



V Warsztaty Naukowe

Polskiego Towarzystwa Węglowego

„Nowe trendy w nauce o węglu”

21 czerwca 2024

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Przewodnicząca:	dr hab. inż. Sandra Paszkiewicz, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
V-ce przewodnicząca:	dr hab. inż. Aneta Frączek-Szczypta, prof. AGH, Akademia Górnictwo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
V-ce przewodnicząca:	dr hab. inż. Mirosława Pawłyta, prof. PŚ, Politechnika Śląska
V-ce przewodniczący:	dr hab. Piotr Gauden, prof. UMK, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Sekretarze:	dr Izabela Irska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie dr hab. inż. Elżbieta Piesowicz, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie dr inż. Renata Chylińska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Miejsce warsztatów:

**Zachodniopomorski Uniwersytet
Technologiczny w Szczecinie,**
Wydział Inżynierii Mechanicznej i
Mechatroniki, Sala Senatu
al. Piastów 19
70-310 Szczecin



CEL I TEMATYKA WARSZTATÓW

V Warsztaty Naukowe PTW pt. „Nowe trendy w nauce o węglu” organizowane przez Polskie Towarzystwo Węglowe odbywają się po raz piąty. Do tej pory odbyły się cztery spotkania z tej serii: jedno w 2018 roku na Politechnice Wrocławskiej, drugie w 2019 roku na Politechnice Poznańskiej, trzecie w 2022 roku na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, czwarte w siedzibie Zakładu Tokai Cobex Polska sp.z o.o. w Nowym Sączu – globalnej firmie wytwarzającej wysokiej jakości produkty węglowe i grafitowe. Warsztaty adresowane są do młodych naukowców i doktorantów.

Celem Warsztatów jest możliwość poszerzania wiedzy, zwłaszcza przez młodych naukowców, o najnowszych trendach w badaniach nad węglem. Formuła warsztatów ma zachęcać młodych uczestników do udziału w pogłębionych dyskusjach nad przedstawianymi zagadnieniami.



PROGRAM

Szczecin, 21 czerwca 2024

- 8:00 – 9:00 Rejestracja Uczestników
9:00 – 9:30 Powitanie uczestników. Prezentacja jednostki
9:30 – 10:50 **I sesja referatów naukowych**
Otrzymywanie i badanie materiałów węglowych i kompozytów
- 9:30 – 10:00 **Katarzyna GAJEWSKA, Adam MOYSEOWICZ, Grażyna GRYGLEWICZ**
- Boosting the rGO aerogel-based symmetrical supercapacitor performance by nitrogen doping**
- Department of Process Engineering and Technology of Polymer and Carbon Materials, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology, Gdańska 7/9, Wrocław, Poland
- 10:00 – 10:30 **Sonnur KURTULUS^a Paweł BINKOWSKI^a, Piotr A.GAUDEN^a, Jerzy P. ŁUKASZEWICZ^{a,b}, Piotr KAMEDULSKI^{a,b}**
- The unknown cousin of graphene**
- ^aFaculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University, Gagarina 7, 87-100 Toruń, Poland;
^bCentre for Modern Interdisciplinary Technologies, Nicolaus Copernicus University, Wileńska 4, 87-100 Toruń, Poland
- 10:30 – 11:00 **Ryszard WIELOWSKI¹, Marcel ZAMBRZYCKI¹, Maciej GUBERNAT¹, Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA¹**
- Badanie wpływu chemicznej funkcjonalizacji wielościennych nanorurek węglowych na powierzchniową modyfikację włóknistych kompozytów węglowych**
- ¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki



