

Podwójnie modyfikowana emulsja asfaltowa – innowacje i korzyści

W artykule omówiono innowacyjną technologię wytwarzania podwójnie modyfikowanej emulsji asfaltowej i jej wpływ na osiągnięcie korzystnych efektów środowiskowych.

Na całym świecie, a w szczególności na obszarze Unii Europejskiej, kładzie się duży nacisk na zmniejszenie skali prowadzonych działań, które powszechnie uważane są za sprzyjające zachodzącym zmianom klimatycznym. Chociaż naukowcy wciąż spierają się co do przyczyn powstawania tzw. efektu cieplarnianego i wpływu działalności przemysłowej człowieka na jego intensyfikację, sprawą bezdyskusyjną pozostaje konieczność ochrony środowiska naturalnego poprzez prowadzenie przemyślanej polityki gospodarczej, w szczególności gospodarki odpadami, których powstawania w dobie obecnego postępu technologicznego nie można całkowicie wyeliminować. Działania takie znajdują odzwierciedlenie w oficjalnych celach Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia zużycia energii i redukcji emisji gazów cieplarnianych przy jednoczesnym trwałym zwiększeniu udziału odnawialnych źródeł energii i ponownym wykorzystaniu odpadów mających wysokie wskaźniki recyklingu [1].

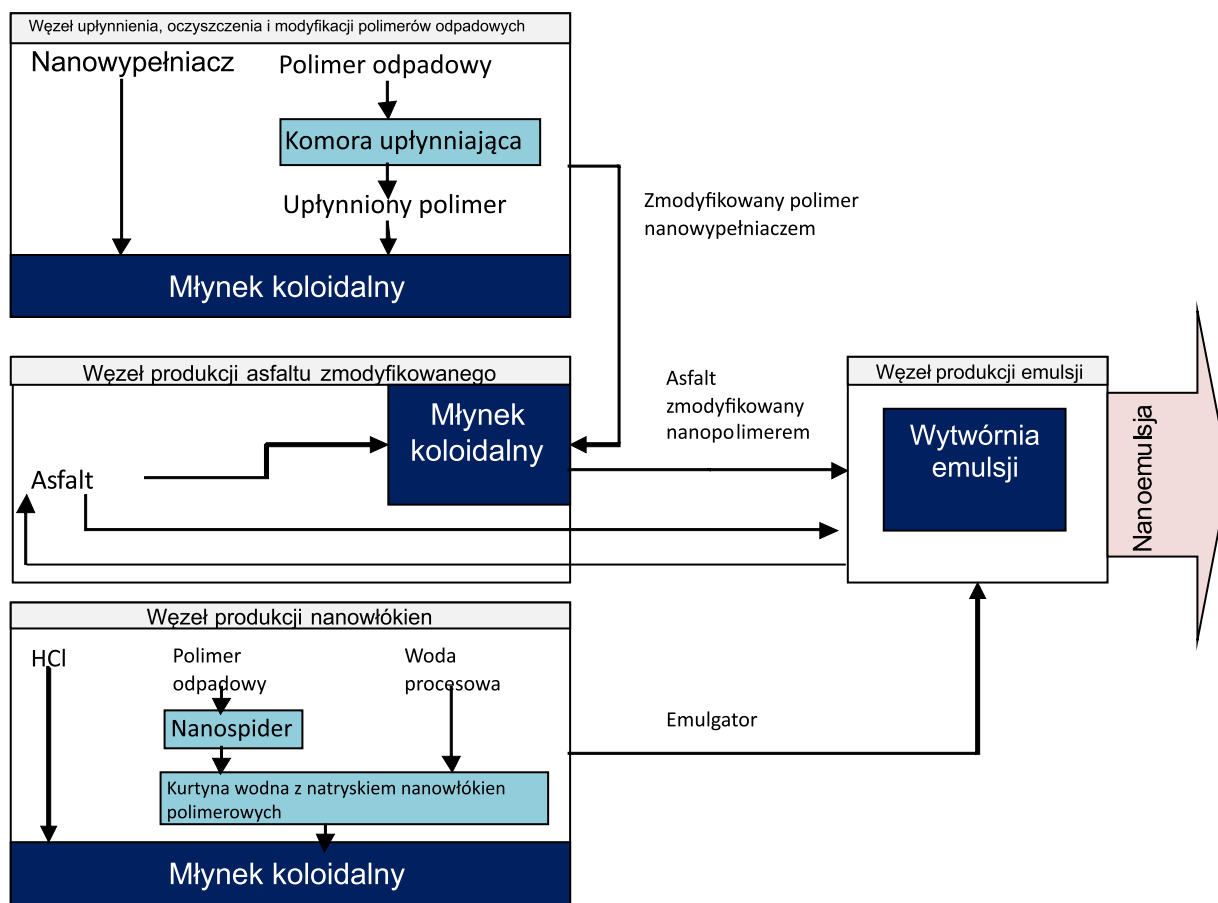
Zauważalny trend w kierunku technologii proekologicznych

