

Elżbieta Trzaska
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Laboratoryjne metody badania procesu starzenia lepiszczy asfaltowych, symulujące starzenie technologiczne i eksploatacyjne

Wstęp

Nasilające się natężenie ruchu samochodowego na drogach oraz zwiększenie obciążenia pojazdów, w tym pojazdów ciężkich – typu ciągniki siodłowe z naczepami – powodują postępujące niszczenie nawierzchni drogowych [2].

Lepiszczce asfaltowe jest tym składnikiem nawierzchni drogowych, którego niezmiennosc właściwości w czasie to jeden z najistotniejszych czynników wpływających na trwałość nawierzchni drogowej.

Trwałość może być zdefiniowana jako czas, w którym lepiszcze asfaltowe zachowuje odporność na zmiany spo-

wodowane działaniem czynników zewnętrznych, takich jak: woda, powietrze i wysoka temperatura, utrzymując odpowiednie właściwości lepkosprężyste [2, 12].

Lepiszczce asfaltowe w czasie magazynowania, transportu oraz podczas wszystkich procesów związanych z produkcją mieszanki mineralno-asfaltowej, jej wbudowaniem i eksploatacją w nawierzchni drogowej, podlega niekorzystnym procesom starzenia. Podczas tych procesów zmieniają się właściwości lepkosprężyste lepiszcza asfaltowego i w efekcie końcowym zmniejsza się trwałość nawierzchni asfaltowej [2, 11, 12, 14].

Czynniki powodujące starzenie lepiszczy asfaltowych

Starzenie lepiszczy asfaltowych jest procesem fizykochemicznym zachodzącym pod wpływem działania powietrza w podwyższonej temperaturze, prowadzącym do stopniowych zmian właściwości użytkowych asfaltu wraz z upływem czasu [4, 12, 13].

Starzenie zachodzi od momentu wyprodukowania asfaltu i jest najbardziej intensywne podczas mieszania asfaltu z gorącym kruszywem w mieszalniku otaczarki [12].

Efektem starzenia jest utwardzenie asfaltu, prowadzące do zmiany jego właściwości reologicznych, co w konsekwencji powoduje, że asfalt staje się coraz bardziej kruchy i twardy, powodując wzrost podatności nawierzchni na powstawanie spękań [4].

Głównymi czynnikami powodującymi twardnienie asfaltu są:

- *utlenianie asfaltu* – pod wpływem działania tlenu za-

wartego w powietrzu następują reakcje składników asfaltu z tlenem, które odgrywają najważniejszą rolę w procesie jego starzenia. Największy wpływ na szybkość utleniania ma temperatura. Utlenianie z dużą szybkością i w podwyższonej temperaturze ma miejsce podczas sporządzania i układania mieszanki. W czasie eksploatacji nawierzchni, asfalt narażony na długotrwałe działanie tlenu ulega powolnemu utlenianiu. Reakcje utleniania powodują nieodwracalne zmiany składu i struktury chemicznej asfaltu, prowadzące do pogorszenia jego właściwości,

- *odparowanie frakcji olejowych w asfalcie* – następuje gdy asfalt znajduje się w podwyższonej temperaturze. Zmiany, będące wynikiem tego procesu, nie wpływają istotnie na długotrwałe starzenie się nawierzchni,
- *adsorpcja lżejszych składników asfaltu w porach ma-*

teriału mineralnego – następuje przez pory znajdujące się na powierzchni kruszyw mineralnych. W wyniku adsorpcji zmniejsza się zawartość lżejszych składników w warstwie asfaltu otaczającego ziarna kruszywa, co powoduje jego twardnienie. Proces ten ma duży wpływ na starzenie asfaltu,

- *fizyczne twardnienie* – zachodzi w wyniku zmian temperatury otoczenia i postępuje wraz z czasem użytkowania asfaltu. W wyniku spadku temperatury otoczenia

następuje skurcz asfaltu, zwiększa się jego sztywność i kruchość. Następują też zmiany we właściwościach reologicznych asfaltu, bez zmiany jego składu chemicznego. Twardnienie fizyczne jest procesem odwracalnym, ponieważ w momencie podwyższenia temperatury można przywrócić wyjściową lepkość asfaltu. Wprawdzie proces ten zachodzi powoli, jednak przy długotrwałym użytkowaniu nawierzchni może przyczynić się do jej zniszczenia [1, 2, 4, 5, 12].

