

Badania odporności materiałów na działanie czynników środowiska naturalnego

Dariusz SOBKÓW*, Joanna BARTON, Krystyna CZAJA, Marek SUDOŁ, Beata MAZON – Katedra Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów, Wydział Chemii, Uniwersytet Opolski, Opole

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2014, 68, 4, 347–354

Starzenie atmosferyczne

W ostatnim czasie, producenci wyrobów opracowywanych na bazie polimerów kładą olbrzymi nacisk na bezpieczeństwo swoich produktów, w tym ich trwałość w warunkach użytkowania, przede wszystkim na zewnątrz pomieszczeń, gdzie na skutek oddziaływania zespołu czynników zewnętrznych może nastąpić zmiana wyglądu (np. zmiana barwy, zmatowienie czy spękanie) i/lub utrata pożądanych właściwości, np. mechanicznych, zwykle jako skutek degradacji tworzywa wynikający ze zmiany jego budowy chemicznej (w tym utlenianie, zmniejszanie ciężaru cząsteczkowego w wyniku pęknięcia łańcuchów makrocząsteczek lub jego zwiększania w rezultacie ich sieciowania lub rozgałęziania) [1,2].

Proces zmian zachodzących w materiale, które wywołane są zespołem czynników otoczenia zewnętrznego, nazywany jest starzeniem atmosferycznym [3]. Zazwyczaj inicjuje go działanie światła słonecznego (głównie z zakresu UV – fotodegradacja), a jego szybkość jest potęgowana przez ciepło (zmienna temperatura – termodegradacja), opady (degradacja hydrolytyczna), zanieczyszczenia powietrza, a nawet wiatr i naprężenia (degradacja mechaniczna) [4÷8]. Starzenie atmosferyczne jest fizykochemicznym procesem powodującym powolne niszczenie materiałów [9], zwykle jako skutek zmiany budowy chemicznej inicjowanej równoczesnymi i współzależnymi, rodnikowymi procesami foto- i termooksydacji [10]. Termooksydacyjna degradacja zachodzi w całej masie polimeru, natomiast fotodegradacja występuje głównie na jego powierzchni i w warstwie przypowierzchniowej, ze względu na ograniczoną możliwość penetracji promieniowania UV do głębszych warstw materiału [11].

Rodzaj i intensywność zmian właściwości materiału podczas eksploatacji wytworzonego z niego wyrobu zależy przede wszystkim od jego budowy i występujących w niej defektów, morfologii, w tym głównie udziału fazy krystalicznej, rodzaju i udziału dodatkowych substancji (np. napelnaczy, substancji modyfikujących, zanieczyszczeń), a także kształtu i wymiarów wyrobu oraz rodzaju i intensywności czynników wywołujących zmiany w polimerze, a w końcu czasu ich oddziaływania [4]. Degradacja materiałów polimerowych może być też inicjowana, lub wspomagana, przez obecne w nich dodatki, w tym pozostałości katalizatora, a także zanieczyszczenia środowiska. Ważny jest ponadto nawet niewielki udział w makrocząsteczkach grup wodoronadtlenkowych, karbonylowych i wiązań podwójnych, które mogą być dodatkowo wytworzone na etapie przetwarzania i magazynowania materiału. Głównymi bowiem absorberami światła, odpowiedzialnymi za inicjowanie reakcji fotochemicznych, są grupy karbonylowe. Reakcja degradacji zaczyna się zwykle od pochłonięcia promieniowania UV przez te grupy i biegnie dalej z udziałem wytworzonych rodników, powodując sieciowanie lub pęknięcie łańcuchów makrocząsteczek. Obydwa wymienione procesy to główne i konkurencyjne mechanizmy degradacji. Fizycznym efektem fotodegradacji jest spękanie powierzchni oraz utrata sztywności i wytrzymałości materiału [12].

