

Elżbieta Trzaska

Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

Dodatki i modyfikatory do asfaltów drogowych

Poprawa właściwości użytkowych mieszanek mineralno-asfaltowych oraz wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni drogowej wymagają stosowania asfaltów modyfikowanych. W artykule zdefiniowano pojęcia „dodatek” i „modyfikator” oraz przedstawiono wymagania, jakie powinny spełniać. Omówiono rodzaje dodatków i modyfikatorów, ich wpływ na właściwości asfaltów oraz sposób dozowania.

Słowa kluczowe: asfalty drogowe, dodatki, modyfikatory, właściwości.

Additives and modifiers for paving bitumen

Improvement of the properties of asphalt and extending the exploitation period of paved areas requires the use of bitumen modifiers. In this article, concepts of additives and modifiers as well as requirements that they must meet, were defined and presented. Types of additives and modifiers, their influence on bitumen properties and a method of dispensing was also discussed.

Key words: paving bitumen, additive, modifier, properties.

Wprowadzenie

Nawierzchnie drogowe podczas eksploatacji ulegają zniszczeniu pod wpływem obciążeń od ruchu kołowego oraz działania czynników atmosferycznych.

Wraz ze wzrostem liczby pojazdów wzrosło natężenie ruchu samochodowego oraz obciążenie nawierzchni, które zmienia się w szerokim zakresie czasu trwania – od statycznych długotrwałych obciążeń, wielokrotnie się powtarzających, do krótkotrwałych obciążeń dynamicznych, przekazywanych przez koła przejeżdżających pojazdów. Największe obciążenie pochodzi od autobusów i pojazdów ciężarowych, obciążenie od motocykli, samochodów osobowych i dostawczych jest nieznaczne.

W wyniku działania zmiennych i zwiększonych obciążeń oraz niekorzystnych warunków klimatycznych występujących w Polsce, charakteryzujących się wysoką amplitudą temperatury między latem i zimą oraz różnorodnością opadów atmosferycznych i ich zmienną częstotliwością, nawierzchnia drogowa ulega zniszczeniu [5, 7].

Głównymi rodzajami zniszczenia nawierzchni drogowej występującymi w czasie eksploatacji są:

- deformacje w postaci odkształceń trwałych – ślady, odciski, koleiny, tarki, sfalowania,

- spękania zmęczeniowe w postaci spękań siatkowych o małych okach,
- spękania odbite, powstające w przypadku ułożenia warstw asfaltowych na warstwach podbudowy, związanych spoiwem hydraulicznym (np. stabilizacja cementem),
- spękania indukowane termicznie, powstające wskutek oziębiania bądź ogrzewania, gdy w nawierzchni powstają naprężenia rozciągające indukowane termicznie,
- zniszczenia powierzchniowe, w postaci ubytków mieszanki mineralno-asfaltowej lub wypadania pojedynczych ziaren kruszywa lub zaprawy z warstwy ścieralnej [5, 8]. Zapewnienie odporności nawierzchni na deformacje trwałe i działanie czynników atmosferycznych spowodowało konieczność wnikliwego dobierania nowych, wysokiej jakości materiałów i nowych rozwiązań technologicznych przez zastosowanie – w mieszankach mineralno-asfaltowych lepiscza asfaltowego o poprawionych właściwościach dzięki zastosowaniu modyfikatorów i dodatków [5, 7].

Modyfikacja asfaltów prowadzona jest w celu poprawy właściwości użytkowych mieszanek mineralno-asfaltowych oraz wydłużenia okresu eksploatacji nawierzchni drogowej. Wymaga to zwiększenia odporności mieszanki mineralno-

-asfaltowej (nawierzchni) na koleinowanie, pękanie, zmęczenie i starzenie oraz na oddziaływanie czynników zewnętrz-

nych: wody, środków odladzających oraz niskiej temperatury [1, 2, 5, 7, 8].