Etapy procesu starzenia lepiszczy asfaltowych

W procesie starzenia lepiszczy asfaltowych, poczynając od wytworzenia, a na eksploatacji nawierzchni drogowej kończąc, można wyróżnić dwa zasadnicze etapy: starzenie technologiczne i starzenie eksploatacyjne.

- √ Etap I: *Starzenie technologiczne* (zwane inaczej *starzeniem krótkotrwałym*) – postępuje powoli, od momentu wytworzenia lepiszcza asfaltowego, poprzez czas magazynowania w zbiornikach, a intensyfikuje się podczas produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, składowania w zbiornikach, transportu i wbudowywania jej w nawierzchnię drogową. Starzenie asfaltu zachodzi głównie w czasie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, gdy cienka warstwa asfaltu na ziarnach kruszywa poddana jest krótkotrwałemu, kilkunasto- lub kilkudziesięciosekundowemu działaniu wysokiej temperatury i tlenu z powietrza. Zachodzą wówczas główne procesy starzeniowe: utlenianie asfaltu i odparowanie frakcji olejowych.
- √ Etap II: *Starzenie eksploatacyjne* (zwane inaczej *starzeniem długotrwałym*) – występuje podczas eksploatacji nawierzchni asfaltowej i jest długotrwałym

i powolnym procesem zmian właściwości asfaltu. Intensywność tego procesu zależy przede wszystkim od rodzaju i zawartości asfaltu oraz od obecności wolnych przestrzeni w warstwie nawierzchni drogowej, rodzaju kruszywa i typu jego uziarnienia. Niekorzystnie na starzenie wpływają warunki klimatyczne oraz inne czynniki otoczenia – takie jak woda, środki chemiczne stosowane do odlodzania w okresie zimowym, a także zanieczyszczenia związkami chemicznymi dostającymi się do nawierzchni wraz z wodą odpadową [1, 2, 4, 5, 12].

Do badania starzenia asfaltów stosowane są metody laboratoryjne symulujące proces starzenia technologicznego i eksploatacyjnego. Metody te umożliwiają przyspieszenie procesu starzenia przez:

- podwyższenie temperatury wygrzewania asfaltu,
- zmniejszenie grubości warstwy asfaltu,
- zwiększenie prędkości przepływu powietrza,
- zwiększenie powierzchni asfaltu poddanej działaniu tlenu,
- zwiększenie ciśnienia [5, 12].

Laboratoryjne metody symulujące starzenie technologiczne

Do badania w warunkach laboratoryjnych krótkotrwałego starzenia asfaltów w podwyższonej temperaturze, symulującego starzenie technologiczne, stosowane są następujące metody badawcze:

- √ PN-EN 12607-1 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 1: Metoda RTFOT*,
- √ PN-EN 12607-2 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 2: Metoda TFOT*,
- √ PN-EN 12607-3 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 3: Metoda RFT*.

Metoda cienkiej wirowanej warstwy – RTFOT

Badanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą RTFOT (*Rolling Thin Film Oven Test* – metoda cienkiej wirowanej warstwy), według PN-EN 12607-1 [6], wykonywane jest w suszarce o specjalnej konstrukcji (rysunek 1).

W suszarce znajduje się termostat umożliwiający utrzymywanie stałej temperatury, instalacja do nadmuchu gorącego powietrza oraz pionowa, obrotowa, aluminiowa tarcza. W tarczy jest osiem otworów, wraz ze sprężynującymi zaciskami – niezbędnymi do utrzymania pojemników szklanych w pozycji poziomej (rysunek 2).



Rys. 1. Suszarka do badania odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą RTFOT, według PN-EN 12607-1 (fot. INiG Kraków)



Rys. 2. Szklane pojemniki, w których próbka asfaltu poddawana jest starzeniu według PN-EN 12607-1 (fot. INiG Kraków)

Dysza wprowadzająca gorące powietrze do każdego pojemnika zapewnia nadmuch, gdy pojemnik znajduje się w najniższym położeniu.

