

dr hab. inż. Krzysztof Zieliński, prof. PP\*  
mgr inż. Michał Babiak\*

# Możliwości spowolnienia procesów starzeniowych w asfaltach stosowanych w wyrobach hydroizolacyjnych

## *Possible slow-down of the aging processes in bitumens used in waterproofing materials*

**N**a trwałość bitumicznych wyrobów hydroizolacyjnych największy wpływ ma odporność asfaltu na starzenie. Badania mające na celu analizę możliwości spowolnienia procesu starzenia asfaltu zawartego w hydroizolacyjnych wyrobach budowlanych nabrały ostatnio dużego znaczenia. Spowodowane zostało to głównie znacznym wzrostem ceny asfaltu w Polsce. Od 2009 r. średnia cena asfaltu wzrosła o ok. 150%. Obecnie cena netto asfaltu 160/220, najczęściej używanego do produkcji modyfikowanych SBS wyrobów hydroizolacyjnych, wynosi ok. 2300 zł/t i ma ciągłą tendencję wzrostową. Należy podkreślić, że na skutek starzenia asfaltu obniża się jego trwałość, a cechy użytkowe wykonanego przy jego użyciu materiału hydroizolacyjnego w znacznym stopniu ulegają pogorszeniu. Efektem jest konieczność wykonania częstszych remontów, co skutkuje zwiększeniem kosztów eksploatacyjnych. W budownictwie problem ten głównie dotyczy papowych pokryć dachowych.

W artykule omówiono główne czynniki mające wpływ na intensywność starzenia asfaltu oraz zaprezentowano wyniki badań laboratoryjnych asfaltów modyfikowanych substancjami mogącymi mieć wpływ na spowolnienie pogarszania się jego właściwości fizycznych spowodowanych starzeniem.

### Starzenie asfaltów

Głównym celem większości badań opisanych w literaturze [1, 2] jest analiza wpływu efektu starzenia na cechy eksploatacyjne bitumicznych nawierzchni drogowych. O starzeniu asfaltów w wyrobach hydroizolacyjnych praktycznie nie ma informacji literaturowych, dlatego też producenci sięgają po wyniki

badania opracowanych dla drogownictwa. Efektem tego często jest zaniżona jakość materiałów izolacyjnych, wynikająca z innej specyfiki produkcji, odmiennej eksploatacji oraz innej zawartości asfaltu w gotowym wyrobie (w wyrobach hydroizolacyjnych asfalt stanowi 80 – 90%, a w drogownictwie 4 – 10% całkowitej masy wyrobu). Podczas magazynowania, transportu, produkcji i układania asfaltu w wyrobach hydroizolacyjnych ulega starzeniu. Wyróżnia się dwa etapy starzenia asfaltów [1, 3]: **krótkotrwałe**, zwane starzeniem technologicznym, które zachodzi podczas produkcji i układania materiałów hydroizolacyjnych, oraz **długotrwałe** zwane starzeniem eksploatacyjnym (istotny wpływ na jego przebieg mają warunki klimatyczne).

Intensywność starzenia asfaltu zależy głównie od jego składu oraz od licznych czynników zewnętrznych, m.in. takich jak: utlenianie; działanie promieniowania podczerwonego i ultrafioletowego; odparowanie lekkich składników olejowych; fizyczne twardnienie (tzw. twardnienie przestrzenne); oddziaływanie wypełniaczy mineralnych – starzenie fizykochemiczne. W zależności od temperatury asfalt może występować jako substancja [3] sprężysto-krucha, lepko sprężysta oraz jako ciecz lepka. Temperatura Fraassa  $T_{Fr}$  jest uznawana za umowną temperaturę graniczną między asfaltem występującym jako substancja sprężysta i lepko sprężysta, a temperatura mięknięcia  $T_{PIK}$  między stanem lepko sprężystym asfaltu a cieczą lepka. Pomiędzy  $T_{Fr}$  a  $T_{PIK}$  asfalt ma optymalne cechy jako materiał hydroizolacyjny, jest to tzw. przedział plastyczności (PP). Z uwagi na warunki eksploatacji wyrobów hydroizolacyjnych powinien być on jak największy.

Na skutek starzenia asfalt staje się bardziej sztywny i podatny na spękania,

zwiększa się jego lepkość, temperatura mięknięcia i łamliwości, a obniża penetracja i ciągliwość [1, 2]. Zmniejszeniu ulega przedział plastyczności (PP), co ma negatywny wpływ na parametry eksploatacyjne pap. Zmiany właściwości asfaltu są łącznym efektem przebiegu wszystkich mechanizmów starzenia oraz ich intensywności.