Dodatek lub modyfikator

Dodatki lub modyfikatory wprowadzane do asfaltów powinny spełniać wiele wymagań, takich jak:

- poprawianie właściwości asfaltów w wysokich temperaturach przy jednoczesnym umożliwianiu właściwego otaczania kruszywa, a także zapobieganie kruchości asfaltu w niskich temperaturach,
- mieszalność z asfaltem,
- stabilność po wymieszaniu z asfaltem podczas przechowywania,
- zachowanie poprawionych właściwości po wymieszaniu z asfaltem podczas przechowywania, zastosowania i eksploatacji na drodze,
- odporność na degradację podczas mieszania z asfaltem lub mieszanką mineralno-asfaltową,
- możliwość wykorzystania standardowego sprzętu,
- dostępność w handlu.

Nie wszystkie dodatki i modyfikatory spełniają powyższe wymagania i nie każdy dodatek i modyfikator musi je spełniać [5].

Do poprawy właściwości użytkowych asfaltu drogowego może być zastosowany albo modyfikator, albo dodatek.

Modyfikator jest to jedna substancja chemiczna lub większa ich liczba, która dodana w procesie produkcji wchodzi

w reakcję fizykochemiczną z asfaltem, modyfikując jego właściwości reologiczne. Do takich substancji zaliczają się: kauczuk naturalny, syntetyczne polimery, siarka i niektóre związki metaloorganiczne, z pominięciem tlenu i katalizatorów utleniania (chlorek żelaza, kwas fosforowy, pięciotlenek fosforu).

Modyfikator może tworzyć z asfaltem trwały układ, pozwalając na jego wcześniejszą modyfikację, przed dodaniem do kruszywa. Zastosowanie modyfikatora pozwala na wytworzenie asfaltu modyfikowanego jako nowego produktu, który może być indywidualnie zdefiniowany i znormalizowany.

Dodatek to związek, substancja, preparat, którego dodanie nie powoduje reakcji z asfaltem, a którego zadaniem jest zmiana określonych właściwości asfaltu bez wyraźnej zmiany jego charakteru reologicznego. Dodatek (np.: włókna celulozowe, włókna mineralne) najczęściej wprowadza się podczas mieszania asfaltu z kruszywem w czasie wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej. Asfalt z dodatkiem nie może być indywidualnie określony, ponieważ występuje przejściowo w jednym z etapów procesu wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej w wytwórni mas bitumicznych [7].

Rodzaje dodatków i modyfikatorów

Jako dodatki i modyfikatory do asfaltów stosowane są:

- środki adhezyjne,
- odpady gumowe,
- związki organometaliczne,
- asfalt naturalny,
- wapno hydratyzowane,
- siarka,
- polimery.

Środki adhezyjne – związki powierzchniowo czynne, które zmieniają chemiczno-fizyczny charakter kontaktu między kruszywem a asfaltem, poprawiając przyczepność asfaltu do kruszywa, a tym samym odporność na działanie wody. Środki adhezyjne obniżają napięcie powierzchniowe układu asfalt–kruszywo oraz zmniejszają kąt zwilżania, który tworzy się na granicy styku trzech faz: lepiscza, kruszywa i wody, do wartości poniżej 90°, tj. do osiągnięcia zwilżalności kruszywa przez asfalt w obecności wody.

Środki adhezyjne można dozować do asfaltu, jak i do kruszywa. Stosuje się dwie metody ich wprowadzania:

- „na gorąco”:
 - środek adhezyjny o wysokiej termostabilności zostaje wprowadzony do zbiornika z asfaltem – metodę wykorzystuje się w przypadku, gdy asfalt ze środkiem adhezyjnym jest magazynowany w podwyższonej temperaturze, maksymalnie do 190°C, nawet kilka dni,
 - środek adhezyjny zostaje wprowadzony do przewodów dostarczających asfalt do mieszalnika otaczarki – płynny środek adhezyjny jest wtryskiwany, za pomocą pompy dozującej, do porcji asfaltu wtryskiwanego do mieszalnika; w tym przypadku czas przebywania asfaltu ze środkiem adhezyjnym w warunkach wysokich temperatur jest stosunkowo krótki;

- „na zimno” – dozowanie środka adhezyjnego do kruszywa polega na spryskaniu wodnym roztworem środka adhezyjnego powierzchni kruszywa w procesie otaczania [1, 9].