- 11:00 – 11:30 **Weronika PAZDYK-SLABY, Ewa STODOLAK-ZYCH, Marcel ZAMBRZYCKI, Łukasz ZYCH, Maciej GUBERNAT, Aneta FRACZEK-SZCZYPTA**
- Elektroprzędzone membrany z nanowłókien węglowych modyfikowane nanocząstkami metali o właściwościach antybakteryjnych**
- Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
- 11:30 – 11:50 Przerwa kawowa
- 11:50 – 12:30 **Zwiedzanie laboratoriów WIMIM**
- 12:30 – 14:30 **II sesja referatów naukowych**
Materiały polimerowe i polimerowo-węglowe
- 12:30 – 13:00 **Damian DOBROWOLSKI**
- Badanie wpływu rozdzielczości matrycy drukarki na strukturę geometryczną powierzchni oraz właściwości wytrzymałościowe wydruków z żywic fotopolimerowych**
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin
- 13:00 – 13:30 **Agata ZUBKIEWICZ**
- Otrzymywanie i charakterystyka nanokompozytów polimerowych z nanorurkami węglowymi i haloizytowymi**
- Politechnika Morska w Szczecinie, Zakład Fizyki, Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin, Polska
- 13:30 – 14:00 **Patryk FISZER**
- Wykorzystanie modeli uczenia maszynowego do predykcji właściwości kopolimerów z rodziny estrowo-eterowych elastomerów termoplastycznych**
- Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin



14:00 – 14:30 **Paweł LESIAK^{1,2}, Sandra Paszkiewicz¹**

Materiały stosowane na ekrany półprzewodzące w kablach energetycznych średniego i wysokiego napięcia

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Technologii Materiałowych, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

²Tele-Fonika Kable S.A., Fabryka Bydgoszcz, Bydgoszcz ul. Fordońska 152, 85-957 Bydgoszcz, Polska

14:30– 15:00 **Marcin GODZIERZ, Urszula SZELUGA, Anastasiia KOBYLIUKH, Yevheniia BUINOVA**

Development of polyethylene-based polymer composites filled with submicro- and nano-sized carbon materials toward electronic applications

Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, Curie-Skłodowskiej 34 str., 41-819, Zabrze

15:00 – 15:45 **LUNCH**

15:45 – 16:15 **Podsumowanie i zakończenie warsztatów**

STRESZCZENIA

Boosting the rGO aerogel-based symmetrical supercapacitor performance by nitrogen doping

Katarzyna GAJEWSKA, Adam MOYSEOWICZ, Grażyna GRYGLEWICZ

Department of Process Engineering and Technology of Polymer and Carbon Materials,
Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology, Gdańska 7/9, Wrocław, Poland

katarzyna.gajewska@pwr.edu.pl

Keywords: reduced graphene oxide aerogel, nitrogen doping, hybrid symmetric supercapacitors

Abstract

Supercapacitors have attracted the attention of researchers due to advantages such as fast charge/discharge ability, high power density, and long cycling stability. However, the energy densities of available supercapacitors are much lower than those of the commercial ion batteries, consequently limiting wider application. According to equation $E = (CU^2)/2$, the energy density (E) is positively correlated with the capacitance (C) and the operating voltage (U). Thus, many efforts have been made to improve the energy density of supercapacitors, which can be achieved via an increase in capacitance and/or the broadening of the operating voltage window. For an enhancement of the capacitance value, researchers work is focused on selection, construction, and modification of electrode materials. A wide variety of carbon materials, such as activated carbon, carbon nanotubes, and reduced graphene oxide (rGO), are considered suitable electrode materials for energy storage devices. Recently, the aerogel form of rGO (rGO aero) has been extensively investigated [1]. This material combines the characteristics of rGO such as high specific surface area, good electrical conductivity, and a stable 3D structure that prevents the aggregation of graphene sheets and provides appropriate pathways for electrolyte ions and efficient charge storage. Another way to enhance the capacitance is the incorporation of heteroatoms (such as O, N, S, B) into carbon materials, which modulate the surface polarity and electronic properties of the surface, and deliver additional pseudocapacitance from Faradic reactions [2]. However, doping rarely affects the voltage window, and therefore it is important to combine the device with the suitable aqueous electrolyte capable of operating above the theoretical potential of water decomposition (1.23 V).