Badanie według metody RTFOT wykonywane jest w następujących warunkach:

- masa próbki w pojemniku: $35,0 \pm 0,5$ g,
- temperatura: $163 \pm 1^\circ\text{C}$,
- czas badania: 75 ± 1 min.,
- prędkość obrotowa tarczy: $15,0 \pm 0,2$ obr./min.,
- prędkość przepływu powietrza: $4,0 \pm 0,2$ l/min.

W zależności od właściwości przewidzianych do oznaczenia po starzeniu, próbkę asfaltu należy nalać do odpowiedniej ilości pojemników – w przypadku oznaczania tylko zmiany masy – do minimum dwóch pojemników.

Po osiągnięciu przez suszarkę wymaganej temperatury badania, pojemniki szklane zawierające asfalt umieszcza się w obrotowej tarczy tak, aby była ona zrównoważona. Niewykorzystane miejsca uzupełnia się pustymi pojemnikami.

W czasie badania pojemniki z asfaltem znajdują się w ciągłym ruchu, podczas którego asfalt obmywa ścianki

pojemnika, a jego powierzchnia poddawana jest intensywnemu działaniu gorącego powietrza.

Bezpośrednio po zakończeniu badania pojemniki przeznaczone do oznaczenia zmiany masy umieszcza się około 1 godzinę w eksykatorze. Asfalt z pozostałych pojemników zlewa się do wspólnego naczynia.

Właściwości asfaltu oznaczane po starzeniu:

- zmiana masy, wyrażona w procentach,
- penetracja w temperaturze 25°C według PN-EN 1426,
- temperatura mięknięcia metodą Pierścienia i Kula, według PN-EN 1427,
- lepkość dynamiczna według PN-EN 12596 [2, 4, 6].

Obliczeń zmian właściwości fizycznych po starzeniu dokonuje się zgodnie z równaniami zapisanymi w normie PN-EN 12607-1 pkt. 7 [6].

Metoda starzenia w cienkiej warstwie – TFOT

Badanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą TFOT (*Thin Film Oven Test* – metoda starzenia w cienkiej warstwie), według PN-EN 12607-2 [7], wykonywane jest w suszarce (rysunek 3).

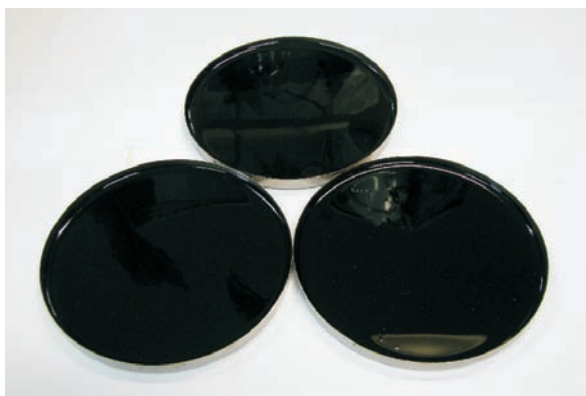


Rys. 3. Suszarka do badania odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą TFOT, według PN-EN 12607-2 (fot. INiG Kraków)

Suszarka wyposażona jest w termostat umożliwiający utrzymywanie stałej temperatury badania oraz w metalową, obrotową półkę, zawieszoną na pionowym wale, podtrzymującą tacki z badanym asfaltem. Tacki, o średnicy wewnętrznej 140 ± 1 mm i głębokości $9,5 \pm 0,5$ mm, wykonane są ze stali nierdzewnej lub aluminium (rysunek 4).

Badanie według metody TFOT wykonywane jest w następujących warunkach:

- masa próbki w tacce: $50,0 \pm 0,5$ g,
- temperatura: $163 \pm 1^\circ\text{C}$,



Rys. 4. Tacki z asfaltem, który poddawany jest starzeniu według PN-EN 12607-1 (fot. INiG Kraków)

- czas badania: $5,0 \text{ h} \pm 15 \text{ min.}$,
- prędkość obrotowa półki: $5,5 \pm 1,0 \text{ obr./min.}$

Po osiągnięciu przez suszarkę wymaganej temperatury badania, tacki zawierające asfalt, tworzący warstwę grubości około 3,2 mm, umieszcza się na półce obrotowej, w atmosferze powietrza.