Odpady gumowe – uzyskane z rozdrobnienia zużytych opon samochodowych, wprowadzane są do mieszanek mineralno-asfaltowych dwoma sposobami:

- „metoda mokra” (*wet process*) – rozpuszczenie gumy, jej dewulkanizacja i modyfikacja asfaltu,
- „metoda sucha” (*dry process*) – zastosowanie gumy jako części wypełniacza w mieszance.

„Metoda mokra” polega na mieszaniu miazgi gumowego (wielkość cząstek $0,2 \div 1,0$ mm) z asfaltem. Do miazgi dodaje się plastyfikator w postaci bardzo miękkiego asfaltu lub oleju wysokolepkiego. Napęczniałą gumę poddaje się dewulkanizacji, która polega na osłabieniu i pękaniu wiązań międzycząsteczkowych pod wpływem temperatury i intensywnego mieszania. Asfalty zawierające dodatek miazgi gumowego charakteryzują się obniżoną temperaturą łamliwości oraz szerokim przedziałem plastyczności, a także wzrostem lepkości dynamicznej.

„Metoda sucha” polega na dodawaniu granulatu gumowego (wielkość cząstek $1,0 \div 10$ mm) do mieszanki mineralno-asfaltowej (MMA) w mieszalniku w wytwórni mas bitumicznych (WMB). Granulat gumowy, stosowany jako zamiennik części kruszywa, zostaje dodany do ogrzanego kruszywa, po wymieszaniu dodawany jest asfalt. W efekcie otrzymuje się mieszankę mineralno-asfaltową modyfikowaną granulatem gumowym, charakteryzującą się wyższym modulem sprężystości i niższą trwałością zmęczeniową oraz zwiększoną odpornością na odkształcenia trwałe [10].

Związki organometaliczne – sól organometaliczna manganu, kobaltu lub miedzi, na nośniku węglowodorowym, występująca na rynku pod nazwą Chemcrete. Dodana do asfaltu, w ilości 2%, powoduje jego zmiękczenie, co ułatwia otaczanie kruszywa. Podczas mieszania z gorącym kruszywem zostaje zapoczątkowany proces utwardzania mieszanki mineralno-asfaltowej. Reakcja asfaltu z Chemcrete jest najbardziej gwałtowna podczas trwania procesów technologicznych związanych z wytworzeniem i ułożeniem mieszanki mineralno-asfaltowej w nawierzchni. Proces utleniania trwa również podczas eksploatacji nawierzchni, pod wpływem temperatury i tlenu z powietrza, dlatego Chemcrete jest stosowana do warstw wiążących i podbudowy [1, 2, 4].

Asfalty naturalne Gilsonit i Trynidad Epuré – to asfalty spotykane w przyrodzie w stanie czystym lub prawie czystym (domieszki mineralne) w kraterach wygasłych wulkanów, w postaci żył w pokładach geologicznych lub jako skały nasycone asfaltem.

Gilsonit – minerał w postaci skały występujący w stanie Utah w USA. Dodawany do miękkiego asfaltu obniża jego penetrację i podwyższa temperaturę mięknięcia, obniża się więc wrażliwość temperaturowa lepiszcza. Dodawany bezpośrednio do mieszalnika umożliwia uzyskanie mieszanki mineralno-asfaltowej o zwiększonej odporności na deformacje trwałe.

Trynidad Epuré – występuje jako jezioro asfaltowe i zawiera około 54% czystego asfaltu, który po poddaniu rafinacji

stosowany jest jako dodatek do asfaltów drogowych. Asfalt Trynidad zmniejsza wrażliwość termiczną i rozszerza zakres plastyczności asfaltu [1, 2, 5].

Wapno hydratyzowane – zastępuje w mieszance mineralno-asfaltowej pewną ilość wypełniacza (np. mączki wapiennej). Dozowane jest do mieszanki dwiema metodami:

- „na sucho” – dozowanie wapna do mieszalnika otaczarki razem z wypełniaczem albo w postaci wcześniej przygotowanej mieszanki wypełniacza z wapnem lub z dodatkowego dozownika wapna,
- „na mokro” – wyprodukowanie szlamu wapiennego, czyli mieszaniny wapna z wodą, i pokrycie nim kruszywa na hałdzie, w celu umożliwienia reakcji wapna z kruszywem.