In this work, the hydrothermal method was applied for the preparation of the rGO aero and its nitrogen-doped analogue (N-rGO aero). The morphology, porosity, and chemical composition of obtained materials were characterized by several instrumental techniques, including SEM observations, N_2 sorption at 77 K, XPS, XRD, and TGA. The electrochemical measurements were performed in the symmetrical systems using two aqueous electrolytes: acidic (1M H_2SO_4) and acidic enriched in redox-active species of hydroquinone (1M H_2SO_4 +0.2M HQ). The use of rGO aero-based electrodes allowed for stable operation with a potential window wider (1.4 vs 1.23 V) than the theoretical potential of water decomposition. Furthermore, the incorporation of 7.4 at. % nitrogen led to a significant improvement in the electrochemical characteristics of the supercapacitor. In a device operating in 1M H_2SO_4 , replacing rGO with its nitrogen-doped analogue allowed to achieve an energy density of 14.5 Wh kg^{-1} , which is an 18% higher value compared to rGO aero. To take full advantage of the presence of nitrogen functional groups, a hydroquinone was added to the electrolyte, which resulted in an energy density of 27.0 Wh kg^{-1} , which is 31% higher than the value reported for the device based on rGO aero.

The experimental data confirm that nitrogen doping of the rGO aero and the addition of the hydroquinone to the electrolyte results in a synergistic effect, which greatly boost the electrochemical performance of the aqueous supercapacitors.

Acknowledgements

The following research was supported by a statutory activity subsidy from the Polish Ministry of Education and Science for the Faculty of Chemistry of Wrocław University of Science and Technology.

References:

1. Korkmaz S, Kariper A (2020) Journal of Energy Storage 27:1-12
2. Moyseowicz A, Gryglewicz G (2020) Electrochimica Acta 354:1-10

The Unknown Cousin of Graphene

Sonnur **KURTULUS**^a Paweł **BINKOWSKI**^a, Piotr A. **GAUDEN**^a, Jerzy P. **ŁUKASZEWICZ**^{a,b},
Piotr **KAMEDULSKI**^{a,b}

^aFaculty of Chemistry, Nicolaus Copernicus University, Gagarina 7, 87-100 Toruń, Poland;

^bCentre for Modern Interdisciplinary Technologies, Nicolaus Copernicus University, Wileńska 4, 87-100 Toruń, Poland

Multi-dimensional materials will meet the increasing needs of humanity in every field with their unique properties that make them the materials of the future [1]. Graphene is a breakthrough due to its new properties, such as thermal conductivity, high intrinsic mobility, and high electrical conductivity. After the explosion of graphene, many two-dimensional materials have attracted attention. Borophene is the most mysterious material that can form a planar structure like graphene due to its unique bond structure [2].

The experimental growth of borophene was first investigated in 1997, and the Aufbau principle was stated [3] – Fig. 1. Subsequently 2007, the planar hexagonal B₃₆ cluster was discovered by combining theory and experiment [4]. Borophene layers with different phases were grown experimentally on broad substrates of Cu(111) and Au(111) in 2019 [5]. Borophene was obtained by sonication/centrifugation method and prepared as a composite with NiO, and then high OER performance in water separation was achieved [6]. Many methods are being tried in terms of experimental studies.

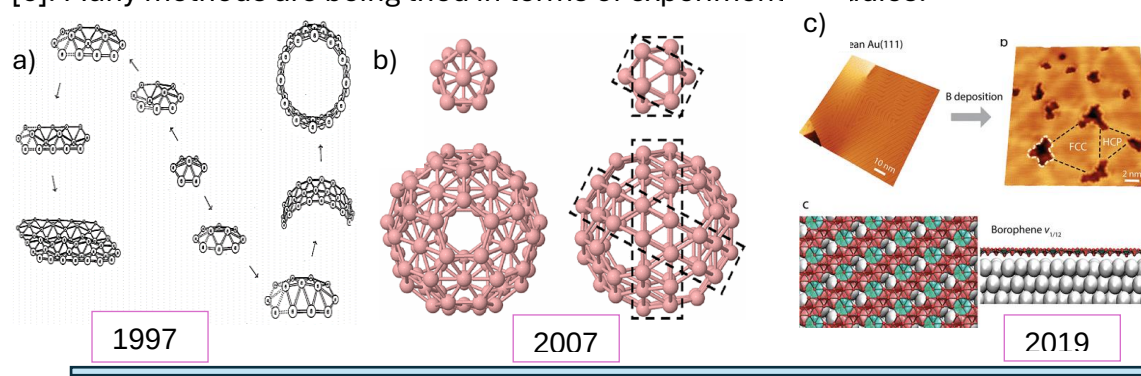


Figure 1: Major steps in the development of borophene are historical a) [3], b) [4], and c) [5].