Natężenie promieniowania słonecznego, które dociera do Ziemi, nie jest wartością stałą. Wartość natężenia zależy od szerokości

geograficznej, pory roku i dnia, zachmurzenia i przenikalności atmosfery. W związku z tym starzenie atmosferyczne tego samego kompozytu może przebiegać w różny sposób, w zależności od strefy klimatycznej oraz panujących warunków [10]. Ocena okresu odporności materiałów kompozytowych na działanie czynników zewnętrznych wymaga wcześniejszego przeprowadzenia badań starzenia w warunkach naturalnych. Takie badania, prowadzone na stacjach poligonowych wyposażonych w urządzenia pomiarowe czynników klimatycznych, nie powinny trwać krócej niż jeden rok, choć – ze względu na zmienność naturalnych warunków otoczenia – zaleca się okres kilkuletni [2]. Czasochłonność tego typu badań spowodowała opracowanie metod przyspieszonego starzenia w warunkach laboratoryjnych. Skrócenie czasu testu laboratoryjnego najczęściej jest możliwe dzięki zintensyfikowaniu natężenia promieniowania UV, zazwyczaj emitowanego przez lampy ksenonowe z odpowiednim zestawem filtrów, imitujących widmo światła słonecznego. Testy laboratoryjne realizuje się w różnych typach komór klimatycznych, które umożliwiają programowanie oraz stałą kontrolę natężenia promieniowania, temperatury i wilgotności w komorze badawczej, temperatury na powierzchni próbek, czasu zraszania próbek wodą (imitacja deszczu), a także nadmuchu powietrza (imitacja wiatru). Testy laboratoryjne mają ponadto tę zaletę, że można je powtórzyć w identycznych warunkach, co jest praktycznie niemożliwe w badaniach poligonowych.

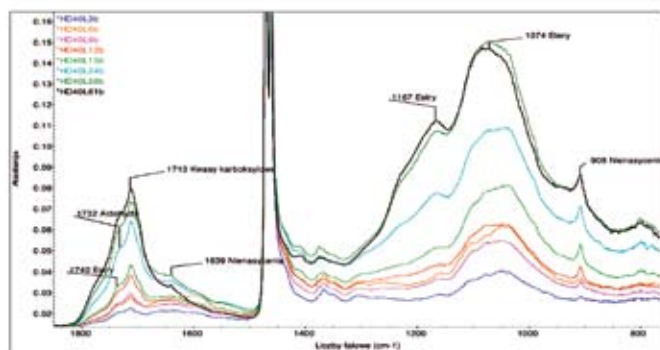
Aby ocenić postęp degradacji w materiale poddanym procesowi starzenia, najczęściej określa się zmianę jego właściwości użytkowych, m.in. mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie, udarność, czy twardość). Przyjmuje się przy tym, że pogorszenie mierzonej właściwości więcej niż o 50% dyskwalifikuje materiał do dalszego zastosowania. Stosując dodatkowo odpowiedni zestaw uzupełniających analiz w zakresie zmian struktury i morfologii, które poprzedzają zmiany właściwości użytkowych, można znacznie bardziej precyzyjnie przewidzieć czas bezpiecznego użytkowania materiału.

Zespół pracowników Katedry Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów Wydziału Chemii Uniwersytetu Opolskiego od kilkunastu lat prowadzi badania oceny trwałości różnych materiałów, głównie polimerowych o różnej strukturze i składzie (w przypadku kompozytów i innych kompozycji wieloskładnikowych) oraz kierunku ich zastosowania. Badania te są realizowane na własnej stacji poligonowej wyposażonej w zespół czujników pomiarowych rejestrujących natężenie promieniowania słonecznego w całym zakresie widmowym oraz najbardziej destrukcyjnym zakresie UV, temperaturę otoczenia i na powierzchni próbek oraz wilgotność powietrza. Wymienione dane klimatyczne są archiwizowane od 2002 r. Testy laboratoryjne wykonywane są w aparatach Xenotest Alpha HE oraz Wezerometr Ci4000, zgodnie z normami lub w założonych, odmiennych warunkach. Najczęstsze badania dotyczą odwzorowania w testach laboratoryjnych naturalnych warunków otoczenia w przypadku materiałów użytkowanych na zewnątrz pomieszczeń, lub symulacji widma światła słonecznego przenikającego przez szybę okienną dla materiałów stosowanych wewnątrz pomieszczeń. Dysponujemy przy tym szeregiem aparatów do badań struktury i morfologii oraz oceny właściwości użytkowych badanych materiałów polimerowych.

