

Eldorado?, *Aura*, 12, 25.

[27] Zwolińska A., Kusyk G., 2014, Energia wody – (nie)przyjazna środowisku? *Aura*, 10, 17-19.

[28] Majewski W., 2015, Kompleksowe zagospodarowanie dolnej Wisły szansą dla regionu i Polski, *Gospodarka Wodna*, 2, 47-52.

[29] Cebula J., Wybrane metody oczyszczania biogazu rolniczego i wysypiskowego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.

[30] Żarczyński A., Klemba K., Smolarek T., 2015, II Międzynarodowy Kongres i Targi „Łódzkie Energetyczne 2015”, *Aura*, 9, 23-25.

[31] Berent-Kowalska G., Jurgaś A., Kacprowska J., Moskal I., Energia ze źródeł odnawialnych w 2015 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2016, http://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/3/10/1/energia_ze_zrodel_odnawialnych_w_2015_roku.pdf, 25.02.2017 r.

[32] De Norre B., Diaz Alonso F., Fetiche Ch., Gikas A., Goerten J., Goll M., Rase D., Struc M., Energy, transport and environment indicators 2016 edition, Eurostat, European Union 2016, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/7731525/KS-DK-16-001-EN-N.pdf/cc2b4de7-146c-4254-9521-dcbd6e6fafa6>, 25.02.2017 r.

[33] Buczyńska E., Uprawy energetyczne w Polsce, http://swiatoze.pl/aktualnosci/uprawy-energetyczne-w-polsce_61.html, 25.02.2017 r.

[34] Chyc M., Ogonowski J., 2015, Możliwości przemysłowego zastosowania topinamburu, *Przemysł Chemiczny*, 4, 578-582.

[35] Maj G., Piekarski W., Słowik T., 2013, Topinambur (*Helianthus tuberosus*) substratem do produkcji biogazu, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, 59-60.

[36] Kacprzak A., Michalska K., Romanowska-Duda Z., Grzesik M., 2012, Rośliny energetyczne jako cenny surowiec do produkcji biogazu. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 2(61), 281-293.

[37] Kiesel A., Lewandowski I., 2015, *Miscanthus* as biogas substrate – Cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. *GCB Bioenergy*, December 2015, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcbb.12330/pdf>, 08.01.2017 r.

[38] Portal Sadowniczy.pl, Mozga trzciniowa, <https://www.sadowniczy.pl/product-pol-42975-Mozga-trzciniowa.html>, 08.03.2017 r.

[39] Bueno Piaz Barbosa D., Nabel M., Jablonowski N.D., 2014, Biogas-digestate as nutrient source for biomass production of *Sida hermaphrodita*, *Zea mays* L. and *Medicago sativa* L., *Energy Procedia*, 59, 120-126.

[40] Gołębiowska U. (red.), 2013, OZE Odnawialne Źródła Energii. Materiał wspierający realizację programu „Odnawialne Źródła Energii” dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych, Koszalin. ●

Mirosława Prochoń, Anna Biernacka, Marta Witczak

mirosława.prochon@p.lodz.pl

Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Kompozyty ceramiczne jako pełne wykorzystanie zalet ceramiki

Kompozyty typu ceramika – polimer

Popularność materiałów ceramicznych jest wynikiem ich bardzo dobrych właściwości mechanicznych, do których można zaliczyć między innymi odporność na ścieranie i niski współczynnik tarcia. Dodatkową zaletą wykorzystywaną w rozwiązaniach konstrukcyjnych jest dobra odporność na warunki atmosferyczne, a także mały współczynnik rozszerzalności cieplnej. Mocną stroną materiałów ceramicznych jest też ich niska cena oraz biogodność. Wadą, a zarazem podstawowym ograniczeniem w stosowaniu ceramiki na szeroką skalę jest jej kruchość [1,2]. Stąd też podjęto próby łączenia ceramiki z innymi materiałami. Jednym z takich rozwiązań są kompozyty ceramika-polimer. W tego typu układach najczęściej fazę ciągłą stanowi polimer, zaś ceramika w postaci włókien lub wypełniaczy jest zbrojeniem (fazą rozproszoną). Zazwyczaj jako fazę rozproszoną stosuje się krzemionkę, dolomit lub też tlenek glinu [1]. W takich kompozytach zadaniem fazy ceramicznej jest zapewnienie

większej twardości kompozytu, a także polepszenie odporności na ścieranie. Obecność fazy polimerowej umożliwia polepszenie zdolności przenoszenia naprężeń [3].