Niemal wszystkie branże przemysłowe w krajach członkowskich Unii Europejskiej zachęcane są do ograniczania negatywnego

wpływu na środowisko i wdrażania działań proekologicznych. Przy uwzględnieniu masowej skali produkcyjnej dużych przedsiębiorstw branży budowlanej, hutniczej, chemicznej, stoczniowej itp. działania takie mogą niemal natychmiast przynieść wymierne pozytywne efekty. Branża budownictwa drogowego nie jest tutaj wyjątkiem i również ma olbrzymi potencjał do implementacji tego typu aktywności. 1 sierpnia 2015 r. polska firma FLUKAR Sp. z o.o. rozpoczęła prace w ramach dużego projektu pn. „Proekologiczna instalacja pilotażowa do produkcji emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych” (w skrócie LIFE EMU NEW). Projekt uzyskał dofinansowanie z Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach programu LIFE, który jest jedynym instrumentem finansowym Unii Europejskiej poświęconym wyłącznie współfinansowaniu projektów z dziedziny ochrony środowiska i klimatu [2].

Projekt LIFE EMU NEW

Proekologiczna instalacja pilotażowa do produkcji emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych jest wysoce zaawansowanym pod względem technicznym



Rys. 1. Schemat ideowy instalacji pilotażowej do produkcji emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych

i ekologicznym przedsięwzięciem realizowanym przez firmę FLUKAR, którego głównym celem jest zademonstrowanie innowacyjnej technologii pozwalającej uzyskać emulsje asfaltowe modyfikowane nanostrukturami z polimerów odpadowych. Produkt ten będzie charakteryzował się lepszymi parametrami wytrzymałościowo-szczepnymi w stosunku do obecnie stosowanych w budownictwie drogowym. Realizacja tego celu nastąpi poprzez wybudowanie pilotażowej instalacji pozwalającej na uzyskanie skalowalności do skali przemysłowej. Będąc w toku realizacji innowacyjne rozwiązania techniczne zakładają współdziałanie czterech węzłów technologicznych:

- 1) węzła produkcji asfaltu zmodyfikowanego,
- 2) węzła produkcji nanowłókien,
- 3) węzła upłynnienia, oczyszczania i modyfikacji polimerów odpadowych,
- 4) węzła produkcji emulsji.

O proekologicznej wartości projektu bez wątpienia świadczy fakt wykorzystania na dużą skalę polimerów odpadowych do produkcji modyfikatorów lepiszcza asfaltowego oraz wytwarzania nanowłókien, które stanowiąc będą dodatkowy, innowacyjny sposób poprawy właściwości emulsji asfaltowych. Wprowadzenie nanowłókien polimerowych do końcowego etapu produkcji emulsji asfaltowej powinno przyczynić się do widocznego wzrostu odporności niskotemperaturowej, która jest jedną z głównych przyczyn odpajania głównych warstw nawierzchni drogowej, oraz do poprawy właściwości mechaniczno-sprężystych w kie-

runku wzdłużnym i poprzecznym. Przewiduje się, że w wyniku wdrożenia nowego sposobu wytwarzania emulsji asfaltowej modyfikowanej recyklatem polimerowym i nanonapełniaczami mineralnymi (montmorylonit MMT i nanokrzemionka) nastąpi nie tylko wydłużenie cyklu życia nawierzchni asfaltowej, ale także poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego. W ramach projektu równolegle prowadzone są spójne działania informacyjno-promocyjne wśród grup docelowych oraz podejmowane są starania wpływające na wzrost świadomości społecznej na temat potencjału, jaki niesie ze sobą zastosowanie nanotechnologii w budownictwie drogowym [3].