Acknowledgments

P.K special thanks to the National Center for Research and Development (Poland) for financial support of the research (contract project nr LIDER13/0303/2022).

References

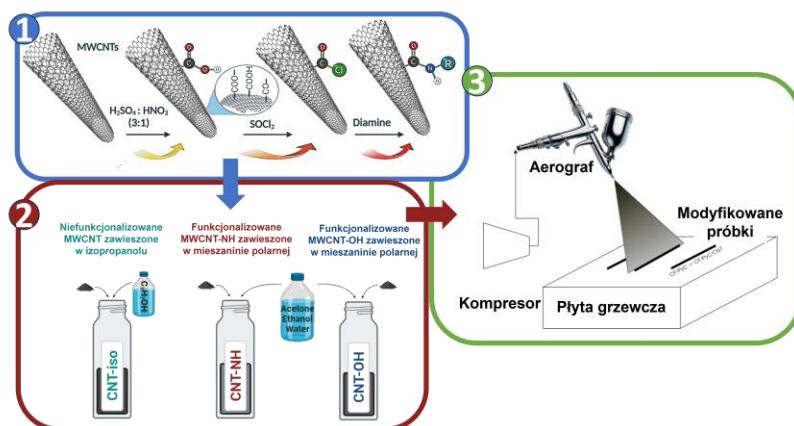
- [1] Kamedulski, P., Ilnicka, A., Lukaszewicz, J. P., Skorupska, M., *Adsorption*, 25, 631-638, 2019.
- [2] Xie, Z., Zhang, B., Ge, Y., Zhu, Y., Nie, G., Song, Y.F., Lim, C.K., Zhang, H., Prasad, P.N., *Chemical Reviews*, 122, 1127-1207, 2021.
- [3] Boustani, I., *Physical Review B*, 55, 16426, 1997.
- [4] Gonzalez Szwacki, N., Sadrzadeh, A., Yakobson, B.I., *Physical Review Letters*, 98, 166804, 2007.
- [5] Kiraly, B., Liu, X., Wang, L., Zhang, Z., Mannix, A.J., Fisher, B.L., Guisinger, N.P. *ACS Nano*, 13, 3816-3822, 2019.
- [6] Wenelska, K., Dymerska, A., Mijowska, E., *Chemical Engineering Journal*, 476, 146714, 2023.

Badanie wpływu chemicznej funkcjonalizacji wielościennych nanorurek węglowych na powierzchniową modyfikację włóknistych kompozytów węglowych

Ryszard **WIELOWSKI**¹, Marcel **ZAMBRZYCKI**¹, Maciej **GUERNAT**¹, Aneta **FRĄCZEK-SZCZYPTA**¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

Chemiczna funkcjonalizacja nanomateriałów węglowych jest szeroko wykorzystywana celem wytworzenia i/lub wprowadzenia do ich struktury oczekiwanych grup funkcyjnych oraz defektów, co w konsekwencji prowadzi do szeregu zmian końcowych właściwości otrzymywanych kompozytów [1]. Odpowiednio sfunkcjonalizowane wielościenne nanorurki węglowe (MWCNT) stanowią obiecujący materiał do modyfikacji powierzchniowej kompozytów węglowo-węglowych (C/C) wytworzonych na bazie włókien węglowych i osnowy pirolitycznej metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD). W celu oceny wpływu różnych powierzchniowych grup funkcyjnych i zróżnicowanej powierzchni właściwej na elektrochemiczną i biologiczną wydajność materiałów elektrodowych, przetestowano różne rodzaje MWCNT. Otrzymane nanomateriały i kompozyty poddano badaniom m.in. mikrostruktury, struktury, chemii powierzchni, powierzchni właściwej, właściwości elektrochemicznych oraz ocenie biologicznej *in vitro*. Wyniki wskazują, że najkorzystniejsze właściwości elektrochemiczne, w tym Gęstość ładunku powierzchniowego, wykazują próbki modyfikowane MWCNT-OH.



