11,00	11,25
2	Odształcenie wg Marshalla [mm]	4,5	3,68	5,0	4,5	5	4,8
3	Sztywność wg Marshalla [kN/mm]	2,3	2,7	2,3	2,7	2,2	2,3
4	Moduł sztywności [MPa]	22,5	21,8	16,1	19,3	22,1	24,7
5	Zawartość wolnych przestrzeni [%]	3,2	2,5	3,63	3,11	3,04	1,95

Zastosowanie asfaltu Olexobit 30NV wpływa korzystnie na właściwości betonu asfaltowego wykonanego z udziałem kruszywa gąbro oraz kruszywa bazaltowego. Następuje wzrost właściwości mechanicznych, takich jak: stabilność, moduł sztywności oraz wskaźnik Marshalla. Natomiast właściwości betonu asfaltowego z kruszywem kwarcytowym i asfaltem zwykłym 35/50 są wyższe, niż gdy zastosowano asfalt niskotemperaturowy. Tego rodzaju asfalt nie powoduje więc wzrostu właściwości mechanicznych betonu asfaltowego. Zaobserwowany efekt może być rezultatem dużej zawartości krzemionki w kruszywie kwarcytowym, która wpływa na obniżenie sprawności otaczania ziaren kruszywa tego rodzaju asfaltem, co w konsekwencji powoduje spadek właściwości mechanicznych betonu asfaltowego.

Zastosowanie asfaltu niskotemperaturowego powoduje zmniejszenie zawartości wolnych przestrzeni w badanych betonach asfaltowych. Najbardziej intensywna zmiana tego parametru występuje w przypadku zastosowania kruszywa gąbro, a następnie kruszywa kwarcytowego i bazaltowego w betonie asfaltowym.

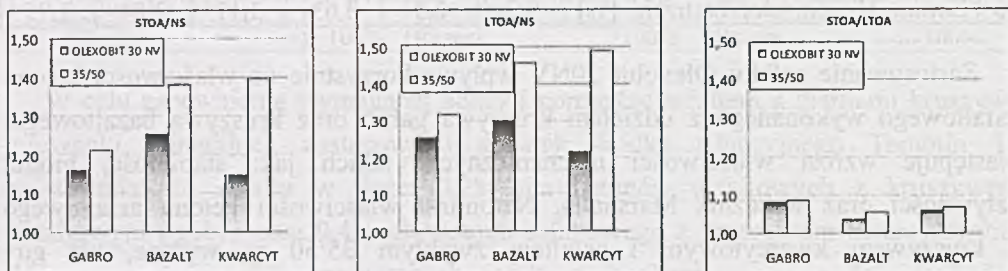
W ramach drugiego etapu badań dokonano oceny wpływu starzenia na stabilność wg Marshalla oraz modułu statycznego betonu asfaltowego. Określono zmianę tych właściwości mechanicznych betonu asfaltowego po starzeniu krótkoterminowym STOA oraz długoterminowym STOA. W badaniach stosowano również próbki betonu asfaltowego niepoddane procesowi starzenia, które oznaczono NS.

Wyniki zmiany stabilności betonów asfaltowych po starzeniu przedstawiono w tablicy 4, a na rysunku 1 pokazano zmianę wskaźników stabilności WKS po starzeniu.

Tablica 4

Wpływ procesu starzenia na zmianę stabilności betonu asfaltowego wg Marshalla

Rodzaj betonu asfaltowego		Stabilność wg Marshalla [kN]			Wskaźnik zmian stabilności po starzeniu WKS		
		NS	STOA	LTOA	STOA/NS	LTOA/NS	LTOA/STOA
BA-B	Z	11,00	14,25	15,58	1,30	1,37	1,06
	O	11,25	12,38	12,58	1,10	1,12	1,02
BA-G	Z	11,85	15,96	17,20	1,35	1,45	1,08
	O	12,10	13,74	14,12	1,14	1,18	1,03
BA-K	Z	10,37	14,74	16,84	1,42	1,62	1,14
	O	10,04	11,45	12,52	1,14	1,25	1,09



Rys. 1. Wpływ starzenia na wskaźniki WKS zmian stabilności betonu asfaltowego

Fig. 1. Influence of ageing process on indexes of stability change (WSK) asphalt concrete

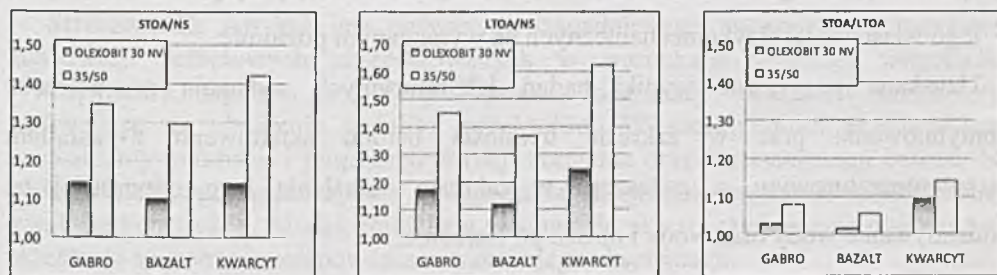
Podczas starzenia krótko- i długoterminowego następuje wzrost stabilności betonu asfaltowego bez względu na rodzaj asfaltu oraz kruszywa. Trzeba jednak zaznaczyć, że zwiększenie stabilności betonu asfaltowego z zastosowaniem asfaltu niskotemperaturowego w procesie starzenia (STOA/NS, LTOA/NS i LTOA/STOA) postępuje znacznie wolniej niż w przypadku stosowania asfaltu zwykłego. Można stwierdzić, że przyrost stabilności betonu asfaltowego z asfaltem niskotemperaturowym, bez względu na etap starzenia, jest w granicach około 30% przyrostu stabilności betonu asfaltowego z asfaltem zwykłym. W związku z tym, w procesie starzenia następuje znaczenie mniejsze usztywnienie betonu asfaltowego z asfaltem niskotemperaturowym, niż gdy stosowano asfalt zwykły. Tego rodzaju beton asfaltowy będzie bardziej trwały oraz odporny na oddziaływanie czynników klimatycznych i ruch pojazdów podczas eksploatacji, niż gdy jako jego składnik zostanie zastosowany asfalt zwykły.

