

ASFALTY NATURALNE – CHARAKTERYSTYKA I ZASTOSOWANIE¹

Marcin BILSKI

Politechnika Poznańska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

W artykule zostały scharakteryzowane i zilustrowane asfalty naturalne według klasyfikacji ze względu na rozpuszczalność w dwusiarczku węgla. Przegląd asfaltów i źródeł ich pozyskiwania ma na celu usystematyzowanie wiedzy na ten temat pod kątem możliwości zastosowania praktycznego. Przedstawiono przykładowe zastosowania w skali przemysłowej omawiany asfaltów naturalnych ze szczególnym uwzględnieniem ich wykorzystywania w budownictwie drogowym.

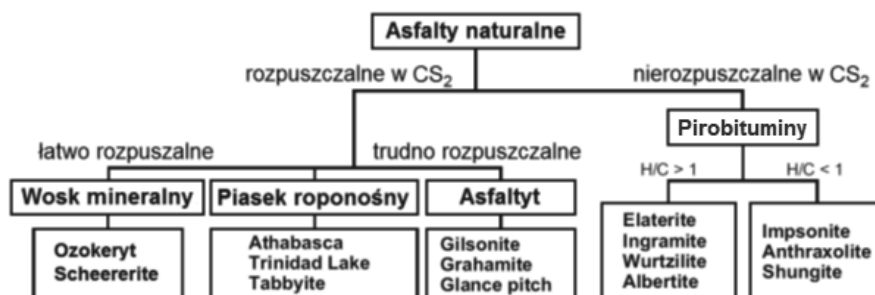
1. WPROWADZENIE

Termin asfalt (bitum) jest wykorzystywany zarówno do opisu asfaltu sztucznego powstającego w wyniku przerobu ropy naftowej (tzw. asfalty ponaftowe, rafineryjne), jak i surowców występujących w postaci naturalnych złóż. Asfalt naturalny jest to kompozycja substancji organicznych i mineralnych oraz wody [1]. Część organiczną stanowi złożona mieszanina węglowodorów, asfaltenów i żywic wraz ze znacznymi ilościami siarki, tlenu, azotu, a także wanadu, niklu i żelaza w sieci węglowej [2]. Zgodnie z definicją przedstawioną w normie PN-EN 12597 [3] asfalt naturalny to stosunkowo twardy asfalt, występujący w naturalnych złóżach, często zmieszany z drobnymi lub bardzo drobnym materiałem mineralnym, będący zazwyczaj ciałem stałym w temperaturze 25°C, lecz w temperaturze 175°C będący lepłą cieczą.

2. KLASYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA ASFALTÓW NATURALNYCH

Podstawowym sposobem klasyfikacji asfaltów naturalnych jest ich zdolność do rozpuszczalności w dwusiarczku węgla CS₂ [2, 4]. Na rys. 1. przedstawiono podział asfaltów naturalnych ze względu na ich rozpuszczalność w CS₂ wraz z podaniem przykładowych złóż lub nazw minerałów pod jakimi występują.

¹ DOI 10.21008/j.1897-4007.2018.27.03



Rys 1. Klasyfikacja asfaltów naturalnych (opracowano na podstawie [2, 4])

2.1. Pirobituminy

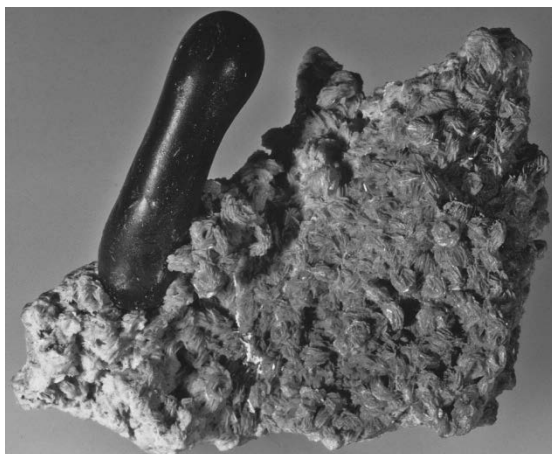
Grupę asfaltów naturalnych nierozpuszczalnych w dwusiarczku węgla CS_2 stanowią pirobituminy (rys. 2), które dzieli się ze względu na stosunek zawartości atomów wodoru do węgla (H/C), tzn. czy jest większa, czy mniejsza od jedności. W grupie pirobituminów, w których składzie ilość atomów wodoru jest większa niż węgla można wyróżnić m.in. minerał elateryt (rys. 3) będący ciemnobrązowym elastycznym węglowodorem nazywany często elastycznym asfaltem (bitumem) lub kauczukiem mineralnym [5]. Natomiast w drugiej grupie można wyróżnić np. impsonit o zawartości węgla od 50% do 85%, który powstaje z płynnego asfaltu (bitumu) w wyniku procesu polimeryzacji po napełnieniu żyły w pokładzie geologicznym [6].