Emulsje asfaltowe jako produkt przyjazny dla środowiska naturalnego

Jak powszechnie wiadomo, asfalty mogą być wykorzystywane w drogownictwie wyłącznie w postaci płynnej. Uzyskanie płynnej konsystencji staje się możliwe na drodze trzech zabiegów technologicznych: podgrzania, zemulgowania i dodania rozpuszczalnika. W wyniku zemulgowania lepiszcza asfaltowego wodą otrzymuje się emulsję asfaltową, natomiast wskutek dodatku rozpuszczalnika otrzymywany jest tzw. asfalt upłynniony. Względy ochrony środowiska oraz ekonomia procesów technologicznych sprawiły, że w technologiach drogowych zaczęto ograniczać stosowanie asfaltów upłynnionych, zastępując je stopniowo emulsjami. W przypadku bowiem stosowania asfaltu upłynnionego wiązanie lepiszcza zachodzi na skutek od-

parowania lotnego rozpuszczalnika. Jego bezpowrotna utrata wiąże się nie tylko z dużymi kosztami, ale przede wszystkim z zanieczyszczeniem atmosfery. Z emulsji natomiast, wskutek wiązania asfaltu, odparowuje woda niestanowiąca zagrożenia dla środowiska naturalnego [4].

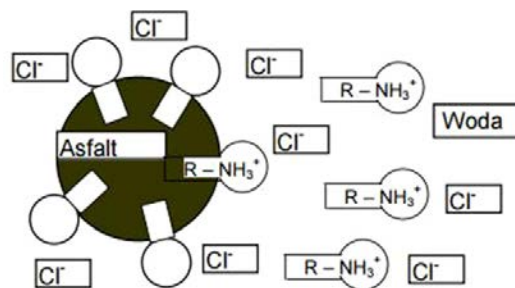
Idea procesu otrzymywania podwójnie modyfikowanej emulsji asfaltowej

Emulsja asfaltowa, jako dyspersja stałych cząstek asfaltu w wodzie, w myśl popularnej definicji stanowi termodynamicznie niestabilny, niejednorodny układ składający się przynajmniej z dwóch niemieszających się cieczy, silnie zdyspergowanych jedna w drugiej. Średnica cząstek fazy rozproszonej w przypadku emulsji do zastosowań drogowych zwykle nie przekracza 20 μm [5].

Wytwarzanie nanoemulsji asfaltowej będzie polegać na rozdrobnieniu asfaltu w fazie wodnej w postaci małych cząsteczek, co uzyskuje się dzięki włożeniu dużej energii mechanicznej przy jednoczesnym wprowadzeniu nanowłókien w sposób ciągły i zastosowaniu emulgatora. Emulgator w emulsji asfaltowej spełnia trzy podstawowe funkcje: obniża napięcie powierzchniowe między dwiema fazami, tj. wodą i asfaltem, stabilizuje emulsję oraz poprawia przyczepność. Podczas stosowania emulsji asfaltowej następuje jej rozpad z rozdzieleniem na fazę asfaltową i wodną. Wówczas asfalt zaczyna pełnić swoją właściwą funkcję lepiszcza, a wydzielona w wyniku rozpadu emulsji woda odparowuje z mieszanki mineralno-asfaltowej bądź ze skropionego emulsją podłoża [4].