Autor do korespondencji:
Mgr Dariusz SOBKÓW, e-mail: dariusz.sobkow@uni.opole.pl

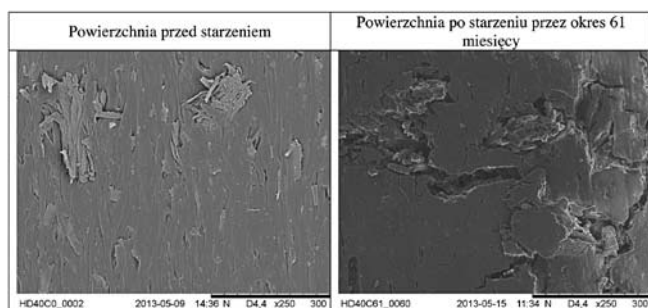
W pracach Autorów prowadzone są testy starzeniowe różnych materiałów, w tym detali z różnych tworzyw sztucznych wykorzystywanych w przemyśle motoryzacyjnym, pianki poliuretanowe i polistyrenowe, farb i lakierów, folii opakowaniowych, etykiet wystawowych i naklejek, materiałów kompozytowych, w tym licznych kompozytów polimerowo-drzewnych (WPC) o różnorodnym składzie.

Przedstawiona na Rysunku 1 przykładowa kaskada widm wybranego kompozytu WPC prezentuje narastającą intensywność pasm karbonylowego i eterowego, które pochodzą od tworzących się w materiale różnorodnych produktów utlenienia.



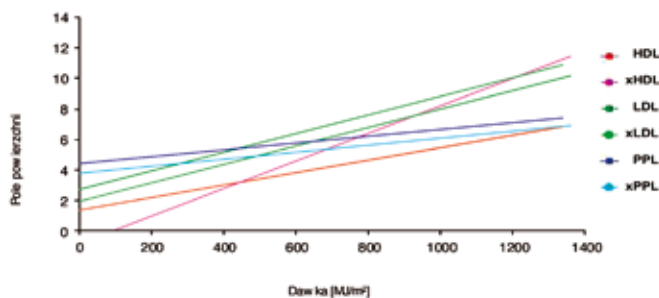
Rys. 1. Zestaw widm dla WPC otrzymanego na bazie PEHD i mączki drzewnej Lignocel 9 z zaznaczonymi pasmami charakterystycznymi powstającymi w czasie starzenia w warunkach naturalnych (okres starzenia od 3 do 61 miesięcy)

Z kolei mikrofotografie (Rys. 2) potwierdzają fakt spękania powierzchni podobnego kompozytu w miarę postępu starzenia, przy czym widoczne szczeliny systematycznie pogłębiają się i poszerzają tworząc liczną siatkę spękań, która z biegiem czasu tworzy na powierzchni odrębne fragmenty struktury. Zauważono również zmiany morfologii mączki drzewnej w WPC, której pęcznienie jest widoczne w postaci tworzących się gron.



Rys. 2. Mikrofotografie SEM kompozytów WPC na osnowie PEHD z mączką drzewną Lignocel C120 (starzenie w warunkach naturalnych)

Odpowiednio opracowane testy przyspieszonego starzenia w komorach starzeniowych pozwalają na przyspieszenie procesu starzenia się materiału i znacznie szybszą odpowiedź na pytanie, jak zachowa się dany materiał w czasie ekspozycji w warunkach naturalnych. Metody te również znakomicie nadają się do badań porównawczych różnorodnych materiałów (Rys. 3).