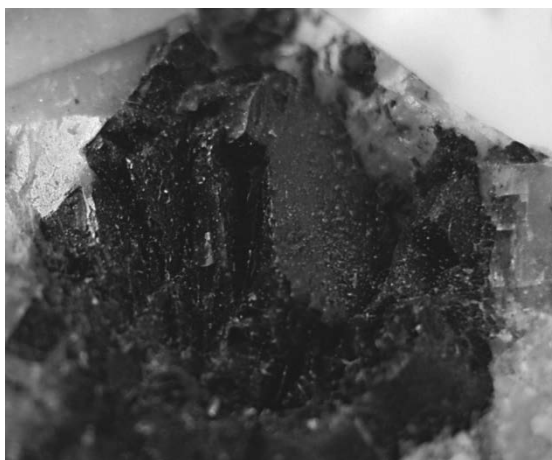
Rys. 2. Fotografia pirobituminu wydobytego w kamieniołomie diabazu w Tegau-Schleiz (Turyngia, Niemcy) źródło: www.mindat.org/photo-157434.html

Generalizując pirobituminy są materiałem występującym w naturze w jako nierozpuszczalne minerały w większości złóż węglanowych w postaci czarnych, litych minerałów składające się z nielotnych składników. Ze względu na swój skład chemiczny blokują one przepuszczalność skał zbiornikowych (zamykanie

przestrzeni porowej), a więc obecność pirobituminów nie jest sprzyjająca w przypadku wydobycia węglowodorów takich jak np. ropa naftowa [7].



Rys. 3. Fotografia elaterytu wydobytego w Matlock (Anglia, Wielka Brytania)
źródło: www.mindat.org/photo-278021.html



Rys. 4. Fotografia imponitu wydobytego w rejonie Murmańska na półwyspie kolskim
(Rosja) źródło: www.mindat.org/photo-34116.html

Pirobituminy są wykorzystywane jako masy uszczelniające, składnik prętów regulacyjnych w reaktorach jądrowych czy do wytwarzania czarnych pigmentów [8]. Nie mają natomiast zastosowania w drogownictwie jako modyfikatory asfaltów (bitumów) stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych. Lokalizacje, w których prowadzi się wydobycie pirobituminów na skalę przemysłową znajdują się m.in. na terytorium stanu Utah (USA), w Argentynie czy w Chinach [8]. Występują w środowisku naturalnym przede wszystkim w postaci żył i złóż

warstwowych (złoża pokładowe powstałe w wyniku procesów magmowych w środowiskach skorupy kontynentalnej [9]). Mogą one również powstawać w procesach przemysłowych m.in. w ostatniej fazie krakingu termicznego olejów lub ich powierzchniowej degradacji [8].