Bazę do wytwarzania nanoemulsji będzie stanowić asfalt modyfikowany z udziałem nanowłókien. Do jego produkcji posłużą wybrany recyklat polimerowy, do którego wprowadzone zostaną wyprodukowane w odrębnym węźle nanowłókna z polimerów odpadowych i nanonapełniacze mineralne (nanokrzemionka sferyczna lub nanocząstki krzemianu warstwowego – montmorylonit (MMT)). Analiza dostępnych opracowań dotyczących nanowłókien, specjalistyczna wiedza z zakresu budownictwa drogowego oraz szczegółowe badania wykonane na zlecenie firmy FLUKAR przez naukowców z Politechniki Krakowskiej pozwalają stwierdzić, że nanowłókna wprowadzone do asfaltu spełnią m.in. funkcję swoistego zbrojenia polepszającego właściwości wytrzymałościowe gotowej nawierzchni, poprawią kohezję międzywarstwową, spowodują rozszerzenie przedziału plastyczności w niskiej temperaturze, poprawią sprężystość nawierzchni, a w przypadku utraleń powierzchniowych będą stabilizować asfalt.

Główny element technologiczny węzła produkcji nanowłókien będzie stanowić urządzenie do elektroprzędzenia, czyli specjalistyczna aparatura wykorzystująca technologię przędzalniczą Nanospider umożliwiającą wytworzenie włókien polimerowych o przynajmniej jednym wymiarze w skali nanometrycznej. Urządzenie to zostanie wyposażone w odpowiednie oprogramowanie umożliwiające analizę i sterowanie procesem wytwarzania nanowłókien o kontrolowanych zmiennych, do których zaliczono: prędkość przepływu polimeru, zmianę natężenia pola elektrycznego, odległość pomiędzy elektrodami. Warty podkreślenia jest fakt, że wytworzone nanowłókna polimerowe dodawane będą bezpośrednio do upłynnionej fazy asfaltowej w obniżonej temperaturze w celu zapobieżenia degradacji nanowłókien. Zabieg ten pozwoli na dodatkowe wzmocnienie i gęstsze usieciowanie asfaltu, co dodatko-



Rys. 2. Schemat pojedynczej globuli emulsji kationowej [6]

wo korzystnie wpłynie na finalne cechy produktu.

Ostatnim głównym węzłem prototypowej instalacji jest węzeł upłynniania, oczyszczania i modyfikacji polimerów odpadowych. Efektem tego wyodrębnionego układu technologicznego jest produkt wyjściowy w postaci polimeru zmodyfikowanego nanowypełniaczem.

Pozytywne efekty środowiskowe konsekwencją wdrożenia proekologicznej instalacji pilotażowej

W ramach opracowywania i wdrażania innowacyjnej technologii wytwarzania podwójnie modyfikowanej emulsji asfaltowej eksperci firmy FLUKAR przewidzieli szereg rozwiązań mających na celu osiągnięcie pozytywnych efektów środowiskowych, nad realizacją których czuwa specjalista ds. monitorowania efektu środowiskowego. Zgodnie z przewidywaniami i zaawansowanymi rozwiązaniami projektowymi instalacja pilotażowa będzie pochłaniać 176 ton odpadów polimerowych rocznie, natomiast instalacja w pełnej skali – 1119 ton odpadów polimerowych w ciągu roku. W chwili obecnej na krajowym rynku istnieje około 15 wytwórni emulsji asfaltowych, które są usytuowane według reguł logistycznych, tj. w bliskim sąsiedztwie dużych inwestycji drogowych. Swoimi możliwościami dystrybucyjnymi pokrywają one teren wokół siebie o promieniu kilkudziesięciu kilometrów. Przeciętna instalacja pracująca w pełnej skali produkuje około 60 ton emulsji asfaltowych na dobę, co w sezonie drogowym, trwającym od kwietnia do października, daje roczne zużycie emulsji na poziomie 140 tys. ton. Mając na uwadze przewidywane zużycie emulsji asfaltowych oraz zakładając średni udział odpadów polimerowych w modyfikacji lepiszczy asfaltowych na poziomie rzędu 12-15%, uzyskuje się możliwość zagospodarowania odpadów polimerowych na poziomie 15 tys. ton rocznie. Przedstawiony szacunek zakłada, że całość asfaltu modyfikowanego będzie produkowana z wykorzystaniem polimerów odpadowych. Ulegnie on jednak zwiększeniu o uwzględnioną dodatkowo ilość polimerów odpadowych wykorzystywanych do produkcji nanowłókien. Pozycja ta, przy zakładanej skali produkcji emulsji asfaltowych oraz założonym, z uwagi na potrzebę dużej czystości polimerów odpadowych stosowanych w procesie elektroprzędzenia, procentowym poziomie uzysku w wysokości nie większej niż 60% w stosunku do wsadu, stanowić będzie dodatkowe 1,5 tys. ton polimerów odpadowych w skali roku. Omówione działania pozwolą na osiągnięcie pozytywnego dla środowiska efektu w zakresie zwiększenia odzysku odpadów polimerowych.

