



Temat specjalny

NAWIERZCHNIE ASFALTOWE W POLSCE

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



XXI w. przyniósł wiele zmian w dziedzinie konstrukcji nawierzchni drogowych, jednak nadal dominują nawierzchnie podatne. W Polsce nawierzchnie asfaltowe stanowią 97% wszystkich nawierzchni twardych ulepszonej. Infrastruktura drogowa w kraju rozrasta się w szybkim tempie, a dzisiejsze technologie asfaltowe oferują sporą paletę możliwości, co pozwala spełniać coraz wyższe wymagania użytkowników dróg.



fot. Stockfotolia.com

System klasyfikacji asfaltów w Polsce

Surowcem wyjściowym do produkcji asfaltów jest pozostałość próżniowa uzyskiwana podczas przeróbki ropy naftowej. Sam asfalt jest materiałem o właściwościach wiążących, barwie od brązowej po czarną i konsystencji stałej lub półstałej. Stanowi mieszaninę wielkocząsteczkowych węglowodorów i związków heterocyklicznych, tworzącą układ koloidalny, w którym można wyodrębnić trzy główne składniki. Około 5–25% zawartości asfaltu, w zależności od rodzaju ropy i sposobu przeróbki, stanowią asfalteny. Te substancje o temperaturze mięknięcia ok. 150–200 °C stanowią fazę rozproszoną w olejach. Kolejnym składnikiem asfaltu są żywice, stałe lub półstałe substancje wpływające na adhezję asfaltu do kruszywa oraz ciągliwość i plastyczność. Bez względu na sposób otrzymywania zawartość żywic w asfalcie wynosi od 30% do 45%. Najlżejszą, węglowodorową frakcję asfaltu tworzą oleje, których zawartość wynosi 30–65%. Ta mieszanina węglowodorów parafinowo-naftenowych i aromatycznych nadaje asfaltom elastyczność. Oleje stanowią fazę rozpraszającą [1].

W Polsce do budowy i utrzymania nawierzchni drogowych stosowane są następujące typy i odpowiadające im rodzaje asfaltów:

- asfalty drogowe, zwane też asfaltami konwencjonalnymi, zgodnie z normą PN-EN 12591:2010 występują w rodzaju 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150, 160/220;
- asfalty drogowe twarde według normy PN-EN 13924-1:2015-12 występują w rodzaju 10/20, 15/25;
- asfalty wielorodajowe zgodnie z normą PN-EN 13924-2:2014-04 występują w rodzaju MG 20/30-63/72, MG 35/50-57/66, MG 50/70-54/63;
- asfalty modyfikowane polimerami według normy PN-EN 14023:2011 występują jako 10/40-65, 25/55-60, 45/80-55, 45/80-65, 65/105-60, 90/150-45, 120/200-40.

Oznaczenie asfaltów drogowych według normy PN-EN 12591:2010 i asfaltów drogowych twardych według normy PN-EN 13924-2:2014-04 opiera się na symbolice X/Y, w której X oznacza dolną granicę penetracji w temperaturze 25 °C danego rodzaju asfaltu (0,1 mm) według normy EN 1426, zaś Y to górna granica penetracji w temperaturze 25 °C danego rodzaju asfaltu (0,1 mm) według normy EN 1426. Systematyka oznaczenia asfaltów wysokomodyfikowanych polimerami, produkowanych zgodnie z normą europejską EN 14023, zapisywana jest jako PMB X/Y-Z. Skrót PMB pochodzi od angielskich słów *polymer modified bitumen*. X i Y odpowiadają symbolice asfaltów drogowych i drogowych twardych, natomiast Z odnosi się do dolnej granicy temperatury mięknięcia (PiK) danego rodzaju asfaltu (°C) według EN 1427. W oznaczeniu asfaltów wielorodajowych według EN 13924 podawany jest zakres penetracji oznaczanej według EN 1426 oraz zakres temperatury mięknięcia oznaczanej metodą pierścienia i kuli według EN 1427. Przedrostek MG jest akronimem od *multigrade bitumen* i oznacza asfalt wielorodajowy [2].

Właściwości asfaltów a klimat

Pod koniec ubiegłego wieku w ramach amerykańskiego programu SHRP (ang. *Strategic Highway Research Program*) opracowano i wdrożono nowy system klasyfikacji asfaltów, którego ideą była potrzeba lepszego dostosowania metod badań oraz wymagań dla asfaltów drogowych do rzeczywi-

stych warunków, w jakich pracują w nawierzchniach. Obecnie w Polsce, podobnie jak w pozostałych krajach Unii Europejskiej, asfalty drogowe są badane i klasyfikowane głównie ze względu na wynik oznaczenia penetracji w temperaturze 25 °C, bez względu na warunki klimatyczne.