2.2. Woski naturalne

Do grupy asfaltów naturalnych łatwo rozpuszczalnych w dwusiarczku węgla CS_2 zaliczamy woski mineralne. Fizycznie są one bardzo podobne do pirobituminów o stosunku zawartości atomów wodoru do węgla większym od jedności, jednakże różnią się one od nich zdolnością do rozpuszczalności w CS_2 ze względu na występowanie w ich składzie parafiny i cykloalkanów. Jednym z takich minerałów jest ozokeryt (rys. 5), który jest łatwo topliwy i składa się prawie wyłącznie z parafiny [2]. Najbardziej znane złoża ozokerytu występuje na Ukrainie w rejonie Borysławia. Dawniej ozokeryt nazywany woskiem ziemnym był wykorzystywany do przemysłowego otrzymywania cerezyny, wykorzystywanej m.in. przy produkcji świec, wosków syntetycznych czy past [10]. Obecnie cerezynę, czyli rafinowany ozokeryt otrzymuje się z pozostałości po przerobieniu ropy naftowej [11]. Schererite jest lokalną nazwą ozokerytu występującego w rejonie Sankt Gallen (Szwajcaria) o lekkim połysku i kolorze od białego do ciemnożółtego, który występuje w postaci krystalicznych ziaren lub cienkich warstw w pokładach węgla brunatnego [12, 13]. Ze względu na właściwości usztywniające w wyniku procesów starzenia syntetyczne lub naturalne dodatki parafinowe są rzadko wykorzystywane jako modyfikatory asfaltów drogowych [14].



Rys. 5. Fotografia ozokerytu wydobytego w paśmie górskim Soldier Summit (Utah, USA) źródło: www.mindat.org/photo-319575.htm

2.3. Piaski roponośne

Termin piaski roponośne (ang. oil sands) lub piaski bitumiczne (ang. tar sands – dosłownie piaski smołowe – w anglojęzycznych publikacjach występują zastrzeżenia, co do merytorycznej poprawności takiego nazewnictwa) oznacza skały składające się z bardzo lepkiej mieszaniny węglowodorów, które nie mogą być pozyskane w naturalnym stanie poprzez wykonanie konwencjonalnego szybu naftowego. Złoża piaskowca lub wapieni stanowią zazwyczaj rezerwar dla ciężkiej ropy naftowej w postaci stałej lub prawie stałej. Naturalny bitum tworzy albo materiał skonsolidowany z piaskowcem (wapieniem) występujący czasami pod nazwą skał asfaltowych, albo wypełnia w nim wolne przestrzenie i z czasem może przedostawać się na powierzchnię. Proces odzyskiwania naturalnego bitumu zależy w dużym stopniu od składu piasków roponośnych i zazwyczaj wymaga zastosowania wysokiej temperatury w celu wydzielenia poszczególnych składników. Ze względu na duże trudności związane z uzyskaniem czystego naturalnego bitumu i bardzo dużą różnorodnością piasków roponośnych wiele złóż nie jest wykorzystywanych przemysłowo [4, 15]. Najbardziej znane złoża piasków roponośnych to [4]:

- Athabaska (Kanada),
- Bermudez Pitch Lake (Wenezuela),
- Selenizza (Albania),
- Trinidad Pitch Lake (Trynidad i Tobago),
- Tabbyite (USA).

Wiele mniejszych złóż znajduje się w rejonie m.in. Bliskiego Wschodu tzn. w Syrii, Iraku, na dnie Morza Martwego [16].

Złoża roponośnych piasków Athabasca (rys. 6) znajdują się wokół miejscowości Fort McMurray w północnej części prowincji Alberta w Kanadzie, a ich nazwa pochodzi od rzeki, która przez nie przepływa. Piaski roponośne Athabasca składają się z piasku (do 83%), naturalnego lepiszcza (od 10% do 20%), wody (4%) i gliny (3%), a ich powstanie jest związane z ruchami górotwórczymi i powstaniem skał osadowych w epoce kredy. Naturalne lepiszcze uzyskuje się na skalę przemysłową wykorzystując do ekstrakcji gorącą wodą (wymagane ogromne nakłady energii) w celu oddzielenia lepiszcza od innych składników. Ze względu, że uzyskane naturalne lepiszcze jest ubogie w wodór poddaje się je kolejnym procesom technologicznym (koksowanie, destylacja, konwersja katalityczna i hydrorafinacja) w celu uzyskania materiału bardziej wartościowego i w efekcie podobnego do ropy naftowej, który można poddawać dalszej obróbce przemysłowej [4].



Rys. 6. Fotografia złoża piasków roponośnych Athabasca (Kanada)
źródło: Suncor Energy Inc.

Złóża piasków roponośnych w postaci tzw. jezior asfaltowych (ang. Pitch Lake) Bermudez i Tinidad są bardzo podobne ze względu na stosunkową niewielką odległość, która je dzieli (rys. 7).