### Metodyka badań

Celem badań było określenie wpływu 1% (wagowo) dodatku oleju lnianego czystego i przetworzonego (pokostu lnianego) oraz wapna hydratyzowanego na zmianę właściwości fizycznych asfaltu 160/220. Określono ich przydatność jako inhibitora starzenia. Wykonano badania temperatury mięknięcia ( $T_{PIK}$ ), temperatury łamliwości metodą Fraassa ( $T_{Fr}$ ) oraz penetracji 5s/25°C/100g przygotowanych próbek asfaltów (asfalt czysty i trzy asfalty modyfikowane). Wszystkie próbki poddano następnie procesowi starzenia laboratoryjnego metodą RTFOT [4], które dobrze symuluje rzeczywiste starzenie papy stanowiącej pokrycie dachowe.

Na podstawie informacji zawartych w literaturze [5] przyjęto, że z grupy olejów roślinnych olej lniany może być dobrym modyfikatorem asfaltu, charakteryzuje się bowiem dobrą kompatybilnością i rozpuszczalnością w asfalcie. Olej lniany użyty do badań charakteryzowała: gęstość w 15°C: 0,929 – 0,938 g/cm<sup>3</sup>; temperatura krzepnięcia: –16 do –30°C; temperatura wrzenia: 316°C.

Modyfikujący wpływ wapna hydratyzowanego na właściwości fizyczne asfaltu twardego i betonu asfaltowego jest przedmiotem wielu publikacji [6, 7]. Głównie analizowany jest w nich wpływ na poprawę przyczepności do kruszywa oraz modyfikację właściwości reologicznych.

\* Politechnika Poznańska

### Wyniki badań oraz ich analiza

W tabelach 1 oraz 2 przedstawiono wyniki badania temperatury mięknięcia ( $T_{PIK}$ ), temperatury łamliwości metodą Fraassa ( $T_{Fr}$ ) oraz penetracji 5s/25°C/100g przed i po badaniu starzenia technologicznego metodą RTFOT. Do badań użyto próbek asfaltu czystego oraz zmodyfikowanego 1% (wagowo) dodatkiem oleju lnianego czystego i przetworzonego (pokostu lnianego) oraz wapna hydratyzowanego. Dane przedstawione w tabeli 1 pokazują wpływ przeprowadzonych modyfikacji na zmianę właściwości fizycznych badanego asfaltu 160/220. Dodatek każdej z testowanych substancji w ilości 1% w stosunku do masy mieszaniny spowodował niewielki ( $1,3 \div 2,5^\circ\text{C}$ ) wzrost temperatury mięknięcia asfaltu. W największym stopniu  $T_{PIK}$  asfaltu zwiększyło wapno hydratyzowane ( $+2,5^\circ\text{C}$ ). Użyte substancje wpłynęły w istotnym stopniu ( $1,1 \div 5,6^\circ\text{C}$ ) na obniżenie temperatury łamliwości asfaltu. Także w przypadku tego badania największą zmianę spowodował dodatek wapna hydratyzowanego ( $+5,6^\circ\text{C}$ ), co stanowi wzrost o 36,8% w stosunku do czystego asfaltu.

Dane w tabeli 2 pokazują wpływ modyfikacji na zmianę właściwości fizycznych asfaltu i jego odmian zmodyfikowanych po starzeniu laboratoryjnym metodą RTFOT. Dodatek każdej z testowanych substancji spowodował wyraźny wzrost temperatury mięknięcia asfaltu ( $2,2 \div 3,8^\circ\text{C}$ ) przy jednoczesnym dość znacznym obniżeniu temperatury łamliwości ( $4,7 \div 8,8^\circ\text{C}$ ). W przypadku wapna hydratyzowanego wzrost ten był największy (o 72,7%) w stosunku do czystego asfaltu.

**Tabela 1. Właściwości fizyczne asfaltu 160/220 czystego i jego zmodyfikowanych odmian przed starzeniem technologicznym metodą RTFOT**

Badane właściwości	Asfalt 160/220	Asfalt 160/220 + 1% pokostu lnianego	Asfalt 160/220 + 1% oleju lnianego	Asfalt 160/220 + 1% wapna hydratyzowanego
Temperatura mięknięcia [ $^\circ\text{C}$ ]	38,1	39,9	39,4	40,6
Penetracja w 25 $^\circ\text{C}$ [mm]	141,0	189,5	193,0	153,0
Temperatura łamliwości [ $^\circ\text{C}$ ]	-15,2	-18,1	-16,3	-20,8

**Tabela 2. Właściwości fizyczne asfaltu 160/220 czystego i jego zmodyfikowanych odmian po starzeniu technologicznym metodą RTFOT**