Nowy, opracowany w latach 90. XX w. amerykański system klasyfikacji asfaltów opierał się na badaniach funkcjonalnych lepiszczy asfaltowych. Stąd jego nazwa – *Performance Grade* (PG), oznaczająca rodzaj funkcjonalny. W wyniku prowadzonych analiz powstała metoda *Superpave* (*Superior Performing Asphalt Pavements*), w ramach której opracowano metodykę badań laboratoryjnych lepiszczy asfaltowych, m.in. DSR test (*Dynamic Shear Rheometer Test*), DTT test (*Direct Tension Test*) oraz BBR test (*Bending Beam Rheometer Test*). Metody te wynikły z potrzeby określenia właściwości użytkowych asfaltów w zależności od temperatury pracy nawierzchni. Opracowanie specyfikacji asfaltowych polegało na wyznaczeniu temperatur, w których w danej strefie klimatycznej pracuje asfalt oraz w których asfalt ten musi spełniać określone wymagania funkcjonalne.

Krajowe badania w tym zakresie są prowadzone w ramach programu badawczego Rozwój Innowacji Drogowych (RID-1B) *Asfalty drogowe i modyfikowane w polskich warunkach klimatycznych*. Program jest realizowany w latach 2016–2018 na zlecenie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) oraz Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) przez trzy instytucje – Politechnikę Warszawską (instytucja kierująca), Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz Politechnikę Gdańską. Celem programu jest kompleksowa ocena właściwości lepiszczy asfaltowych produkowanych w Polsce w szerokim zakresie temperatur eksploatacyjnych i technologicznych, a także weryfikacja wymagań i metod oceny lepiszczy asfaltowych stosowanych do budowy nawierzchni drogowych.

Przeprowadzone badania i analizy uwzględniające rozkład temperatury na głębokości warstw asfaltowych nawierzchni pozwoliły na obliczenie rodzaju funkcjonalnego PG asfaltów dla każdej z warstw – ścieralnej, wiążącej i podbudowy. Powstała także propozycja podziału terytorium Polski na strefy klimatyczne w zależności od wyznaczonych wartości rodzaju funkcjonalnego asfaltów na podstawie danych klimatycznych. Podział ten może być bardzo przydatny w projektowaniu nawierzchni drogowych, biorąc pod uwagę ich lokalizację. Zaproponowane w metodzie *Superpave* oraz zastosowane w analizach uwzględnienie różnych poziomów prawdopodobieństwa pozwala uwzględnić ryzyko wynikające z możliwości wystąpienia ekstremalnych wartości temperatur nawierzchni. Jest to szczególnie istotne dla odpowiedniego doboru rodzaju asfaltu w celu przeciwdziałania powstawaniu trwałych deformacji nawierzchni oraz spękań niskotemperaturowych.

Efektem końcowym prowadzonych badań ma być opracowanie wytycznych doboru właściwości asfaltu, odpowiadających polskiemu warunkom klimatycznym oraz wielkości obciążenia ruchem. System klasyfikacji asfaltów według PG może stanowić narzędzie wspomagające [3].

Rozwiązania skrojone na miarę

Stale rosnące wymagania wobec asfaltów drogowych spowodowały, że od lat prowadzone są badania nad odpowiednimi dodatkami oraz procesami technologicznymi, których stosowanie polepsza właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

oraz obniża temperaturę ich produkcji. Jednym z takich dodatków jest siarka, która stanowi 20–30% masy i w mieszance asfaltowej może występować w postaci chemicznie związanej, rozpuszczonej oraz jako drobne cząstki zdyspergowane w asfalcie. Ze wzrostem zawartości siarki więcej cząstek przechodzi z zolu w żel. Jej dodatek zwiększa penetrację przy wzroście zawartości siarki do 10%, a następnie ją obniża. Temperatura mięknięcia maleje przy zawartości siarki w asfalcie 10%, po czym wzrasta. Dodatek siarki zwiększa ciągliwość mieszanki w niskiej temperaturze, elastyczność, trwałość zmęczeniową oraz odporność na starzenie.