Bezpośrednio po zakończeniu badania tacki wyjmuje się z suszarki, chłodzi do temperatury otoczenia przez około 30 minut i po zważeniu, oblicza zmianę masy dla każdej tacki. W celu uzyskania próbki do oznaczenia pozostałych właściwości, tacki z asfaltem umieszcza się na półce w suszarce, w temperaturze badania. Półkę wprawia się w ruch na 15 minut, a następnie badany asfalt zlewa się do wspólnego naczynia. Po starzeniu oznacza się lepkość kinematyczną, według PN-EN 12595 [2, 7].

Obliczeń zmian właściwości fizycznych po starzeniu dokonuje się zgodnie z równaniami podanymi w normie PN-EN 12607-2 pkt. 7 [7].

Metoda obrotowej kolby – RFT

Badanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza metodą RFT (*Rotating Flask Test* – metoda

obrotowej kolby), według PN-EN 12607-3 [8], polega na kontrolowanym wygrzewaniu w wyparce rotacyjnej i napowietrzaniu próbki asfaltu, umieszczonej w specjalnej kolbie.

Badanie według metody RFT wykonywane jest w następujących warunkach:

- masa próbki w kolbie: $100,0 \pm 1,0 \text{ g}$,
- temperatura: $165 \pm 1^\circ\text{C}$,
- czas badania: $150 \pm 1 \text{ min.}$,
- prędkość obracania kolby: $20 \pm 5 \text{ obr./min.}$,
- prędkość przepływu powietrza: $500 \pm 10 \text{ ml/min.}$

Kolbę okrągłodenną, o pojemności 1000 ml, zawierającą odważoną próbkę asfaltu, umieszcza się w łaźni olejowej o temperaturze 165°C pod kątem 45° . Powietrze o temperaturze pokojowej (od 18 do 28°C) wtłaczane jest do kolby przez rurkę, której koniec znajduje się na wysokości 40 mm od dna kolby. Po rozpoczęciu badania obracającą się kolbę ogrzewa się, bez dostarczania powietrza, przez 10 minut. Następnie włącza się przepływ powietrza w ilości 500 ml/min. Po zakończeniu badania kolbę odstawia się na 30 minut do suszarki o temperaturze 110°C , aby próbka, która w wyniku obracania znalazła się na wewnętrznych ścianach kolby, zebrała się na jej dnie. Po wyjęciu z suszarki kolbę chłodzi się przez 90 minut w eksykatorku do temperatury otoczenia i waży jej zawartość.

W celu uzyskania próbki asfaltu do oznaczenia pozostałych właściwości, kolbę podgrzewa się do temperatury od 80°C do 90°C powyżej przewidywanej temperatury mięknięcia, a następnie wlewa do naczyń i form wymaganych do dalszych badań.

Właściwości asfaltu oznaczane po starzeniu:

- penetracja w temperaturze 25°C według PN-EN 1426,
- temperatura mięknięcia metodą Pierścień i Kula, według PN-EN 1427,
- lepkość dynamiczna według PN-EN 12596 [2, 4, 8].

Obliczeń zmiany właściwości fizycznych po starzeniu dokonuje się zgodnie z równaniami podanymi w normie PN-EN 12607-3 pkt. 7 [8].

Laboratoryjne metody symulujące starzenie eksploatacyjne

Do badania w warunkach laboratoryjnych długotrwałego starzenia asfaltów, symulującego starzenie eksploatacyjne, stosowane są następujące metody badawcze:

- ✓ PN-EN 14769 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Przyspieszone starzenie długoterminowe w komorze starzenia ciśnieniowego (PAV)*,
- ✓ PN-EN 15323 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Przyspieszone długoterminowe starzenie/kondycjonowanie metodą cylindra obrotowego (RCAT)*.