Rys. 7. Fotografia jeziora asfaltowego Trinidad Pitch Lake (Trynidad i Tobago)
źródło: www.panoramio.com/photo/75896867

W literaturze ogólnej surowce te nazywane są zazwyczaj asfaltami naturalnymi. Złóże Bermudez znajduje się w pobliżu ujścia rzeki Orinoko do oceanu Atlantyckiego w północno-wschodniej Wenezueli, a Trinidad niedaleko miasta La Brea na wyspie Trynidad [4]. W przypadku złoża Bermudez występujący naturalnie surowiec może zawierać od 5% do 30% procent asfaltu (bitumu) o różnej twardości (pozostałą część zazwyczaj stanowi piaskowiec lub wapień), co powoduje, że materiał ten nie jest pozyskiwany w celach przemysłowych [17]. Natomiast w przypadku złoża Trinidad Pitch Lake wydobycie surowca naturalnego jest prowadzone na skalę przemysłową. Odspojony z powierzchni

jeziora asfalt naturalny poddawany jest procesowi rafinacji, w celu jego zmiękczenia, odparowania wody wolnej i rozpuszczonych w niej związków chemicznych, a także odseparowaniu zanieczyszczeń mineralnych i organicznych np. w postaci kamieni czy drewna. Dzięki zastosowaniu takiej technologii uzyskuje się produkt w postaci tzw. asfaltu oczyszczonego znanego pod nazwą Epuré lub Trinidad Epuré (TE). Zawartość składników w materiale uzyskanym po rafinacji w stosunku do jego masy jest następująca: naturalne lepiszcze – od 53% do 55%, pyły mineralne – od 36% do 37%, popioły – od 9% do 10%. Trinidad Epuré jest najczęściej wykorzystywany w drogownictwie jako modyfikator asfaltów stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych [18]. Korzyści z zastosowania w mieszankach mineralno-asfaltowych dodatku w postaci asfaltu Trinidad Epuré (TE), nazywanego również w publikacjach Trinidad Lake Asphalt (TLA), zostały potwierdzone naukowo. Na podstawie badań [19, 20, 21, 22] związanych z modyfikacją dodatkiem Trinidad Epuré asfaltów drogowych zaobserwowano zmniejszenie wartości penetracji, przyrost wartości temperatury mięknięcia, zwiększenie odporności na powstawanie odkształceń trwałych w wysokich temperaturach – przyrost wartości parametru $G^*/\sin(\delta)$. W przypadku nawierzchni drogowych wykonanych z mieszanki mineralno-asfaltowej sporządzonej z wykorzystaniem lepiszcza asfaltowego z dodatkiem Trinidad Epuré zaobserwowano poprawę urabialności i zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej [23]. W Niemczech dodatek asfaltu Trinidad Epuré jest z powodzeniem stosowany w tzw. cienkich warstwach ścieralnych na gorąco lub jako dodatek w mieszankach mineralno-asfaltowych typu asfalt lany (MA) [24].

Piaski roponośne w złożu Selenizza znajdującym się w okolicy miejscowości Selenice w Albanii tworzą materiał o dużej zawartości naturalnego lepiszcza – powyżej 80% (rys. 8).



Rys. 8. Fotografia przekruszonego piasku roponośnego Selenizza (Albania)

źródło: www.selenizza.eu

Surowiec ten ze względu na swój skład chemiczny jest materiałem bardzo zbliżonym do asfaltytu (w niektórych publikacjach jest nawet zaliczany do grupy asfaltytów). Złoża te powstały w epoce pliocenu w wyniku nasycenia ropą naftową pokładów złożonych z pisków powstałych w epoce miocenu. Surowiec ten jest z powodzeniem stosowany jako dodatek do asfaltów ponaftowych. Mieszanki mineralno-asfaltowe wykonane z zastosowaniem piasku roponośnego Selenizza charakteryzują się zbliżonymi właściwościami do mieszanek zawierających asfalt naturalny Trinidad Epuré [4, 25].