Wapno dodawane jest do mieszanki mineralno-asfaltowej w celu poprawy adhezji asfaltu do kruszywa, a w konsekwencji zwiększenia trwałości nawierzchni [1].

Siarka – modyfikator poprawiający przyczepność asfaltu do kruszywa, obniżający lepkość asfaltu w stosunku do asfaltu wyjściowego, co ułatwia otaczanie kruszywa asfaltem i umożliwia produkcję mieszanek w niższej temperaturze. Wprowadzenie siarki do asfaltu korzystnie wpływa na indeks penetracji, zmniejszając wrażliwość temperaturową asfaltu, a tym samym zapewniając niewielkie zmiany konsystencji w funkcji temperatury [1, 2, 3].

Część siarki dodanej do asfaltu rozpuszcza się, pełniąc rolę lepiszcza. Nadmiar siarki, który nie uległ rozpuszczeniu w asfalcie, występuje w postaci krystalicznej, jako wypełniacz lub kruszywo, wpływając w znacznym stopniu na właściwości mechaniczne mieszanki mineralno-siarkowo-asfaltowej. Asfalty zawierające siarkę nie są obecnie stosowane w budownictwie drogowym ze względu na ochronę środowiska [1, 2, 6].

Polimery – modyfikatory asfaltów w postaci elastomerów i plastomerów. Dodatek polimeru zwiększa wartość lepkości w wysokich temperaturach eksploatacyjnych (wzrasta opór płynięcia), przez co zmniejsza się prędkość powstawania odkształceń trwałych w nawierzchni drogowej oraz poprawiają się właściwości sprężyste, dzięki czemu duża część powstałych odkształceń jest odwracalna (występuje zjawisko nawrotu odkształceń) [1, 2, 5, 7].

Polimery stanowią liczną grupę modyfikatorów i są produktami o największym znaczeniu w zastosowaniach do modyfikacji asfaltów drogowych.

Polimery to związki wielkocząsteczkowe otrzymywane przez modyfikację polimerów naturalnych, np.: kauczuku, lub uzyskiwane na drodze syntezy związków małowcząsteczkowych w reakcji polimeryzacji, polikondensacji lub poliaddycji [2, 7].

Polimeryzacja to najprostsza metoda syntezy tworzyw termoplastycznych. Monomery łączą się w następstwie przerywania wiązań podwójnych w cząsteczki o budowie

łańcuchowej, bez wydzielania produktów ubocznych. Produktem tej reakcji są polimery takie jak: polietylen (PE), poliizobutylen (PIB), polichlorek winylu (PCW), polistyren (PS).

Kopolimeryzacja to odmiana polimeryzacji, w której na drodze polimeryzacji dwóch lub kilku różnych monomerów powstają kopolimery, zawierające w łańcuchu mery rozmieszczone w sposób uporządkowany lub bezładny. W reakcji kopolimeryzacji powstają dwie grupy kopolimerów: szczepione–rozgałęzione i blokowe–łańcuchowe. Do grupy kopolimerów blokowych należy kopolimer styren–butadien–styren (SBS).

Polikondensacja to reakcja polimeryzacji, która przebiega dzięki reakcji grup funkcyjnych różnych monomerów, z wydzieleniem makrocząsteczki (polimeru) oraz innych małych cząsteczek będących produktami ubocznymi (woda, amoniak). Produkty polikondensacji mogą być makrocząsteczkami liniowymi lub przestrzennymi. Do grupy tej zaliczamy termoplasty – poliestry liniowe, poliamidy oraz fenoplasty.

Poliaddycja to reakcja polimeryzacji polegająca na łączeniu cząstek monomeru za pośrednictwem grup funkcyjnych, lecz bez wydzielania produktów ubocznych. Typowymi przykładami są poliuretany i żywice epoksydowe [2, 7].