Metoda w komorze starzenia ciśnieniowego – PAV

Badanie przyspieszonego starzenia długoterminowego w komorze starzenia ciśnieniowego PAV (*Pressure Aging Vessel*), według PN-EN 14769 [9], symuluje starzenie eksploatacyjne asfaltu spowodowane działaniem temperatury i innych czynników otoczenia w pierwszych 5–10 latach eksploatacji nawierzchni [2, 4, 5].

Komorę ciśnieniowo-termiczna PAV, wykonana ze stali

nierdzewnej, zaprojektowana jest do pracy przy ciśnieniu $2,1 \pm 0,1$ MPa i temperaturze pomiędzy 80°C a 115°C .

Wielkość komory ciśnieniowej jest odpowiednia do umieszczenia w niej statywu, na którym znajduje się 10 tacek (rysunek 5).

Wymiary tacek są zgodnie z wymaganiami podanymi w normie PN-EN 12607-2 (metoda TFOT). W każdej tacece znajduje się $50,0 \pm 0,5$ g asfaltu, poddanego wcześniej starzeniu według PN-EN 12607. Asfalt w tacece tworzy warstwę grubości około 3,2 mm. Ilość tacek zależy od ilości asfaltu niezbędnej do wykonania oznaczeń po starzeniu. W komorze PAV mogą być starzone równocześnie asfalty z różnych źródeł.



Rys. 5. Komora starzenia ciśnieniowego PAV, do badania starzenia długoterminowego według PN-EN 14769 (fot. INiG Kraków)

W zależności od klimatu, w którym eksploatowane jest lepiszcze, badanie prowadzone jest w temperaturze:

- $90 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dla klimatu zimnego,
- $100 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dla klimatu umiarkowanego,
- $110 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dla klimatu gorącego [2, 9, 12].

Do przeprowadzenia procesu starzenia niezbędna jest butla ze sprężonym powietrzem. Statyw umieszcza się wewnątrz komory ciśnieniowej. Po osiągnięciu przez komorę wymaganej temperatury badania statyw wyjmuje się i umieszcza w nim tacki z asfaltem, a całość – w komorze ciśnieniowej. Po dokładnym zamknięciu komory i ponownym osiągnięciu temperatury badania zwiększa się ciśnienie powietrza do $2,1 \pm 0,1$ MPa i rozpoczyna badanie, które trwa $20\text{ h} \pm 10\text{ min}$. Po zakończeniu czasu starzenia, z wnętrza komory PAV powoli wypuszcza się powietrze, za pomocą zaworu upustowego. Następnie komorę ciśnieniową otwiera się i wyjmuje statyw z tackami. Tacki z asfaltem umieszcza się w suszarce o temperaturze $170 \pm 5^{\circ}\text{C}$, na

30 ± 1 min. Gdy próbki są płynne, zawartość tacki miesza się w celu usunięcia pęcherzy powietrza, a następnie badany asfalt zlewa się do wspólnego pojemnika.

W przypadku gdy pęcherze powietrza nadal są uwięzione w asfalcie, tacki z asfaltem przenosi się do pieca próżniowego (rysunek 6), zapewniającego temperaturę do $170^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ i próżnię $15,0 \pm 2,5$ kPa.

Asfalt, po badaniu w komorze starzenia ciśnieniowego PAV, według Strategicznego Drogowego Programu Badawczego opracowanego w USA (SHRP – *Strategic Highway Research Program*), poddaje się badaniom reologicznym w zakresie:

- oznaczania zespolonego modułu ścinania i kąta przesunięcia fazowego – w reometrze dynamicznego ścinania DSR (*Dynamic Shear Rheometer*), według PN-EN 14770,
- oznaczania sztywności pełzania przy zginaniu – za pomocą reometru zginanej belki BBR (*Bending Beam Rheometer*), według PN-EN 14771,
- oznaczania właściwości mechanicznych lepiszczy asfaltowych – metodą rozciągania bezpośredniego DTT (*Direct Tension Tester*), według PN-EN 13587 [1, 2, 4].



Rys. 6. Piec próżniowy do odpowietrzania próbek asfaltu po starzeniu w komorze ciśnieniowej PAV (fot. INiG Kraków)

Starzenie/kondycjonowanie metodą cylindra obrotowego – RCAT

Badanie symulujące starzenie eksploatacyjne asfaltu można także przeprowadzić metodą przyśpieszonego starzenia długoterminowego RCAT (*Rotating Cylinder Aging Test* – badanie starzenia w cylindrze obrotowym), według PN-EN 15323 [10].