Rys. 3. Zmiany pasma karbonylowego kompozytów WPC na osnowie z poliolefin poddanych starzeniu w warunkach poligonowych (HDL, LDL, PPL) i laboratoryjnych (xHDL, xLDL, xPPL)

Biodegradacja

Rozkład tworzyw i kompozytów, zachodzący w środowisku na skutek działania mikroorganizmów, określany jest mianem biodegradacji [13, 14]. Rozkład ten powodować mogą zarówno bakterie, jak i grzyby, które rozwijają się w dogodnych dla ich wzrostu warunkach [15].

Prawidłowy rozwój grzybów zapewniony jest przy dostępie do statecznej ilości substancji odżywczych. Optymalne warunki otoczenia, to wilgotność na poziomie ok. 70%, odpowiednia temperatura i pH w zakresie 5,6–6,5 [16]. Rozwój określonych gatunków grzybów determinowany jest również przez charakter i właściwości podłoża, na którym się rozwijają (zawartość różnych minerałów, zasolenie) [17].

Procesy biodegradacji dzielimy na aerobowe i anaerobowe. W pierwszym przypadku głównymi produktami rozkładu, zachodzącego przy udziale tlenu, są CO_2 , woda i biomasa. W warunkach anaerobowych produkowany jest ponadto metan [14].

Aktywność mikroorganizmów w istotny sposób wpływa na wartość użytkową materiałów (drewno, wyroby papierowe, tworzywa sztuczne, ceramiczne materiały budowlane, farby i lakiery) narażonych na kontakt z drobnoustrojami [18, 19]. Stosowane współcześnie materiały wykazują zróżnicowaną odporność na destrukcyjne działanie czynników biologicznych. Tymczasem cecha ta decyduje o potencjalnym zakresie ich stosowania. Podatność materiału polimerowego na procesy biodegradacji wynika m.in. ze struktury chemicznej i ciężaru cząsteczkowego polimeru, jego właściwości fizykochemicznych, a także rodzaju i intensywności oddziaływania mikroorganizmów [20, 21].

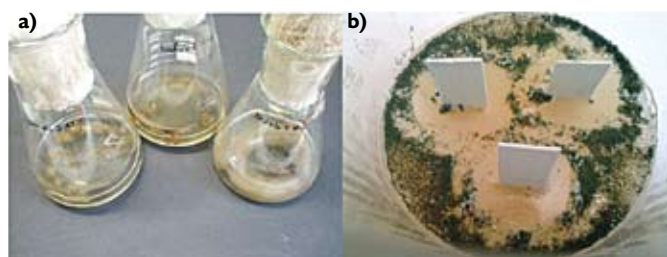
Osnowę kompozytów polimerowych stanowią zazwyczaj polimery syntetyczne wykazujące brak, lub znikomą podatność na procesy biodegradacji [22]. Wynika to m.in. z budowy chemicznej i hydrofobowego charakteru powierzchni tych materiałów. Wymienić można jednak szereg czynników wpływających na przyspieszenie procesów biokorozji, tj. obecność łatwo hydrolizujących grup funkcyjnych (estrowa, amidowa), mały stopień krystaliczności i duży udział fazy amorficznej w strukturze materiału, jego higroskopijność (ułatwiony transport enzymów produkowanych przez mikroorganizmy) czy mały ciężar cząsteczkowy [23 ÷ 25].

Degradacja biologiczna tworzyw polimerowych obejmuje szereg procesów o charakterze chemiczno-biologicznym. W wyniku oddziaływania na materiał enzymów, wytwarzanych przez mikroorganizmy, dochodzi do skracania łańcuchów polimerowych, co skutkuje zmniejszeniem ciężaru cząsteczkowego, zmianą właściwości fizykochemicznych i mechanicznych, efektem czego jest zwiększenie podatności tworzywa również na inne procesy degradacji [26].