Polimery ze względu na sposób utwardzania dzielimy na:

- termoplasty – mięknią po ogrzaniu i twardnieją po oziębieniu, przy czym proces ten można wielokrotnie powtarzać,
- duroplasty – twardnieją nieodwracalnie pod wpływem ogrzewania lub czynników chemicznych w temperaturze normalnej lub podwyższonej [2, 5].

Ze względu na odkształcalność polimery dzielimy na elastomery i plastomery.

Elastomery zachowują trwałą elastyczność, czyli sprężystość, w czasie ich użytkowania. W temperaturze pokojowej wykazują odkształcenia wysokoplastyczne już przy małych naprężeniach. Jako modyfikatory asfaltów z grupy elastomerów stosowane są:

- kopolimer styren–butadien–styren – SBS,
- kopolimer styren–izopren–styren – SIS,
- kopolimer styren–butadien – SB,
- kopolimer styren–butadien statyczny (nieuporządkowany) – SBR,
- naturalny kauczuk (poliizopren) – NR.

Asfalty modyfikowane elastomerami – elastomeroasfalty – w temperaturze eksploatacji

charakteryzują się sprężystością natychmiastową i opóźnioną (nawrót sprężysty), szerokim temperaturowym zakresem lepkości sprężystości, a także korzystnie wpływają na odporność mieszanki mineralno-asfaltowej na odkształcenia trwałe, pękanie zmęczeniowe i indukowane termicznie. Najczęściej do modyfikacji asfaltów stosowany jest kopolimer styren–butadien–styren (SBS).

Plastomery to polimery zachowujące w pewnych granicach temperatury nadane im kształty, pod obciążeniem ulegają one niewielkim odkształceniom sprężystym, a przy dalszym wzroście naprężeń następuje odkształcenie plastyczne materiału, prowadzące do zniszczenia tworzywa. Plastomery stosowane jako modyfikatory asfaltów to:

- kopolimer etylen–octan winylu – EVA,
- kopolimer etylen–akrylan metylu – EMA,
- kopolimer etylen–akrylan butylu – EBA,
- poliizobutylen – PIB,
- terpolimer etylen–propylen–dien – EPDM.

Plastomeroasfalty charakteryzują się, w porównaniu z elastomeroasfaltami, większym udziałem trwałego odkształcenia i zwiększoną sztywnością w wysokiej temperaturze (w stosunku do asfaltu wyjściowego). Nie poprawiają niskotemperaturowych właściwości lepiszcza. Najczęściej stosowanym plastomerem do modyfikacji asfaltów jest kopolimer etylen–octan winylu (EVA).

W tablicy 1 zaprezentowano przeznaczenie omówionych dodatków i modyfikatorów.

Tablica 1. Przeznaczenie dodatków i modyfikatorów [1]

Dodatek/modyfikator	Stosowanie
Środki adhezyjne	Asfalt w zbiornikach Asfalt tuż przed podaniem do mieszalnika
Odpady gumowe	Asfalt modyfikowany Bezpośrednio do mieszalnika
Związki organometaliczne	Asfalt tuż przed podaniem do mieszalnika Asfalt w zbiornikach magazynowych
Asfalt naturalny	Bezpośrednio do mieszalnika Asfalt
Wapno hydratyzowane	Na kruszywo Mieszanka z wypełniaczem
Siarka	Zaniechano stosowania
Polimery	Asfalt modyfikowany Bezpośrednio do mieszalnika

Podsumowanie

Wprowadzanie dodatku/ modyfikatora wpływa na poprawę jakości asfaltów a tym samym na trwałość nawierzchni drogowej. Zmianie ulegają właściwości użytkowe mieszanek mineralno-asfaltowych przez zwiększenie ich odporności

na odkształcenia trwałe, pękanie, zmęczenie, starzenie i oddziaływanie czynników atmosferycznych.