Drugim celem, do osiągnięcia którego przyczyni się realizacja projektu LIFE EMU NEW, jest trwała minimalizacja ilości odpadów kierowanych na składowiska lub do spalarni. Obecnie w Polsce na składowiska trafia ok. 56% odpadów z tworzyw sztucznych, recyklingowi poddaje się 25% tych odpadów, a odzyskowi energii – pozostałe 19% [7]. Powołując się na uzasadnienie z przyjętego projektu *Rezolucji Parlamentu Europejskiego z dnia 14 stycznia 2014 r. w sprawie europejskiej strategii dotyczącej odpadów z tworzyw sztucznych w środowisku* (2013/2113(INI)), w którym czytamy, że: „Tworzywa sztuczne stanowią zbyt cenne zasoby, aby kończyć na wysypiskach lub nawet być po prostu palone. Jeśli chcemy nadać spójny charakter europejskiej inicjatywie przewodniej dotyczącej efektywnego gospodarowania zasobami i objąć koncepcją gospodarki obieguowej również tworzywa sztuczne, należy zaprzestać wspierania niektórych rodzajów działalności, która preferuje niezrównoważoną eksploatację, jak składowanie czy spalanie tworzyw sztucznych nadających się do recyklingu”, bez trudu zauważymy, że mamy do czynienia z poważnym problemem. Możliwość zagospodarowania odpadów polimerowych na potrzeby omawianego przedsięwzięcia na poziomie nie mniejszym niż 15 tys. ton odpadów polimerowych rocznie w znacznym stopniu przyczyni się do realizacji strategii oraz inicjatywy europejskiego przemysłu „Zero plastics to landfills by 2020”, upowszechniając tym samym na skalę światową najlepsze znane i dostępne praktyki zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych.

Efekt w zakresie minimalizacji ilości zużytego asfaltu jest trzecim celem projektu LIFE EMU NEW. Przewidywane wykorzystanie polimerów odpadowych do produkcji emulsji asfaltowych w udziale procentowym, w stosunku do obecnego poziomu 4,5% dla powszechnie stosowanego polimeru SBS (styren-butadien-styren), oprócz efektu ekonomicznego w postaci niższego kosztu wytworzenia modyfikowanego asfaltu daje także poprawę jakości produktu finalnego. Decyduje o tym fakt, że emulsja otrzymana z asfaltu modyfikowanego z udziałem sieciowania nanowłóknami ma lepsze parametry jakościowe w stosunku do emulsji asfaltowej bez nanowłókn. Wzrost udziału polimerów w strukturze asfaltu daje lepszy efekt sieciowania, zwiększoną plastyczność oraz gwarantuje wzrost szczerpalności kolejnych warstw asfaltu zarówno przy budowie nowych nawierzchni, jak i przy naprawach cząstkowych. Na przywołane powyżej efekty jakościowe oraz biznesowe proponowanego rozwiązania nakłada się wymierny efekt ekologiczny, gdyż większy udział procentowy polimerów odpadowych w modyfikowanej emulsji wiąże się z wprowadzeniem mniejszej ilości asfaltu, co w konsekwencji przyczynia się do zwiększenia poziomu oszczędności naturalnych zasobów ropy naftowej. Ujmując rzecz wolumenowo, można przyjąć, że do produkcji wykorzystywanej w skali kraju emulsji asfaltowej zużyje się o około 15 tys. ton mniej asfaltu drogowego.