Badane właściwości	Asfalt 160/220	Asfalt 160/220 + 1% pokostu lnianego	Asfalt 160/220 + 1% oleju lnianego	Asfalt 160/220 + 1% wapna hydratyzowanego
Temperatura mięknięcia [ $^\circ\text{C}$ ]	41,3	43,5	45,1	44,9
Penetracja w 25 $^\circ\text{C}$ [mm]	99,0	115,0	99,0	97,0
Temperatura łamliwości [ $^\circ\text{C}$ ]	-12,1	-16,8	-17,2	-20,9

**Tabela 3. Przedział plastyczności i jego zmiana po starzeniu metodą RTFOT dla asfaltu 160/220 czystego i jego zmodyfikowanych odmian**

Badane właściwości	Asfalt 160/220	Asfalt 160/220 + 1% pokostu lnianego	Asfalt 160/220 + 1% oleju lnianego	Asfalt 160/220 + 1% wapna hydratyzowanego
Przedział plastyczności przed/po badaniu RTFOT [ $^\circ\text{C}$ ]	53,3/53,4	58,0/60,3	55,7/62,3	61,4/65,8
Zwiększenie przedziału plastyczności po badaniu RTFOT, względem asfaltu bazowego [%]	0	+12,9	+16,7	+23,2

W tabeli 3 przedstawiono wielkość przedziału plastyczności i jego zmiany po starzeniu metodą RTFOT, dla asfaltu 160/220 czystego i jego zmodyfikowanych odmian. Zarówno przed starzeniem, jak i po, największy wzrost przedziału plastyczności nastąpił po modyfikacji czystego asfaltu dodatkiem 1% wapna hydratyzowanego. Bardzo istotna jest analiza zwiększania się przedziału plastyczności po badaniu RTFOT, względem asfaltu bazowego. Przedział plastyczności asfaltu zmodyfikowanego pokostem lnianym po badaniu starzeniowym RTFOT jest o 12,9% większy niż dla asfaltu czystego. Analogicznie dla oleju lnianego jest o 16,7% większy, a dla wapna hydratyzowanego o 23,2%. Wszystkie zastosowane dodatki w istotnym stopniu zwiększyły przedział plastyczności próbek asfaltu po starzeniu, co jest efektem wyraźnego spowolnienia w nim procesów starzeniowych. W największym stopniu przedział ten zwiększył się po dodaniu 1% wapna hydratyzowanego. Bardzo ważne jest znaczne obniżenie przez dodatki temperatury mięknięcia asfaltu. Dzięki zastosowaniu tak zmodyfikowanych asfaltów w wyrobach hydroizolacyjnych będą one charakteryzowały się większą elastycznością i odpornością na spękania, a więc w efekcie większą trwałością. Ma to bezpo-

średni wpływ na obniżenie kosztów eksploatacyjnych np. bitumicznych pokryć dachowych.

Zaprezentowane w artykule wyniki wstępnych badań potencjalnych inhibitorów korozji asfaltu pozwalają wnioskować, że ich zastosowanie może korzystnie wpłynąć na cechy użytkowe bitumicznych wyrobów hydroizolacyjnych i na ich trwałość, co przy stałe rosnących cenach asfaltu ma niebagatelne znaczenie.

### Abstract

Due to the aging of bitumen, its durability decreases and the performance characteristics of the roofing materials manufactured from this bitumen significantly deteriorate. As a consequence, roof repairs are required, which results in the increase of the building operating costs. The article discusses factors affecting the durability of roofing membrane, especially the intensity of bitumen aging and the changes in the physical properties of bitumen contained in the roofing membrane. The article presents the results of studies of bitumen modified with substances which lead to the slow-down of the aging process.

### Literatura

- [1] Gawęł I., Kalabińska M., Piłat J., „Asfalty drogowe”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
- [2] Błażejowski K., Styk S., „Technologia warstw asfaltowych”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.
- [3] Zieliński K., „Rola kopolimeru SBS w kształtowaniu struktury i właściwości termomechanicznych asfaltów stosowanych w materiałach hydroizolacyjnych”, Poznań 2007.
- [4] PN-EN 12607-1 Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 1: Metoda RTFOT.
- [5] Stefańczyk B., Mieczkowski P., „Dodatki, katalizatory i emulgatory w mieszankach mineralno-asfaltowych”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
- [6] Judycki J., Jaskuła P., „Wapno hydratyzowane w mieszankach mineralno-asfaltowych – wypełniacz mieszanki”, marzec 2005.
- [7] Iwański M., „Wpływ wapna hydratyzowanego na właściwości fizykomechaniczne betonu asfaltowego”. IX Międzynarodowa Konferencja: Trwałość i Bezpieczne Nawierzchnie Drogowe. Kielce 2003.