Piaski roponośne występujące w stanie Utah w USA znane są jako *tabbyite*. Wizualnie są one podobne do występujących w złożu Selenizza (rys. 9). W rejonie stanu Utah oprócz *tabbyite* znajduje się wiele złóż naturalnych węglowodorów takich jak ozokeryt, gilsonit, wurtzilite czy ropa naftowa [4]. Łącznie w Utah występuje około 15 różnych węglowodorów, począwszy od nierozpuszczalnych w dwusiarczku węgla jak wurtzilite do bardzo łatwo rozpuszczalnych jak ozokeryt [26].



Rys. 9. Fotografia piasku roponośnego wydobytego ze złoża Asphalt Ridge w Vernal (Utah, USA) źródło: www.ostseis.anl.gov/guide/photos/index.cfm

2.4. Asfaltyty

Do surowców trudno rozpuszczalnych w dwusiarczku węgla CS_2 zalicza się asfaltyty. Są to błyszczące, czarne, stałe węglowodory, które z wyglądu przypominają węgiel kamienny. Występują one na całym świecie pod różnymi nazwami ze względu na niewielkie różnice w składzie chemicznym. Złoża Grahmite występują na Kubie, w Meksyku i w Stanach Zjednoczonych, Glance pitch natomiast na Barbadosie i w Kolumbii [27]. W Iranie znajdują się złoża asfaltytu nazywanego Iranian natural bitumen (Iranian Gilsonite) [28]. Najbardziej jednak znanym minerałem z grupy asfaltytów jest gilsonit (rys. 10). Swoją nazwę zawdzięcza on Samuelowi H. Gilsonowi, który był jednym z jego odkrywców i propagatorów jako m.in. materiału uszczelniającego. Złoża gilsonitu występują w północno-wschodniej części stanu Utah (USA) w łżysku rzeki Green River

głęboko pod niecką Uintah, stąd w opracowaniach naukowych minerał ten występuje również pod nazwą uintahite. Ze względu na zarejestrowany znak handlowy kruszec ten występuje jednak zazwyczaj pod nazwą Gilsonite – gilsonit. Surowiec ten jest naturalną mieszaniną (w przeliczeniu na masę produktu): węgla – 85%, wodoru – 10%, azotu – 3% oraz tlenu, siarki i pozostałych składników w ilości około 2%. Geneza powstania złóż gilsonitu jest związana kerogenem tzw. niedojrzała ropą naftową, gdyż kerogen w warunkach wysokiego ciśnienia i temperatury przekształca się w ropę naftową [27, 29, 30]. Po przekruszeniu jest dostarczany do klientów w postaci granulatu o wielkości ziaren 0/2 mm lub sproszkowanej [31]. Gilsonit jest wykorzystywany jako składnik płynów wiertniczych, tuszy, różnych wyrobów chemicznych czy jako dodatek do odlewów hutniczych i oczywiście asfaltów ponaftowych [29].



Rys. 10. Fotografia minerału uintahite (gilsonit) wydobytego w kopalni Fort Duchesne (Utah, USA) źródło: www.mindat.org/photo-12288.html

Ze względu na pochodzenie, skład chemiczny i dużą masę cząsteczkową gilsonit posiada dobre powinowactwo z asfaltem. Zastosowanie tego dodatku do modyfikacji asfaltu ponaftowego skutkuje zmniejszeniem wartości penetracji oraz przyrostem wartości temperatury mięknięcia lepiszczy asfaltowych z jego udziałem [20]. Dodatek gilsonitu powoduje przyrost odporności na powstawanie odkształceń trwałych w wysokich temperaturach, przyrost wartości parametru $G^*/\sin(\delta)$, lepiszczy asfaltowych modyfikowanych tym dodatkiem przed i po procesie starzenia. Mieszanki mineralno-asfaltowe modyfikowane dodatkiem gilsonitu charakteryzują się zwiększoną stabilnością i mniejszym zakresem trwałych odkształceń, a więc większą odpornością na tworzenie się kolein, przy jednocześnie nie pogorszonej odporności na zjawiska pęknięcia zmęczeniowego oraz powstawanie spękań w niskiej temperaturze [32, 33, 34].