Ważnym aspektem racjonalnego użytkowania zasobów jest wykorzystanie wartości odpadów z tworzyw sztucznych. Ich zwrot do gospodarki może przybrać formę ponownego wykorzystania w ramach procesów recyklingu mechanicznego, gdzie z odpadów wytwarza się nowe wyroby. Z uwagi na bardzo wysoką kaloryczność odpady polimerowe są w tym aspekcie cennym zasobem, gdyż nienadające się do recyklingu frakcje tych odpadów mogą być z powodzeniem wykorzystane do produkcji

energii cieplnej i elektrycznej, co w konsekwencji zmniejsza zapotrzebowanie na paliwa ze źródeł odnawialnych. W ten sposób realizowany jest kolejny efekt ekologiczny, tym razem w zakresie zmniejszenia zużycia surowców naturalnych. Osiągnięcie powyższego celu oparte jest na szacunku zmniejszonego zużycia ropy naftowej dla skali produkcji 15 tys. ton asfaltu drogowego, co, biorąc pod uwagę poziom uzysku pozostałości próżniowej przy przerobieniu ropy naftowej rzędu około 15%, daje oszczędność zasobów ropy w skali kraju na poziomie 100 tys. ton rocznie. Oszczędność zasobów naturalnych nastąpi również dzięki wykorzystaniu polimerów odpadowych, bowiem recykling polimerów spowoduje zmniejszenie zapotrzebowania na komponenty ropy naftowej kierowane do wytwórni olefin, a później w stronę procesów polimeryzacji. Szacunkowa oszczędność ropy naftowej to około 50 tys. ton w skali roku. W świetle powyższych rozważań zastosowanie polimerów odpadowych do modyfikacji asfaltu oraz do produkcji nanowłókn w celu poprawy jakości emulsji asfaltowych wpisuje się w poszerzenie gamy możliwości zagospodarowania i utylizacji odpadów polimerowych, zapobieżenie ich składowaniu, oszczędności w obszarze zasobów ropy naftowej i wychodzi naprzeciw wszystkim przepisom dotyczącym gospodarki odpadami w świetle prawa polskiego i europejskiego.

Efekt ekologiczny w zakresie zmniejszenia zużycia energii stanowi ostatnie wyzwanie, z którym przyjdzie zmierzyć się specjalistom firmy FLUKAR. Szacunkowe wyliczenia wykazują, że proces produkcji polimerów z ropy naftowej wymaga zaangażowania energetycznego na poziomie trzykrotnie wyższym niż proces upłynnienia polimerów odpadowych, przewidziany jako jeden z czterech głównych węzłów technologicznych proekologicznej instalacji pilotażowej. Mając na względzie skalę produkowanych emulsji asfaltowych, można stwierdzić, że zastosowanie nowej, innowacyjnej technologii spowoduje znaczne oszczędności energetyczne.

Podsumowanie

Technologia wytwarzania podwójnie modyfikowanej emulsji asfaltowej nie jest stosowana przez żadną firmę na świecie. Wskazane i przeanalizowane powyżej problemy środowiskowe mają zostać rozwiązane w ramach opisanej technologii poprzez wyprodukowanie emulsji asfaltowej modyfikowanej nanostrukturami z polimerów odpadowych. □

Piśmiennictwo

1. <http://www.gios.gov.pl/pl/aktualnosci/318-odpady-problem-czy-zasob-highlight=WyjyZWN5a2xpbmciLCJvZHBhZG93II0=>.
2. http://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/life/index_pl.htm.
3. Nieradka G.: *Emulsje asfaltowe modyfikowane nanostrukturami z polimerów odpadowych innowacją w drogownictwie i szansą dla środowiska naturalnego*. „Wiadomości Naftowe i Gazownicze”, 5, 6, 2016, s. 4-7.
4. Gawel I., Kalabińska M., Piłat J.: *Asfalty drogowe*. Warszawa 2014.
5. Szczepaniak Z., Skierczyński P.: *Poradnik laboranta drogowego – kationowe emulsje asfaltowe*. Warszawa 2010.
6. Stefańczyk B., Mieczkowski P.: *Dodatki, katalizatory i emulgatory w mieszankach mineralno-asfaltowych*. Warszawa 2010.
7. *Raport roczny 2014 Plastics Europe*. www.plasticseurope.pl/centrum-informacji/aktualnoci/aktualnoci-2015.aspx.