Rys. 1 Schemat procedury otrzymywania próbek węglowych: (1) funkcjonalizacja nanorurek węglowych, (2) przygotowanie stabilnych zawiesin, (3) modyfikacja metodą natryskiwania kompozytów C/C.

Literatura

[1] A. Benko, A. Kotarba, et al., Nanoscale, 13 (2021) 10152-10166

Podziękowania: Niniejsze badania zostały sfinansowane w ramach programu IDUB2 „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej. Identyfikator projektu 1580. Badania zostały również częściowo sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu numer: UMO-2020/39/B/ST5/02126.

Elektroprzędzone membrany z nanowłókien węglowych modyfikowane nanocząstkami metali o właściwościach antybakteryjnych

Weronika **PAZDYK-SLABY**, Ewa **STODOLAK-ZYCH**, Marcel **ZAMBRZYCKI**, Łukasz **ZYCH**,
Maciej **GUBERNAT**, Aneta **FRACZEK-SZCZYPTA**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii
Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

We współczesnym świecie ludzkość mierzy się z problemem zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w tym z koniecznością oczyszczania i uzdatniania wody. Jedną z najczęściej stosowanych metod oczyszczania wody jest filtracja membranowa. Techniki membranowe mierzą się ze zjawiskiem foulingu. Szczególnym przypadkiem zanieczyszczenia membran jest biofouling, który polega na adhezji mikro- lub makroorganizmów w kontakcie z wodą, które mogą się rozmnażać i tworzyć biofilmy. Nagromadzenie mikroorganizmów na powierzchni membrany powoduje niepożądane skutki i prowadzi do skrócenia żywotności membrany.

Nowe rozwiązania technologiczne są niezbędne do opracowania membran przeciwporostowych o wysokiej stabilności termicznej, chemicznej i mechanicznej, obojętnych dla środowiska i odpornych na degradację lub zniszczenie pod ciśnieniem wody. Ciekawym materiałem o potencjalnym zastosowaniu do produkcji membran są elektroprzędzone nanowłókna węglowe (eCNF) cechujące się niską gęstością, wysoką wytrzymałością mechaniczną, odpornością zmęczeniową, dobrą przewodnością oraz stabilnością termiczną i chemiczną. Do zalet procesu elektroprzędzenia należy jego ekonomiczność i perspektywa zastosowania na skalę przemysłową oraz możliwość dostosowania parametrów procesu, dzięki czemu otrzymujemy nanowłókna o pożądanych właściwościach.

Celem pracy było wytworzenie membran z nanowłókien węglowych (eCNF) modyfikowanych nanocząsteczkami metali o potencjalnym zastosowaniu w obszarze uzdatniania wody. Otrzymane elektroformowane nanowłókna poliakrylonitrylowe modyfikowane acetyloacetonianami Ni, Fe, Ag, Co i Cu poddano wieloetapowej obróbce termicznej. Otrzymane membrany nanokompozytowe scharakteryzowano za pomocą SEM, EDS, XPS, spektroskopii Ramana oraz określono potencjał zeta badanych próbek. Ponadto przeprowadzono test aktywności mikrobiologicznej na dwóch szczepach bakterii Gram-dodatnich (*Staphylococcus aureus*) i Gram-ujemnych (*Escherichia coli*) sprawdzając skuteczność materiałów w zapobieganiu powstawania biofilmu. Zbadano uwalnianie jonów metali i porównano wartości z wartościami normatywnymi dla wody pitnej w celu sprawdzenia bezpieczeństwa stosowania tych materiałów.

Podziękowania: Niniejsze badania zostały sfinansowane w ramach programu IDUB2 „Inicjatywa doskonałości – uczelnia badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej”. Identyfikator projektu 1580.