Mniejsze złoża asfaltytów znajdują się w Stanach Zjednoczonych w stanie Alabama, Kalifornia, Kolorado, Kentucky, Oklahoma, Teksas i oczywiście

Utah. W Europie asfaltyty znaleziono w Seyssel we Francji, Ragusa na Sycylii, Val-de-Travers w Szwajcarii i Vorwhole w Niemczech [35].

3. PODSUMOWANIE

Artykuł stanowi zwięzły przegląd wiedzy na temat asfaltów naturalnych, zarówno tych nie wykorzystywanych przemysłowo, jak i tych, które mają zastosowanie w różnych gałęziach gospodarki. Niektóre z asfaltów naturalnych jak np. piaski roponośne (bitumiczne) mogą stanowić źródło „alternatywnej ropy naftowej”. Natomiast asfalty naturalne jak Trinidad Epuré lub Gilsonite są z powodzeniem wykorzystywane do modyfikacji asfaltów (bitumów) stosowanych w mieszankach mineralno-asfaltowych. Ze względu na różne sposoby powstawania (genezę) oraz różne zawartości węgla i wodoru można wyróżnić kilka grup asfaltów naturalnych. Niewielkie różnice w składzie chemicznym poszczególnych asfaltów naturalnych powodują, że występują one na całym świecie pod różnymi nazwami. Reasumując pod pojęciem asfaltów naturalnych (skał asfaltowych) występuje w przyrodzie wiele różnych surowców i minerałów z grupy węglowodorów.

LITERATURA

- [1] Yen T.: *Chemistry for Engineers*, Imperial College Press, Londyn, 2008.
- [2] Meyer R., de Witt Jr. W.: *U.S. Geological Survey Bulletin No. 1944: Definition and world resources of natural bitumens*, United States Government Publishing Office, Waszyngton, D.C., 1990.
- [3] PN-EN 12597:2014-07 *Asfalty i lepiszcza asfaltowe – Terminologia*.
- [4] Chilingarian G., Yen T. (Red.): *Bitumens, asphalts, and tar sands*, Elsevier Horth-Holland Inc., Nowy Jork, 1978.
- [5] Heidberg J., Krejci-Grak K.: *Naturwiss*, 56, s. 513, 1969.
- [6] Richardson, C.: *Grahamite, a solid native bitumen*, *Journal of the American Chemical Society*, 32 (9), s. 1032–1049, 1910.
- [7] Stasiuk L.: *The origin of pyrobitumens in Upper Devonian Leduc Formation gas reservoirs, Alberta, Canada. An optical and EDS study of oil to gas transformation*. *Marine and Petroleum Geology*, 14, s. 915–929, 1997.
- [8] Pohl W.: *Economic Geology: Principles and Practice*, John Wiley & Sons, Hoboken, 2011.
- [9] Delura K.: *Charakterystyka chromitytów z masywu Braszowice–Brzeźnica na Dolnym Śląsku i ich znaczenie przemysłowe*, *Gospodarka surowcami mineralnymi*, 28(1), s. 19–43, 2012.
- [10] Kling K.: *O przemyśle wosku ziemnego*, *Metan*, 3, s. 16–24, 1919.
- [11] Mózes G.: *Parayn Products*, Elsevier, Budapeszt, 1983.
- [12] Hunt J.: *Composition and origin of the Uinta Basin bitumens*, W: Crawford A.: *Oil and gas possibilities of Utah, reevaluated*, Salt Lake City, 1963.