W zależności od obszaru zastosowania tworzywa polimerowego, pożądane jest, by wykazywał on określoną odporność na biodegradację. Z jednej strony dąży się do opracowywania materiałów wykazujących zwiększoną podatność na procesy biodegradacji (np. opakowania i inne materiały o krótkim czasie użytkowania), z drugiej trwają prace nad poprawą trwałości materiałów konstrukcyjnych (budownictwo, przemysł samochodowy). O ile oczywiste jest, że dążenie do przyspieszenia biodegradacji różnego typu materiałów ma na celu m.in. usprawnienie systemu zagospodarowania odpadów, to chęć dążenia do zabezpieczenia tworzyw przed oddziaływaniem mikroorganizmów, wynika przede wszystkim z dwóch czynników. Po pierwsze, korozja tworzyw powstała w wyniku biodegradacji może stwarzać zagrożenie dla zdrowia i życia użytkowników tych materiałów [27]. Co więcej znacznie groźniejsze w skutkach może okazać się toksyczne oddziaływanie grzybów [28, 29]. Wiele gatunków wytwarza bowiem szkodliwe mykotoksyny (np. aflatoksyny), których już nawet jednorazowa dawka prowadzi do nieodwracalnych, przedrakowych i nowotworowych zmian. Do innych schorzeń należą: alergiczny nieżyt błony śluzowej nosa, astma oskrzelowa, zmiany skórne o charakterze grzybic, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych oraz alergie pokarmowe [16].

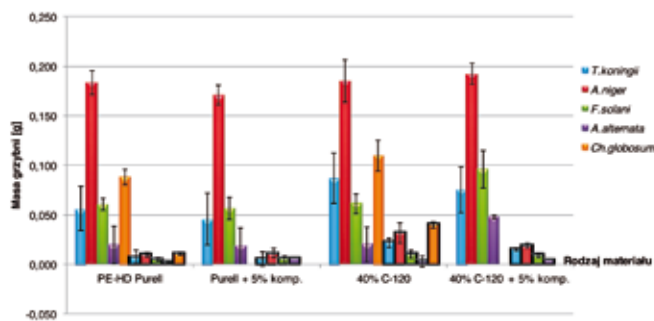
Obecny trend inżynierii materiałowej związany jest z poszukiwaniem materiałów stanowiących alternatywę, dla syntetycznych tworzyw polimerowych. Korzystnym jest przede wszystkim przeprowadzanie różnego typu modyfikacji, nadających tworzywom nowe, unikatowe właściwości, lub też opracowywanie materiałów zawierających odnawialne surowce roślinne. Jednak uważa się, że zawartość surowców roślinnych skraca żywotność tych materiałów, czyniąc je wrażliwymi głównie na biokorozję powodowaną przez grzyby strzępkowe. Z tego powodu badania mające na celu ocenę czynników wywołujących pogorszenie właściwości materiałów w warunkach ich potencjalnego zastosowania, stanowią atrakcyjną tematykę badawczą warunkującą przyszły obszar aplikacji opracowywanych kompozytów.

Przedmiotem badań w zakresie oceny odporności biologicznej, prowadzonych przez zespół Katedry Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów we współpracy z pracownikami Katedry Chemii Analitycznej i Ekologicznej Wydziału Chemii UO, są różnego typu materiały: kompozyty i powłoki polimerowe, folie czy materiały budowlane. Doświadczenia sprawdzające podatność na biokorozję, przeprowadza się wobec wybranych grzybów strzępkowych. Hodowle prowadzone są na różnego typu pożywkach mineralnych (Rys. 4a) bądź w warunkach kompostowania. Efektem badań jest określanie podatności materiałów na procesy zasiedlania (Rys. 4b), biodeterioracji bądź biodegradacji. Oceny tej dokonuje się na podstawie obserwacji makroskopowych (ocena wzrostu grzybni w odniesieniu do odpowiedniej próby kontrolnej), bilansu masowego grzybni lub analizie zmian strukturalnych (ATR-FTIR) i powierzchniowych (SEM).



Rys. 4. a) przykład hodowli prowadzonej na płynnej pożywce mineralnej Czapek-Doxa; b) przykład hodowli prowadzonej na pożywce stałej – obserwacja efektu zasiedlania

Przytoczone na Rysunku 5, reprezentatywne wyniki badań dotyczące biodegradacji kompozytów dowiodły, że zarówno środowisko prowadzenia hodowli, jak i różny skład materiału kompozytowego (rodzaj, udział napelnacza, obecność kompatybilizatora) nie są obojętne dla przebiegu procesu wzrostu grzybni.