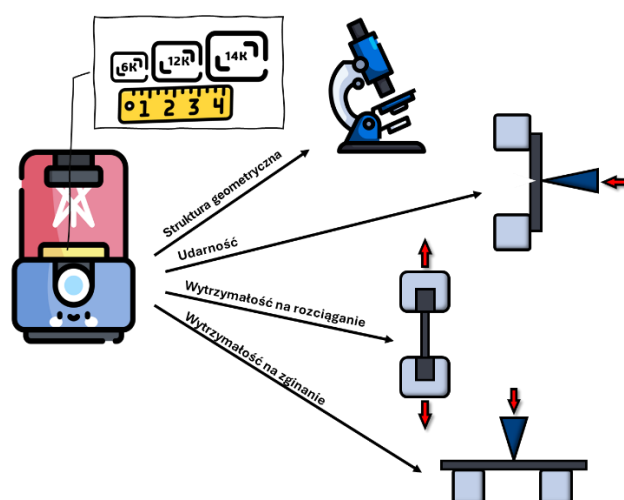
Badanie wpływu rozdzielczości matrycy drukarki na strukturę geometryczną powierzchni oraz właściwości wytrzymałościowe wydruków z żywicy fotonopolimerowych

Damian DOBROWOLSKI

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

Technologia druku 3D UV to proces wytwarzania przyrostowego, podczas którego trójwymiarowy obiekt tworzony jest poprzez selektywne utwardzanie warstw płynnej żywicy fotonopolimerowej za pomocą światła ekranu LCD o wysokiej rozdzielczości. Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów żywic fotonopolimerowych różniących się składem chemicznym i właściwościami. Niektóre z nich są przeznaczone do prototypowania, inne do produkcji funkcjonalnych części, a jeszcze inne do zastosowań biomedycznych. W dużej mierze za wygląd zewnętrzny drukowanego elementu odpowiada rozdzielczość ekranu drukarki 3D.

W ramach niniejszej pracy przeprowadzono badania mające na celu ustalenie jak rozdzielczość matrycy wpływa na strukturę geometryczną powierzchni oraz właściwości wytrzymałościowe wydruków z żywicy fotonopolimerowych. Korzystając z drukarek 3D o rozdzielczości 6K i 14K w technologii LCD oraz 8K i 12K w technologii mSLA przygotowano znormalizowane kształtki do badań właściwości wytrzymałościowych. Ponadto opracowano model dedykowany do badań struktury, który pozwala na ocenę jakości powierzchni drukowanych pod różnymi kątami. Do badań wykorzystano płynną żywicę ABS-Like Resin+ firmy ANYCUBIC. Wydrukowane kształtki poddano badaniom powierzchni metodą optyczną oraz badaniom właściwości wytrzymałościowych (udarność, próba rozciągania i próba zginania trójpunktowego).



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie programu badań realizowanych w ramach niniejszej pracy.

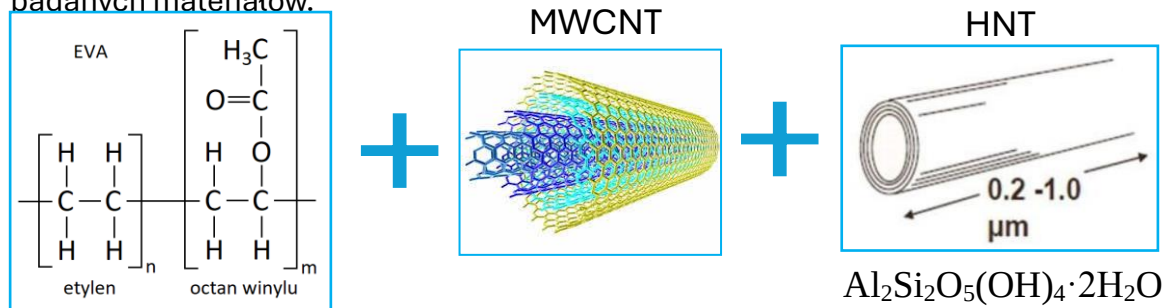
Otrzymywanie i charakterystyka nanokompozytów polimerowych z nanorurkami węglowymi i haloizytowymi