Rezultaty badań wpływu starzenia na zmianę modułu statycznego betonu asfaltowego zestawiono w tablicy 5, natomiast wskaźniki zmian modułu stycznego po starzeniu WKM przedstawiono na rysunku 2.

Tablica 5

Wpływ procesu starzenia na zmianę modułu statycznego betonu asfaltowego

Rodzaj betonu asfaltowego		Moduł statyczny [MPa]			Wskaźnik zmian modułu statycznego po starzeniu WKM		
		NS	STOA	LTOA	STOA/NS	LTOA/NS	LTOA/STOA
BA-G	Z	16,1	19,5	21,2	1,21	1,32	1,09
	O	19,3	22,4	24,6	1,16	1,25	1,08
BA-B	Z	22,1	30,5	32,2	1,38	1,46	1,06
	O	24,7	31,0	32,1	1,26	1,30	1,04
BA-K	Z	22,5	31,4	33,5	1,40	1,49	1,07
	O	21,8	25	26,5	1,15	1,20	1,06



Rys. 2. Wpływ starzenia na zmianę modułu statycznego betonu asfaltowego

Fig. 2. Influence of ageing process on change of static modulus asphalt concrete

Dokonując analizy wyników badań przedstawionych w tabelicy 5 i na rysunku 2, można stwierdzić, że charakter zmian modułu stycznego betonu asfaltowego po starzeniu, w aspekcie rodzaju zastosowanego asfaltu i kruszywa, jest analogiczny do badania stabilności wg Marshalla po starzeniu. Należy jednak zaznaczyć, że dynamika zmian modułu stycznego betonu asfaltowego z asfaltem niskotemperaturowym jest mniejsza niż kiedy badano zmianę stabilności po starzeniu betonu asfaltowego. W czasie starzenia STOA i LTOA moduł statyczny betonu asfaltowego z asfaltem Olexobit 30 NV jest około 40% mniejszy od modułu stycznego betonu asfaltowego z asfaltem 35/50.

Należy również zauważyć, że intensywność zmian modułu stycznego betonu asfaltowego, zarówno z asfaltem niskotemperaturowym, jak i zwykłym, w czasie starzenia STOA i LTOA (STOA/LTOA) jest praktycznie taka sama. Świadczy to o tym, że tempo zmian modułu stycznego praktycznie nie zależy od rodzaju zastosowanego asfaltu.

Analizując wyniki badań betonu asfaltowego po starzeniu, można również stwierdzić, że zastosowane kruszywo ma istotny wpływ na zmianę jego właściwości mechanicznych. Najniekorzystniej wpływa kruszywo kwarcytowe, zwłaszcza kiedy stosuje się asfalt zwykły 35/50. W takim przypadku zmiana stabilności i modułu stycznego jest największa w porównaniu z zastosowaniem w betonie asfaltowym kruszywa bazaltowego czy gabra.

5. Wniosek

Dokonując analizy wyników badań betonu asfaltowego, można stwierdzić, że zastosowanie asfaltu niskotemperaturowego Olexobit 30NV w porównaniu z tradycyjnym asfaltem 35/50 powoduje:

- wzrost charakterystyk mechanicznych betonu asfaltowego,
- mniejszą zmianę po starzeniu takich jego charakterystyk mechanicznych, jak stabilność oraz moduł statyczny pełzania,
- spowolnienie i ograniczenie skutków starzenia, co ma istotny wpływ na zachowanie jego właściwości fizykomechanicznych na wymaganym poziomie.

Uzyskane pozytywne wyniki badań laboratoryjnych wskazują na potrzebę kontynuowania prac w zakresie trwałości betonu asfaltowego z asfaltem niskotemperaturowym, a zwłaszcza w zakresie określenia jego odporności na oddziaływanie wody oraz wody i mrozu po starzeniu.

BIBLIOGRAFIA

1. Radziszewski P., Kalabińska M., Piłat J.: Technologia materiałów i nawierzchni asfaltowych. WPN, Warszawa 2003.
2. Iwański M.: Wpływ rodzaju kruszywa na proces starzenie betonu asfaltowego. VIII Międzynarodowa Konferencja pt. „Trwałe i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe”, Kielce, 7-8 maja 2002, s. 41-48.
3. Bell A.C., AB-Wahaby Y., Cristime M.E., Sosnovske D.: Selection of Laboratory Aging Procedures for Asphalt-Aggregate Mixtures. Strategic Highway Research Program, Report Nr SHRP-A-383, National Research Council, Washington 1994.
4. Dickinson E.J.: The diffusioncontrolled reaction of oxygen with films of bituminous binders. Australian Road Research, No. 14, 1984, p. 121.
5. Gawel I., Klubińska M., Piłat J.: Asfalty drogowe. WKiŁ, Warszawa 2001.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Kłosek