Rys. 5. Bilans masowy uzyskany dla hodowli prowadzonych na pożywce Czapek-Doxa pełnej i Czapek-Doxa bez glukozy (materiały polimerowe na bazie PE-HD z 40% udziałem mączki Lignocel C-120 i/lub ew. 5% kompatybilizatora) wyrażony w gramach suchej masy grzybni

Podsumowanie

Prowadzenie kompleksowych badań procesów foto-, termo- i biodegradacji pozwala na określenie czasu użytkowania wyrobów

wytworzonych z badanych materiałów w warunkach potencjalnego obszaru ich zastosowań. Ponadto badania mają też charakter poznawczy w zakresie zrozumienia istoty i mechanizmów procesów starzeniowych oraz stanowią niezbędny element prac nad opracowywaniem i wdrożeniem do eksploatacji nowych materiałów lub ich odmian zmodyfikowanych metodami chemicznymi lub fizycznymi.

Joanna Barton jest stypendystką projektu „Stypendia doktoranckie - inwestycja w kadre naukowe województwa opolskiego” współfinansowanego przez Unię Europejską, w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

Literatura

- Andrady A. L. (Ed.): *Plastic and the environment*. John Wiley & Sons, Inc. 2003.
- Wypych G.: *Handbook of material weathering*. 4th edition, ChemTec Publishing, Toronto 2008, 99–115.
- ATLAS Material Testing Solutions, *Weathering Testing Guidebook* 2001.
- Sobków D., Czaja K.: Wpływ warunków przyspieszonego starzenia na proces degradacji poliolefin. *Polimery* 2003, **9**, 627–632.
- Sobków D., Sudol M., Czaja K.: Fotooksydacyjne starzenie stabilizowanego polipropylenu w warunkach laboratoryjnych i poligonowych. *Przemysł Chemiczny* 2007, **86** (10), 985–988.
- Butylina S., Hyvarinen M., Karki T.: A study of surface changes of wood-polypropylene composites as the result of exterior weathering. *Polymer Degradation and Stability* 2012, **97**, 337–345.
- Wojtala A., Czaja K., Sudol M., Semeniuk I.: Weathering of low-density polyethylene grafted with itaconic acid in laboratory tests. *Journal of Applied Polymer Science* 2012, **124** (2), 1634–1642.
- Wojtala A., Czaja K., Sudol M.: Termooksydacyjne i atmosferyczne starzenie polietylenu małej gęstości modyfikowanego allilomocznikiem. *Przemysł Chemiczny* 2013, **92** (10), 1798–1801.
- Filson P., Dawson-Andoh B., Matuana L.: Colorimetric and vibrational spectroscopic characterization of weathered surfaces of wood and rigid polyvinyl chloride-wood flour composite lumber. *Wood Science and Technology* 2009, **43**, 669–678.
- Czaja K., Sudol M., Sobków D.: Odporność materiałów na starzenie atmosferyczne [w] „Biokompozyty z surowców odnawialnych”, Kuciel S. i Rydarowski H. (red), Politechnika Krakowska 2012, 273–298.
- Kaczmarek H., *Efekty przyspieszania fotochemicznego rozkładu polimerów przez substancje mało- i wielkocząsteczkowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu M. Kopernika 1998.
- Stark N., Matuana L.: Influence of photostabilizers on wood floure HDPE composites exposed to xenon-arc radiation with and without water spray. *Polymer Degradation and Stability* 2006, **91**, 3048–3056.
- Orhan Y., Buyukgungor H.: Enhancement of biodegradability of disposable polyethylene in controlled biological soil. *International Biodeterioration and Biodegradation* 2000, **45** (1–2), 49–55.
- Leja, K., Lewandowicz, G.: *Polymer biodegradation and biodegradable polymers – A review*. *Polish Journal of Environmental Studies* 2010, **19**(2), 255–266.
- Gautam, R., Bassi, A.S., Yanful, E.K.: A review of biodegradation of synthetic plastic and foams. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 2007, **141** (1), 85–108.
- Wolejko E., Matejczyk M.: *Civil and Environmental Engineering Reports/ Budownictwo i Inżynieria Środowiska* 2011, 2, 191–195.
- Nuhoglu Y., Oguz E., Uslu H., Ozbek A., Ipekoglu B., Ocak I., Hasenekoglu I.: The accelerating effects of the microorganisms on biodeterioration of stone monuments under air pollution and continental-cold climatic conditions in Erzurum, Turkey. *Science of the Total Environment* 2006, **364** (1–3), 272–283.
- Nabrdalik M.: Aktywność enzymatyczna grzybów strzępkowych występujących w środowisku człowieka [Enzymatic activity of moulds occurring in human environment]. *Mikologia Lekarska* 2007, **14** (3), 195–200.
- Spisak W., Czaja K., Barton J., Petri M.: Wpływ dodatku bioaktywnych mikrocząstek srebra na właściwości użytkowe tynków mineralnych, *Materiały Cermiczne* 2013, **65**/1, ISSN 1505–1269, 97–104.
- Verkholantsev V. V.: Biocides. *European Coatings Journal* 2000, **4**, 56–60.
- Acemoglu, M.: Chemistry of polymer biodegradation and implications on parenteral drug delivery, *International Journal of Pharmaceutics* 2004, **277** (1–2), 133–139.