Agata **ZUBKIEWICZ**

Politechnika Morska w Szczecinie, Zakład Fizyki
Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin, Polska

Nanonapełniacze węglowe (CNT), do których zaliczają się nanorurki węglowe, posiadają szereg ciekawych właściwości i już niewielki ich dodatek do matrycy polimerowej, może mieć duże znaczenie dla cech końcowych nanokompozytu. Nanorurki węglowe mogą nie tylko polepszać właściwości mechaniczne, oraz stabilność termiczną nanokompozytu, ale również zwiększyć przewodnictwo elektryczne i ciepłe materiału [1]. Z drugiej strony interesującym nanonapełniaczem, ze względu na jego właściwości uniepalniające, termiczne oraz mechaniczne są nanorurki haloizytowe [2].

W ramach niniejszej pracy otrzymano metodą mieszania w stanie stopionym nanokompozyty oparte na kopolimerze etylenu i octanu winylu (EVA) z udziałem od 2 % mas. do 8 % mas. wielościennych nanorurek węglowych (MWCNT), nanorurek haloizytowych (HNT) lub mieszaniny ich obu (MWCNT+HNT) (Rys. 1). Oceniono wpływ dodatku MWCNT i HNT na właściwości fizykochemiczne, termiczne, mechaniczne oraz przewodnictwo elektryczne nanokompozytów. Uzyskane nanokompozyty charakteryzowały się jednorodną dyspersją nanorurek w osnowie kopolimeru EVA. Zaobserwowano istotny wpływ udziału nanonapełniaczy na właściwości mechaniczne nanokompozytów. Ponadto, przeprowadzone badania wskazują na występowanie pozytywnego efektu synergicznego objawiającego się w polepszonych właściwościach mechanicznych nanokompozytów hybrydowych. Obecność MWCNT przyczyniła się do zwiększonej przewodności elektrycznej badanych materiałów.



Rys. 1 Schemat otrzymywania badanych nanokompozytów polimerowych.

Literatura

1. M. Moniruzzaman, K. I. Winey, *Macromolecules* (2006) 39, 5194-5205.
2. K. Kelar, E. K. Mencil, *Przetwórstwo Tworzyw* (2013) 3, 187-190.

Wykorzystanie modeli uczenia maszynowego do predykcji właściwości kopolimerów z rodziny estrowo-eterowych elastomerów termoplastycznych

Patryk FISZER

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

Kopolimery są jednymi z rodzajów polimerów, których łańcuchy zawierają dwa lub więcej rodzajów merów. Jednym z głównych powodów ich wykorzystywania są specyficzne właściwości fizyczne, których nie posiadają homopolimery zbudowane z merów tego samego rodzaju.

Aby znaleźć zastosowanie dla nowopowstałego kopolimeru, ważnym krokiem jest wykonanie badań w celu określenia jego właściwości. Niektóre badania niestety są czasochłonne, kosztowne, a do ich przeprowadzenia konieczny jest wykwalifikowany personel. Do tego typu analiz można zaliczyć techniki takie jak:

- Różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC): technika termoanalityczna stosowana do badania zachowania materiału pod wpływem zmiany temperatury. Badanie jest czasochłonne z powodu małej prędkości zwiększania i zmniejszania temperatur.
- Próba rozciągania: jedno z podstawowych badań wytrzymałościowych, które polega na osiowym rozciąganiu wcześniej wytworzonej próbki o znormalizowanych wymiarach, ze stałą prędkością do momentu jej zerwania. Do badania tego potrzebna jest maszyna wytrzymałościowa, która jest droгим wyposażeniem.

Niniejsza praca skupia się na zbadaniu możliwości wykorzystania modeli uczenia maszynowego, takich jak: regresja wielomianowa/liniowa, sieci neuronowe, metoda k-średnich oraz modele mieszanin Gaussa (GMM) do określania właściwości kopolimerów PBT-b-PTMO o zróżnicowanej zawartości segmentu giętkiego PTMO.