Guma, wprowadzona do mieszanki jako miążg gumowy, stanowiący 10–20% masy, nie rozpuszcza się w asfalcie, lecz pęcznieje. Mieszanki gumy z asfaltem uzyskuje się za pomocą dwóch metod – mokrej i suchej. Dodatek miążgu gumowego powoduje podwyższenie temperatury mięknięcia, lepkości mieszanki, poprawia właściwości lepkosprężyste nawierzchni drogowej, zwiększa odporność na starzenie oraz właściwości lepiszcza w niskiej temperaturze, a także zmniejsza wrażliwość termiczną.

Dodatek asfaltu Trynidad w ilości od 20% do 30% w stosunku do masy asfaltu destylacyjnego powoduje jego utwardzenie dzięki wyższej lepkości i usztywniającemu działaniu wypełniacza zawartego w asfalcie naturalnym. Dodatek ten pozwala rozszerzyć zakres plastyczności asfaltu destylacyjnego i zmniejszyć wrażliwość termiczną.

Kolejny dodatek to olej popirolityczny, stanowiący 10–20% masy, powstający w rafinerii jako materiał uboczny w procesie otrzymywania olefin. W jego skład wchodzi głównie związki nienasycone. Najbardziej znanym sposobem utylizacji tego materiału jest otrzymywanie z niego żywic aromatycznych, które znalazły zastosowanie jako modyfikatory asfaltów. Mieszanie pozostałości po destylacji ropy naftowej z olejem popirolitycznym przed poddaniem jej utlenianiu na asfalty powoduje zwiększenie zawartości żywic i asfaltenów w asfalcie przy równoczesnym zmniejszeniu zawartości parafiny. Skutkiem takich zmian w składzie chemicznym asfaltu jest zwiększenie jego lepkości i temperatury mięknięcia. Modyfikacja pozostałości po destylacji ropy naftowej za pomocą oleju popirolitycznego umożliwia znaczne skrócenie czasu jej utleniania, potrzebnego do otrzymania asfaltu o danej penetracji, a także poprawia jakość produktu.

Działanie katalitycznie wykazują sole organometaliczne (Chemcrete). Stanowiąc 2% masy, tworzą wiązanie pomiędzy metalem a cząsteczkami asfaltu. Ten dodatek zwiększa odporność asfaltu na starzenie, sprężystość, wytrzymałość zmęczeniową, odporność na koleinowanie, podwyższa temperaturę tąpnięcia, zmniejsza podatność na pęcznienie oraz wrażliwość termiczną.

Sasobit, wosk polietylenowy powstający podczas gazyfikacji węgla, jako dodatek w udziale procentowym 0,8–3% masy poprawia zdolność zagęszczania oraz urabiania mieszanki asfaltowej. Zwiększa elastyczność mieszanki w niskiej temperaturze oraz zmniejsza lepkość lepiszcza asfaltowego zarówno podczas mieszania asfaltu, jak i jego uszlachetniania.

Zeolit (aspha-min), stanowiący uwodnione glinokrzemiany, występujące w środowisku naturalnym, obniża temperaturę mieszania asfaltu oraz zmniejsza ilość wolnych przestrzeni w strukturze o ok. 1%. Zeolit kumuluje w porach molekuł

wodę krystaliczną, co podczas dodawania go do podgrzanej mieszanki piasku, kruszywa i asfaltu daje efekt piany zwiększającej ilość spoiwa w mieszance.

Najstarszym sposobem modyfikacji asfaltów jest dodatek materiałów pochodzenia wapiennego. Mączka mineralna zwiększa lepkość asfaltu i w niewielkim stopniu odporność na starzenie [4].

Diagnozowanie i stan techniczny nawierzchni

Diagnostyka nawierzchni jest dziedziną badań cech powierzchniowych i strukturalnych nawierzchni, stosowaną do dwóch celów. Jednym z nich jest sprawdzenie cech funkcjonalnych, takich jak równość poprzeczna i podłużna, jasność i szorstkość, decydujących o bezpieczeństwie i komforcie jazdy. Drugim celem jest wykrycie spękań, ugięć, uszkodzeń powierzchniowych oraz pomiar makrotekstury, które decydują o stanie technicznym nawierzchni, czyli o trwałości.

Dane o stanie technicznym nawierzchni dróg wraz z m.in. informacjami o ruchu pojazdów i wypadkach są istotnym elementem wykorzystywanym w procesie zarządzania drogami przez każdego z zarządców. GDDKiA w pierwszym kwartale każdego roku publikuje raport o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych za rok poprzedni. Zamieszczone w nim informacje dotyczą sieci dróg krajowych zarządzanych przez tę instytucję.