Zastosowanie kompozytów typu ceramika – polimer

Jednym z wielu obszarów zastosowań kompozytów polimerowo-ceramicznych jest branża stomatologiczna. Są one szeroko stosowane jako wypełnienia ubytków ze względu na bardzo dobre właściwości estetyczne, a także właściwości mechaniczne. W skład materiału wypełniającego oparte go na związkach metakrylanowych wchodzi dodatkowo żywica fotopolimeryzująca stanowiąca osnowę, a także napełniacze nieorganiczne o różnym rozmiarze cząstek (od makrocząstek, aż do cząstek w rozmiarze nano) [4]. Kompozyty ceramiczne mają przewagę nad obecnie stosowanymi wypełnieniami amalgamatowymi, które zawierają toksyczną rtęć, a także wykazują dużą przewodność cieplną,



która jest przyczyną wrażliwości tkanek w jamie ustnej na zmiany temperatury [5].

Ze względu na swoje unikatowe właściwości, kompozyty te mogą znaleźć zastosowanie w mikroelektrotechnice. Mogą być także wykorzystywane w budowie urządzeń mikrofalowych, które będą pracować w zakresie wysokich częstotliwości. W kompozytach tego typu wzmocnienie stanowi elektroceramika, zaś osnową jest polimer [6].

Kompozyty ceramiczno-polimerowe (CP) często określane jako polimerobeton są wykorzystywane w elektrotechnice. Układy na bazie metakrylanu metylu z dodatkiem napełniacza ceramicznego znalazły zastosowanie w produkcji izolatorów. Uzyskane materiały wykazują dobrą odporność mechaniczną, elektryczną, a także termomechaniczną. Dodatkową zaletą wynikającą ze stosowania kompozytów polimerowo-ceramicznych jest to, iż nie wymagają one dodatkowego szkliwienia ze względu na wysoką hydrofobowość [7].

Kompozyty o osnowie ceramicznej

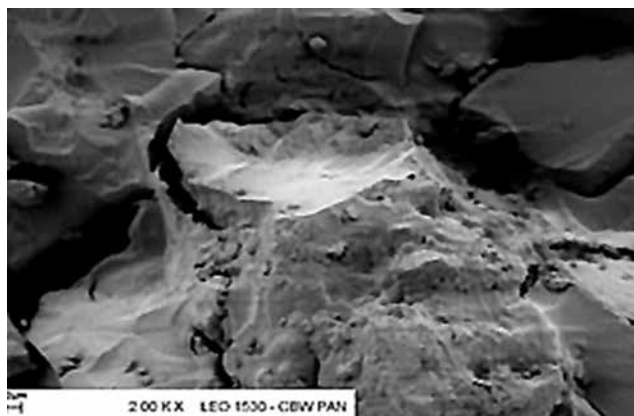
Od pewnego czasu dużą popularność zyskują kompozyty typu ceramika – polimer, w których osnowę stanowi ceramika. Mogą być one nazywane kompozytami o porowatej osnowie ceramicznej [1]. Analizując budowę kości człowieka lub zwierząt można stwierdzić, że są one naturalnymi kompozytami tego typu. Białko stanowi biopolimer, który oparty jest na bazie porowatej osnowy ceramicznej, którą jest kość [8].