22. Mohee, R., Unmar, G.: *Determining biodegradability of plastic materials under controlled and natural composting environments*. Waste Management 2007, **27** (11), 1486–1493.
23. Szezyngier W.: *Tworzywa sztuczne. Tom 3*. Wydawnictwo Oświatowe FOSZE 2000, 215–216.
24. Mucha M.: *Polimery a ekologia*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej 2002, **193–205**.
25. Łabużek S., Pająk J., Nowak B.: *Biodegradacja tworzyw sztucznych*. Ekologia 2005, 32–35.
26. Razza, F., Innocenti, F.D.: *Bioplastics from renewable resources: The benefits of biodegradability*. Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering 2012, **7** (3), S301–S309.
27. Janińska B.: *Foundations of Civil and Environmental Engineering 3*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej 2002, 47–64.
28. Andersson M.A., Nikulin M., Koljalg U., Andersson M.C., Rainey F., Reijula K., Hintikka E.L., Salkinoja-Salonen M.: *Bacteria, molds, and toxins in water-damaged building materials*. Applied and Environmental Microbiology 1997, **63** (2), 387–393.
29. Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.L., Gurr, S.J.: *Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health*. Nature 2012, **484** (7393), 186–194.

* Mgr Dariusz SOBKÓW ukończył studia na kierunku chemia a w 2003 na kierunku ekonomia Uniwersytetu Opolskiego (2000). Pracuje w Katedrze Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów Wydziału Chemii tej uczelni. Specjalność – badania procesów starzenia materiałów w warunkach naturalnych oraz w przyspieszonych testach laboratoryjnych, modyfikacja poliolefin w kierunku ich stabilizacji lub przyspieszenia degradacji.
dariusz.sobkow@uni.opole.pl, tel. 77 452 7107

Mgr Joanna BARTON jest absolwentką Wydziału Chemii Uniwersytetu Opolskiego (2011). Obecnie jest słuchaczem Środowiskowych Studiów Doktoranckich Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej i Wydziału Chemii Uniwersytetu Opolskiego. Specjalność – otrzymywanie i charakterystyka kompozytów z odnawialnymi napelniaczami roślinnymi. oraz badania procesów biodegradacji materiałów obejmujących ocenę właściwości fungistatycznych.
jbarton@uni.opole.pl, tel. 77 452 7135