Z ostatniego raportu wynika, że w 2016 r. GDDKiA zarządziła sieć dróg o długości 17 634 km (20 984 km w rozwinięciu na jedną jezdnię), a jej koncesjonariusze – 467,5 km (934,9 km w rozwinięciu na jedną jezdnię). Raport opracowano na podstawie wyników pomiarów cech techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni, danych statystycznych zamieszczonych w *Raporcie o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2015 roku* oraz informacji dodatkowych zgromadzonych w oddziałach GDDKiA, dotyczących m.in. średnich cen grup zabiegów według klasyfikacji diagnostyki stanu nawierzchni (DSN), tj. powierzchniowych, wyrównujących i modernizujących.

W 2016 r. znaczna część pomiarów parametrów techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni została wykonana w nowych, bardziej precyzyjnych technologiach, w tym prawie 20 tys. km pomiarów w ramach automatycznej oceny spękań i stanu powierzchni. Zastosowano również nową metodologię wyznaczania kategorii ruchu pojazdów (KR) oraz wykorzystano nowe dane o ruchu z GPR wykonanego w 2015 r. Zmiany te mają istotny wpływ na wartości rozkładów statystycznych osiągniętych na koniec 2016 r. Zasadniczym zestawieniem informującym o stanie nawierzchni sieci dróg zarządzanych przez GDDKiA jest rozkład ocen poszczególnych parametrów, występujących w systemie diagnostyki nawierzchni, wyrażonych w czterostopniowej skali, od A do D. Po agregacji i przetworzeniu danych pomiarowych poszczególnych parametrów techniczno-eksploatacyjnych nawierzchni następuje kwalifikacja odcinków nawierzchni do jednej z czterech klas. Klasa A oznacza odcinek o nawierzchni w stanie dobrym, klasa B – odcinek o nawierzchni w stanie zadowolającym, klasa C – odcinek o nawierzchni w stanie niezadowolającym, zaś klasa D – odcinek o nawierzchni w stanie złym. Cztery klasy stanu technicznego nawierzchni po zagregowaniu wyników służą do wyznaczania oceny ogólnej stanu nawierzchni jezdni, tj. wyznaczenia trzech poziomów decyzyjnych stanów nawierzchni. Poziom pożądanym obejmuje dwie klasy stanu nawierzchni. Mieści

Tab. 1. Długość odcinków dróg we wszystkich klasach stanu nawierzchni dla poszczególnych parametrów techniczno-eksploatacyjnych w 2016 r. [5]

Parametr	Długość odcinków dróg [km]			
	Klasa A	Klasa B	Klasa C	Klasa D
Stan spękań	5646	9161	4530	816
Wskaźnik ugięcia nawierzchni	4374	666	453	1291
Wskaźnik krzywizny ugięcia	4223	550	865	1139
Pozostała trwałość nawierzchni	7212	7137	3931	1875
Głębokość koleiny	14 584	3949	1321	688
Równość podłużna	15 286	4633	484	189
Współczynnik tarcia	6987	7393	4733	1427
Stan powierzchni	15 190	4130	731	104

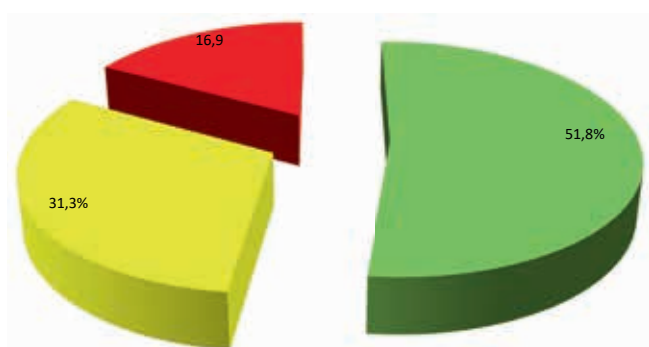
się w nim klasa A oznaczająca nawierzchnie w stanie dobrym oraz klasa B oznaczająca nawierzchnie w stanie zadowalającym. Poziom ostrzegawczy obejmuje klasę C, a poziom krytyczny – klasę D. Uzyskane na koniec 2016 r. rozkłady klas przedstawiono w tabeli 1.

Z danych zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że najmniej korzystne wyniki odnotowano w przypadku pozostałej trwałości nawierzchni oraz współczynnika tarcia. Część odcinków dróg znajduje się w złym stanie z powodu wskaźnika ugięcia nawierzchni, wskaźnika krzywizny ugięcia oraz stanu spękań. Natomiast najlepsze wyniki zostały odnotowane w przypadku równości podłużnej i stanu powierzchni. Po zagregowaniu stanu technicznego wszystkich parametrów w ocenę ogólną stan nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2016 r. w rozwinięciu na jedną jezdnię przedstawiono na rycinie 1 [5].