- [13] Jameson R., Jardine W., Rogers H.: *Exhibiting a View of the Progressive Discoveries and Improvements in the Sciences and the Arts*, The Edinburgh New Philosophical Journal, 3, s. 187, 1827.
- [14] Król J., Radziszewski P., Kowalski K., Swieżawski P.: *Właściwości niskotemperaturowe lepiszczy asfaltowych z dodatkiem parafin nowej generacji*, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej: 283, Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 59 (3/12/III), s. 265–271, 2012.
- [15] Jinsheng G.: *Coal, oil shale, natural bitumen, heavy oil and peat*, tom II, EOLSS Publications, Singapur, 2009.
- [16] Trinnaman J., Clarke A. (Red.): *Survey of Energy Resources*, Elsevier, Amsterdam, 2004.
- [17] Lavin, P.: *Asphalt Pavements*, Spon Press, Londyn, 2003.
- [18] Poradnik: *Laborhandbuch für Trinidad Naturasphalt*, Carl Ungewitter Trinidad Lake Asphalt, Brema, 2013.
- [19] Bilski M., Słowik M.: *Natural asphalt modified binders used for high stiffness modulus asphalt concrete*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 356 (012007), s. 1–10, 2018.
- [20] Słowik M., Bilski M.: *An Experimental Study of the Impact of Aging on Gilsonite and Trinidad Epuré Modified Asphalt Binders Properties*, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 12 (2), s. 71–81, 2017.
- [21] Liao M., Chen J., Airey G.D., Wang S.: *Rheological behavior of bitumen mixed with Trinidad Lake Asphalt*, Construction and Building Materials, 66, s. 361–367, 2014.
- [22] Widyatmoko I., Elliott R.: *Characteristics of elastomeric and plastomeric binders in contact with natural asphalts*, Construction and Building Materials, 22, s. 239–249, 2008.
- [23] Danowski M.: *Nawierzchnie z dodatkiem asfaltu naturalnego Trynidad, Nawierzchnie asfaltowe*, 2, s. 7–13, 2009.
- [24] Grabowski W., Słowik M., Bilski M.: *Ocena właściwości asfaltów drogowych modyfikowanych dodatkiem asfaltu naturalnego Trinidad Epuré*, Autostrady, 1–2, s. 14–18, 2011.
- [25] Canestrari F., Partl M.: *8th RILEM International Symposium on Testing and Characterization of Sustainable and Innovative Bituminous Materials*, Springer, 2015, wydanie elektroniczne: www.springer.com/la/book/9789401773416.
- [26] Biuletyn: *Geological Survey Bulletin*, s. 1351–1352, Departament Spraw Wewnętrznych USA, Inspektorat Geologiczny, Waszyngton, D.C., 1949.
- [27] Kogel J., Trivedi N., Barker J., Krukowski S. (Red.): *Industrial minerals & rocks: commodities, markets, and uses*, 7. wyd., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Englewood (Kolorado, USA), 2006.
- [28] Ameri M., Mansourian A., Ashani S., Yadollahi G.: *Technical study on the Iranian Gilsonite as an additive for modification of asphalt binders used in pavement*, Construction and Building Materials, 25, s. 1379–1387, 2011.
- [29] Boden T., Tripp B.: *Gilsonite veins of the Uinta Basin*, Utah Geological Survey, Salt Lake City, 2012.
- [30] Nciri N., Song S., Kim N., Cho N.: *Chemical characterization of Gilsonite bitumen*, Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology, 5 (193), s. 1–10, 2014.

- [31] Cholewińska M., Iwański M.: *Modification of petroleum road bitumen 50/70 with natural asphalt Gilsonite*, Structure & Environment, 3 (2), s. 5–10, 2011.
- [32] Babagoli R., Hasaninia M., Namazi N.M.: *Laboratory evaluation of the effect of Gilsonite on the performance of stone matrix asphalt mixtures*, Road Materials and Pavement Design, 16 (4), s. 889–906, 2015.
- [33] Aflaki S., Hajikarimi P., Fini E., Zada B.: *Comparing effects of biobinder with other asphalt modifiers on low-temperature characteristics of asphalt*, Journal of Materials in Civil Engineering, 26 (3), s. 429–439, 2014.
- [34] Ameri M., Mansourian A., Sheikhmotevali A.: *Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology*, Construction and Building Materials, 36, s. 1001–1007, 2012.
- [35] Kirk-Othmer R. (Red.): *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, John Wiley & Sons, Hoboken (New Jersey, USA), 2011.

NATURAL ASPHALTS – PROPERTIES AND USE

Summary

The article describes and illustrates natural asphalts according to the classification due to the solubility of carbon disulphide. The review of bitumens and the sources of their acquisition aims to systematize knowledge on this subject in terms of practical application. Exemplary applications on an industrial scale, discussed natural asphalts with particular emphasis on their use in road construction have been presented.

Dane autora:

dr inż. Marcin Bilski

e-mail: marcin.bilski@put.poznan.pl

telefon: 61-665-34-85