Starzenie wykonywane jest w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza, wyposażonej w termostat (umożliwiający utrzymanie stałej temperatury pomiędzy 70°C a 95°C, zależnie od temperatury badania) oraz system podawania tlenu, z urządzeniami kontroli przepływu (rysunek 7).

Zestaw badawczy składa się z następujących elementów:

- cylindra badawczego ze stali nierdzewnej, o pojemności 3,7 litra, posiadającego odpowiedni otwór do wprowadzania tlenu,
- rowkowanego, pełnego wałka ze stali nierdzewnej, poruszającego się grawitacyjnym ruchem obrotowym wokół swojej osi wewnątrz cylindra badawczego; wałek ten powoduje stałe dociskanie i rozprowadzanie asfaltu po wewnętrznej ścianie cylindra. W wyniku tego powierzchnia asfaltu poddawana oddziaływaniu tlenu jest ciągle odnawiana i mieszana z pozostałą ilością asfaltu,
- mechanizmu napędowego obracającego cylinder badawczy wokół własnej osi, z prędkością $1,0 \pm 0,05$ obr./min. [10].

Do wstępnie ogrzanego do temperatury badania (zwykle 90°C) cylindra nalewa się od 525 do 550 g asfaltu, poddanego wcześniej starzeniu według PN-EN 12607-1 lub PN-EN 12607-2, a następnie umieszcza się w nim wstępnie ogrzany wałek. Po osiągnięciu przez suszarkę wymaganej temperatury badania, cylinder układa się na mechanizmie napędowym i mocuje rurkę doprowadzającą tlen. Cylinder



Rys. 7. Suszarka do badania przyśpieszonego długoterminowego starzenia metodą RCAT, według PN-EN 15323 [3]

pozostawia się na 60 ± 5 minut bez obracania i dopływu tlenu, w celu doprowadzenia asfaltu do temperatury badania. Po tym czasie włącza się obroty cylindra, otwiera dopływ tlenu z butli oraz ustawia prędkość przepływu tlenu na $4,5 \pm 0,5$ l/h i rozpoczyna się badanie, które trwa $140 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$.

Po zakończeniu starzenia cylinder wyjmuje się z suszarki, odkręca jego górną pokrywkę, wyjmuje wałek i umieszcza na odwróconej pokrywce. Cylinder przekręca się dnem do góry i umieszcza na metalowej puszcze o pojemności 0,5 litra, opierając go o wewnętrzną ściankę suszarki ogrzanej do temperatury $160 \pm 5^\circ\text{C}$, i pozostawia w tej pozycji na 30 do 45 minut, w zależności od rodzaju asfaltu.

Właściwości asfaltu oznaczane po starzeniu:

- penetracja w temperaturze 25°C według PN-EN 1426,
- temperatura mięknięcia metodą Pierścień i Kula według PN-EN 1427 [10].

Podsumowanie

Lepiszczce asfaltowe w czasie przechowywania, transportu, produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej oraz jej wbudowywania i eksploatacji w nawierzchni drogowej podlega ciągłemu procesowi starzenia. Podczas tego procesu istotnie zmieniają się właściwości lepkosprężyste lepiszcza asfaltowego, które niekorzystnie wpływają na nawierzchnie drogowe, powodując zmniejszenie ich trwałości. Starzenie lepiszcza asfaltowego następuje w dwóch etapach:

- technologicznym – od momentu wyprodukowania lepiszcza asfaltowego do wbudowania mieszanki mineralno-asfaltowej w nawierzchnię drogową,

- eksploatacyjnym – podczas eksploatacji w nawierzchni drogowej.

Laboratoryjne metody symulujące proces starzenia technologicznego i eksploatacyjnego pozwalają na określenie wpływu starzenia na badane lepiszcze asfaltowe, na podstawie zmian wartości parametrów właściwości normowych przed i po starzeniu.