Rozwój innowacji

Nawierzchnie asfaltowe od początku swojego istnienia nieustannie podlegają modyfikacjom i zmianom, przy czym rozwój ten obejmuje zarówno aspekty materiałowe, technologiczne, jak i strukturalne. W większości przypadków trendy rozwojowe dotyczą zwiększania trwałości i ułatwień technologicznych, niemniej jednak od dłuższego czasu coraz mocniej do głosu dochodzą aspekty środowiskowe i efektywności energetycznej.

■ poziom pożądany ■ poziom ostrzegawczy ■ poziom krytyczny



Ryc. 1. Stan techniczny nawierzchni sieci dróg krajowych zarządzanych przez GDDKiA na koniec 2016 r. [5]

W zakresie rozwiązań materiałowych jednym z najszybciej rozwijających się kierunków rozwojowych w nawierzchniach asfaltowych są dodatki do lepszycy asfaltowych oraz mieszanek mineralno-asfaltowych, stosowane do poprawy specyficznej cechy nawierzchni lub zespołu właściwości.

Wśród rozwiązań technologicznych można wymienić technologie na ciepło i półciepło (*Warm Mix Asphalt*), jasne nawierzchnie asfaltowe czy ciche nawierzchnie asfaltowe. Na uwagę zasługują także technologie RBL (*Rich Bottom Layer*) i RBB (*Rich Bottom Base*), obie korzystające z podejścia mechanistycznego, według którego dolna warstwa asfaltowa w nawierzchni powinna charakteryzować się największą wytrzymałością zmęczeniową.

Wśród rozwiązań strukturalnych nawierzchni największe znaczenie mają te kierunki rozwoju, które przyczyniają się w znaczący sposób do wydłużenia cyklu życia całej konstrukcji, a co za tym idzie – do poprawy trwałości budowanej drogi. Należą do nich nawierzchnie typu perpetua czy pogrubienie nawierzchni w strefie skrzyżowania.

Nacisk kładziony na kreowanie innowacyjności, wdrażanie nowych rozwiązań oraz nowoczesnych, zrównoważonych technologii jest wspierany przez liczne instytucje, m.in. Narodowe Centrum Nauki, Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości czy Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W Polsce prowadzi się wiele programów i inicjatyw wspierających innowacyjne działania, m.in. Key Enabling Technologies, European Research Area – ERA, Inteligentne Specjalizacje czy Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT). Dzisiejszy rynek jest skierowany na odejście od standardów oraz wdrażanie nowych, efektywnych rozwiązań także w zakresie nawierzchni asfaltowych [6].

Literatura

- [1] Błażejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. Warszawa 2004.
- [2] Trzaska E.: *Asfalty drogowe – produkcja, klasyfikacja oraz właściwości*. „Nafta-Gaz” 2014, nr 5, s. 325–331.
- [3] Pszczoła M., Ryś D., Jaskuła P.: *Analiza stref klimatycznych w Polsce z uwzględnieniem klasyfikacji funkcjonalnej asfaltów Performance Grade*. „Roads and Bridges. Drogi i Mosty” 2017, nr 4, s. 245–269.
- [4] Brzozowska T., Makomaski G., Zieliński J., Legocka I.: *Struktura asfaltu modyfikowanego kopolimerem styren-butadien-styren (SBS) i woskiem syntetycznym*. „Polimery” 2017, nr 1, s. 20–31.
- [5] *Raport o stanie technicznym nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2016 roku* (online). GDDKiA, Warszawa 2017. Dostępny w Internecie: https://www.gddkia.gov.pl/userfiles/articles/r/raporty_18751/Raport%202016.pdf (dostęp 1 marca 2018).
- [6] Błażejowski K.: *Trendy i technologie w nawierzchniach asfaltowych na świecie i w Polsce*. Materiały III Ogólnopolskiego Forum Specjalistycznego Drogowe nawierzchnie z mieszanek mineralno-asfaltowych oraz betonu cementowego. Nawierzchnie drogowe 2015. Kraków, 26–27 listopada 2015. (online). Dostępny w Internecie: <http://docplayer.pl/45055528-Trendy-i-technologie-w-nawierzchniach-asfaltowych-na-swiecie-i-w-polsce-dr-inz-krzysztof-blazejowski.html> (dostęp 26 lutego 2018).