Stosowanie asfaltów o wysokiej jakości poprawia komfort i bezpieczeństwo jazdy dla użytkowników dróg

Prosimy cytować jako: Nafta-Gaz 2015, nr 3, s. 195–199

Artykuł nadesłano do Redakcji 14.11.2014 r. Zatwierdzono do druku 24.12.2014 r.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Zastosowanie nowoczesnych kauczków typu SSBR jako modyfikatorów asfaltów drogowych* – praca INiG – PIB na zlecenie MNiSW; nr archiwalny: DK-4100-67/2014, nr zlecenia: 0067/TO/14.

Literatura

- [1] Błazejowski K., Styk S.: *Technologia warstw asfaltowych*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2004.
- [2] Gawel I., Kalabinska M., Pilat J.: *Asfalty drogowe*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2001.
- [3] Kalabinska M., Pilat J.: *Reologia asfaltów i mas mineralno-asfaltowych*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1982.
- [4] Pilat J., Radziszewski P., Krol J.: *Nowe technologie asfaltowe w budownictwie drogowym*. Inżynier Budownictwa 2007, nr 1, s. 72–77.
- [5] Pilat J., Radziszewski P.: *Nawierzchnie asfaltowe*. Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2004.
- [6] Stefanczyk B.: *Wpływ siarki na różne rodzaje asfaltów*. Drogownictwo 1982, nr 5, s. 142–148.
- [7] Sybilski D.: *Modyfikatory i dodatki do asfaltów drogowych. Część 1. Modyfikatory lepiszcza*. Drogownictwo 2000, nr 2, s. 35–41.
- [8] Sybilski D.: *Współczesne technologie budowy nawierzchni bitumicznych*. Materiały doradczo-szkoleniowe na kurs „Środki adhezyjne i modyfikatory asfaltu”, Warszawa 1996.
- [9] Trzaska E.: *Adhezja asfaltu do kruszywa*. Nafta-Gaz 2011, nr 6, s. 423–427.
- [10] Trzaska E.: *Zagospodarowanie zużytych opon w budownictwie drogowym*. Nafta-Gaz 2010, nr 10, s. 947–951.



Mgr inż. Elżbieta TRZASKA
Kierownik Laboratorium Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów w Zakładzie Olejów, Środków Smarowych i Asfaltów.
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Lubicz 25A, 31-503 Kraków
E-mail: trzaska@inig.pl

OFERTA

ZAKŁAD OLEJÓW, ŚRODKÓW SMAROWYCH I ASFALTÓW

Zakres działania:

- opracowanie i modyfikacja technologii wytwarzania:
 - » olejów podstawowych (bazowych),
 - » środków smarowych: olejów przemysłowych i smarów plastycznych,
 - » wosków naftowych (parafin i mikrowosków), wosków i kompozycji specjalnych oraz emulsji woskowych,
 - » dodatków stosowanych podczas wydobycia i transportu ropy naftowej oraz gazu ziemnego: inhibitorów korozji, inhibitorów parafin, inhibitorów hydratów, inhibitorów hydratów i korozji, deemulgatorów oraz inhibitorów oporów przepływu ropy naftowej,
 - » asfaltów drogowych i przemysłowych,
 - » olejów technologicznych do obróbki metali: emulgujących i nieemulgujących,
 - » niskokrzepnących płynów do chłodnic samochodowych i spryskiwaczy samochodowych;
- specjalistyczne badania oraz ocena właściwości fizykochemicznych i użytkowych:
 - » środków smarowych, smarów plastycznych, olejów przemysłowych i silnikowych,
 - » wosków naftowych, wosków specjalnych oraz kompozycji i emulsji woskowych,
 - » asfaltów drogowych przemysłowych oraz emulsji asfaltowych, a także roztworów i mas oraz innych specyfików asfaltowych;
- opracowywanie zagadnień związanych z gospodarką olejami odpadowymi i odpadami rafineryjnymi;
- sporządzanie ekobilansów procesów technologicznych metodą Oceny Cyklu Życia (LCA);
- prowadzenie sekretariatu Podkomitetu ds. Asfaltów KT 222.



Kierownik: mgr inż. Stefan Ptak
Adres: ul. Łukasiewicza 1, 31-429 Kraków
Telefon: 12 617-75-74
Faks: 12 617-75-77, 12 617-75-22
E-mail: stefan.ptak@inig.pl