Starzenie jest procesem złożonym i dotychczas nie w pełni rozeznany, dlatego też wciąż trwają prace badawcze nad opracowywaniem laboratoryjnych testów symulujących starzenie lepiszczy asfaltowych.

Artykuł nadesłano do Redakcji 29.12.2009 r. Przyjęto do druku 19.04.2010 r.

Recenzent: doc. dr Michał Krasodomski

Literatura

- [1] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.
- [2] Gawęł I., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
- [3] Katalog firmy Normalab.
- [4] Piłat J., Radziszewski P.: *Nawierzchnie asfaltowe*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.
- [5] Piłat J., Radziszewski P.: *Ocena właściwości reologicznych drogowych lepiszczy asfaltowych w wyniku starzenia eksploatacyjnego PAV*. Zbór referatów X Międzynarodowej Konferencji: Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe, Kielce 2004.
- [6] PN-EN 12607-1:2009 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 1: Metoda RTFOT*.
- [7] PN-EN 12607-2:2007 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 2: Metoda TFOT*.
- [8] PN-EN 12607-3:2007 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Oznaczanie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza – Część 3: Metoda RFT*.
- [9] PN-EN 14769:2006 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Przyspieszone starzenie długoterminowe w komorze starzenia ciśnieniowego (PAV)*.
- [10] PN-EN 15323:2007 (oryg.) *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Przyspieszone długoterminowe starzenie/kondycjonowanie metodą cylindra obrotowego (RCAT)*.
- [11] Radziszewski P.: *Wpływ starzenia na właściwości lepko-sprężyste asfaltów modyfikowanych*. *Drogownictwo*, 8, s. 259–263, 2008.
- [12] Radziszewski P.: *Zmiany właściwości lepko-sprężystych lepiszczy modyfikowanych i mieszanek mineralno-asfaltowych w wyniku procesu starzenia*. *Rozprawy naukowe nr 142*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2007.
- [13] Sybilski D.: *Polimeroasfalty drogowe. Jakość funkcjonalna. Metodyka i kryteria oceny*. IBDiM, Studia i materiały, zeszyt 45, Warszawa 1996.
- [14] Ziółkowski R.: *Wpływ starzenia na zmianę właściwości lepiszczy i mieszanek mineralno-asfaltowych z dodatkiem plastomeru EVA*. *Drogownictwo* 6, s. 202–205, 2009.



Mgr inż. Elżbieta TRZASKA – Kierownik Laboratorium Asfaltów w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów INiG w Krakowie; Sekretarz Podkomitetu ds. Asfaltów Komitetu Technicznego Nr 222. Prowadzi prace naukowo-badawcze związane z opracowywaniem technologii wytwarzania asfaltów i badaniem ich właściwości.

ZAKŁAD OLEJÓW, ŚRODKÓW SMAROWYCH I ASFALTÓW

Zakres działania:

- opracowanie i modyfikacja technologii wytwarzania olejów podstawowych (bazowych);
- opracowanie i modyfikacja technologii wytwarzania środków smarowych: olejów przemysłowych silnikowych, smarów plastycznych, olejów technologicznych do obróbki metali oraz niskokrzepnących płynów do chłodnic i spryskiwaczy samochodowych;
- opracowanie i modyfikacja technologii wytwarzania parafin, wosków specjalnych i kompozycji woskowych;
- opracowanie i modyfikacja technologii wytwarzania asfaltów drogowych i przemysłowych oraz kompozytów asfaltowo-polimerowych;
- specjalistyczne badania i ocena właściwości użytkowych środków smarowych;
- specjalistyczne badania i ocena jakości parafin, wosków specjalnych i kompozycji woskowych;
- specjalistyczne badania i ocena jakości asfaltów drogowych przemysłowych oraz kompozytów asfaltowo-polimerowych;
- opracowywanie zagadnień związanych z gospodarką olejami odpadowymi i odpadami rafinerijnymi;
- sporządzanie ekobilansów procesów technologicznych metodą Oceny Cyklu Życia (LCA).

Kierownik: mgr inż. Stefan Ptak

Adres: ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków

Telefon: 12 617-74-32

Faks: 12 617-74-30, 12 617-75-22

E-mail: stefan.ptak@inig.pl