Prof. dr hab. inż. Krystyna CZAJA ukończyła studia na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Śląskiej (1970). Stopnie naukowe uzyskała na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej: dr (1977) oraz dr hab. nauk chemicznych (1992). Tytuł naukowy profesora nauk chemicznych otrzymała w roku 2002. Pracuje na opolskiej uczelni od 1973 r., obecnie na stanowisku profesora zwyczajnego na Wydziale Chemii Uniwersytetu Opolskiego. Specjalność – chemia i technologia polimerów, głównie poliolefin w tym synteza katalizatorów metaloorganicznych i niskociśnieniowa (ko)polimeryzacja olefin z ich udziałem, fizyczna i chemiczna modyfikacja polimerów, kompozyty i nankompozyty na podstawie polimerowej, charakterystyka właściwości strukturalnych molekularnych i użytkowych materiałów polimerowych w szczególności badania procesów ich termo-, foto- i biodegradacji.
krystyna.czaja@uni.opole.pl, tel. 77 452 7140

Dr Marek SUDOŁ w roku 1973 ukończył studia na kierunku chemia w ówczesnej Wyższej Szkole Pedagogicznej w Opolu (obecnie Uniwersytet Opolski). Od ukończenia studiów pracuje na Wydziale Chemii (do 2008 r. Instytut Chemii) tej uczelni. Specjalność – identyfikacja związków mało- i wielkocząsteczkowych metodą analizy spektralnej w podczerwieni oraz chemiczna i fizyczna modyfikacja poliolefin do specyficznych praktycznych zastosowań.
marek.sudol@uni.opole.pl, tel. 77 452 7138

Mgr Beata MAZON w roku 1991 ukończyła studia na kierunku chemia w Instytucie Chemii Uniwersytetu Wrocławskiego. Od ukończenia studiów pracuje w Katedrze Technologii Chemicznej i Chemii Polimerów Uniwersytetu Opolskiego. Specjalność – charakterystyka molekularna związków wielkocząsteczkowych, głównie poliolefin metodą wysokotemperaturowej chromatografii żelowej.
beata.mazon@uni.opole.pl, tel. 77 452 7110

Z prasy światowej – innowacje: odkrycia, produkty i technologie

From the world press - innovation: discoveries, products and technologies

Dokończenie ze strony 340

Niskotemperaturowy katalizator do produkcji wodoru

Przechowywanie i produkcja wodoru mają wielkie znaczenie dla eksploatacji zrównoważonych i odnawialnych źródeł energii. Szczególnie istotne są kwestie środowiskowe i społeczno-ekonomiczne, z uwzględnieniem jego obfitej podaży, a także jego czystego i efektywnego wykorzystania, zwłaszcza w niskotemperaturowych ogniach paliwowych. W celu opracowania bezpiecznego i wygodnego sposobu przenoszenia wodoru, prowadzone są badania nad nowymi związkami chemicznymi mogącymi magazynować to paliwo. Spośród wielu substancji, kwas mrówkowy uważany jest za najbardziej obiecujący, ponieważ jest niepalną cieczą i naturalną biomasą, oraz może być wytwarzany przez redukcję CO₂. Rozkład chemiczny kwasu mrówkowego zachodzi na dwa sposoby: odwo-

dornienie z wytworzeniem CO₂ i H₂ oraz dehydratacja z wytworzeniem CO i H₂O. Reaktywność i selektywność tych dwóch ścieżek jest silnie zależna od stosowanego katalizatora. W celu produkcji wodoru, pożądane jest opracowanie katalizatorów zwiększających efektywność reakcji odwodornienia kwasu mrówkowego. Naukowcy z Szanghaju po raz pierwszy przedstawiają katalizator palladowy domieszowany borem, który służyć ma zwiększeniu wytwarzania wodoru z wodnych roztworów kwasu mrówkowego w temperaturze pokojowej. Badania wykazały, że jest on 3 razy bardziej aktywny od katalizatora palladowego pozbawionego domieszki boru. (kk)

(Kun Jiang, Ke Xu, Shouzhong Zou, Wen-Bin Cai, B-Doped Pd Catalyst: Boosting Room-Temperature Hydrogen Production from Formic Acid-Formate Solutions, J. Am. Chem. Soc., DOI: 10.1021/ja5008917)

Dokończenie na stronie 354