Układy, w których ceramika stanowi osnowę mogą powstawać m.in. na drodze mieszania materiału z poroforem, który w wyniku wypalania ulega rozkładowi i pozostawia pory [1]. Obecnie intensywnie rozwijaną metodą wytwarzania kompozytów o osnowie ceramicznej jest polimeric sponge method. Metoda ta polega na osadzeniu ceramicznej masy leejnej na wcześniej wytworzonej warstwie spienionego tworzywa sztucznego. Po suszeniu i wypaleniu tworzywa polimerowego proszek ceramiczny przejmuje rolę podłoża [9]. Kolejną metodą prowadzącą do uzyskania kompozytu o osnowie ceramicznej jest polimeryzacja monomerów w porach ceramicznego tworzywa, którego strukturę przedstawiono na rysunku 1.

Właściwości takich układów w dużej mierze zależą od stopnia porowatości. Dużą dogodnością w tego typu układach jest możliwość manipulacji stopniem porowatości, jak i rozkładem wielkości porów. Dzięki temu można uzyskać kompozyty o unikatowych właściwościach [8].

Podsumowanie

Kompozyty typu ceramika-polimer pozwalają na pełne wykorzystanie wszystkich zalet ceramiki. Umożliwiają



Rys. 1. Zdjęcie kompozytu ceramiczno-polimerowego otrzymanego metodą polimeryzacji monomerów akrylowo-styrenowych w porach ceramicznego tworzywa z Al_2O_3 (średnia wielkość porów $22 \mu m$) [8]

również jej aplikację wszędzie tam, gdzie jako samodzielny materiał nie mogłaby być wykorzystywana. Ze względu na dużą różnorodność, zarówno materiałów ceramicznych jak i polimerowych, kompozyty te mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach życia.

Literatura:

- [1] Szafran M., Lipiec W., Okowiak J., Konopka K., Kurzydłowski K.J., 2003, Nowe kompozyty ceramika-polimer o osnowie z ceramicznego tworzywa porowatego z tlenku glinu, *Kompozyty*, 3, 8, 337.
- [2] Oczko K., Kształtowanie ceramicznych materiałów technicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 1996.
- [3] Konopka K., Boczkowska A., Kurzydłowski K., Szafran M., 2003, Mikrostruktura i właściwości kompozytów ceramika-elastomer, *Kompozyty*, 3, 7, 2016-2020.
- [4] Pieniak D., Niewczas A., Kordos P., Wpływ zmęczenia cieplnego oraz starzenia na mikrotwardość kompozytów polimerowo – ceramicznych do zastosowań biomedycznych <http://www.ein.org.pl/sites/default/files/2012-02-14p.pdf> 16.02.2016.
- [5] Lewandowska M., Andrzejczuk M., Kurzydłowski K., Karaś J., Szafran M., Rokicki G., 2004, Kompozyty ceramiczno-polimerowe stosowane na stałe wypełnienia stomatologiczne – wpływ cząstek wypełniacza na właściwości mechaniczne, *Kompozyty*, 4, 11, 302-305.
- [6] Osińska K., Yashchyshyn Y., Bernard H., Dzik J., Czekaj D., 2012, Kompozyty ceramiczno-polimerowe do zastosowań mikrofalowych, *Materiały ceramiczne*, 64, 1, 33-37.
- [7] Halama A., Mączka T., Olech Z., Paściak G., Skoczyła M., Wójcik A., 2015, Monolityczny izolator wsporczy z kompozytu ceramiczno-polimerowego, *Przegląd Elektrotechniczny*, 10, 288-293.
- [8] Szafran M., Konopka K., Rokicki G., Lipiec W., Kurzydłowski K., 2002, Porowata ceramika infiltrowana metalami i polimerami, *Kompozyty*, 2, 5, 315-316.
- [9] Szafran M., Laskowska J., Jaegermann Z., 2000, Bioceramiczne materiały porowate, Część 1, Sposób otrzymywania materiałów z udziałem spienionych tworzyw sztucznych, *Szkło i Ceramika*, 51, 1, 9.