Metodą polikondensacji w stanie stopionym wytworzono 8 kopolimerów o zawartości PTMO od 10% wag. do 80% wag. Zsyntezowane materiały poddano następującym badaniom: DSC, badanie gęstości, badanie twardości, statyczna próba rozciągania. Wybrane właściwości, takie jak moduł sprężystości, gęstość i twardość wykorzystano w celu określenia innych właściwości, powiązanych z pozostałymi badaniami.

Modele uczenia maszynowego pozwoliły na przewidywanie niektórych właściwości kopolimerów bez wykonywania skomplikowanych i czasochłonnych badań.

Materiały stosowane na ekrany półprzewodzące w kablach energetycznych średniego i wysokiego napięcia

Paweł **LESIAK**^{1,2}, Sandra **PASZKIEWICZ**¹

¹Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Technologii Materiałowych, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

²Tele-Fonika Kable S.A., Fabryka Bydgoszcz, Bydgoszcz ul. Fordońska 152, 85-957 Bydgoszcz, Polska

Obecne trendy w transformacji energetycznej przynoszą wiele wyzwań dla sektora energetycznego. Coroczne globalne inwestycje w sektor energetyczny to około 2 bln. dolarów. Wymagania odnośnie zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych przy jednoczesnym coraz większym zapotrzebowaniu na energię elektryczną zmuszają poszczególne gałęzie sektora energetycznego do ciągłego rozwoju [1]. Ogromne wyzwania wymagają ciągłego rozwijania technologii produkcji kabli elektroenergetycznych oraz materiałów niezbędnych do produkcji tych kabli. Dwoma podstawowymi komponentami kabla elektroenergetycznego jest żyła robocza wykonana zazwyczaj z aluminium lub miedzi której zadaniem jest przesył energii elektrycznej oraz układ izolacyjny. Rolą ekranu półprzewodzącego jest sterowanie liniami pola elektromagnetycznego. Materiałami powszechnie stosowanymi na ekrany półprzewodzące są usieciowany polietylen (XLPE), kauczuk etylenowo-propylenowy (EPR), a jednym z przyszłościowych materiałów jest polipropylen (PP). Dlatego też w niniejszej pracy zostaną zaprezentowane kable z układem izolacyjnym wykonanym z polipropylenu, które będą mogły pracować w wyższych niż dotychczas stosowanych temperaturach, co pozwoli na zwiększenie obciążalności prądowej. Kolejnym ważnym aspektem będzie podkreślenie aspektu środowiskowego wynikającego z wykorzystania PP, zamiast np. XLPE, który jest nie tylko w pełni recyklingowalny i zmniejsza ilość generowanych odpadów, ale też umożliwia ograniczenie emisji CO₂, co wpływa pozytywnie na środowisko naturalne.



Rys. 1 Budowa kabla elektroenergetycznego.

Literatura

1. A.T. Worzyk "Submarine Power Cable", Springer (2009)

Development of polyethylene-based polymer composites filled with submicro- and nano-sized carbon materials toward electronic applications

Marcin GODZIERZ, Urszula SZELUGA, Anastasiia KOBLYUKH, Yevheniia BUINOVA

Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, Curie-Skłodowskiej 34 str., 41-819, Zabrze

mgodzierz@cmpw-pan.pl

Keywords: conductive polymer composites, carbon nanomaterials, thermistors, strain sensors

Abstract

Conductive polymer composites, as a semiconductor-like conductive material, have received extensive attention in recent decades¹. A wide range of polymer matrices has been studied, similarly to the wide range of conductive fillers¹. Especially interested as a composite matrix is polyethylene²⁻⁴, due to its high availability, dielectric nature and thermal stability suitable for electronic applications. Various nanomaterials, including graphene nanoplatelets¹, carbon nanotubes¹, carbon nanofibers¹, but also carbon black³ and others, have been explored as carbon fillers for these types of composites^{2,4}. The fabrication procedure of composites has a critical impact on their final properties, mostly due to the reinforcement dispersion in the polymer matrix. Typically, a large amount of randomly dispersed filler is needed to achieve the electrical conductivity of the composite. One of the most promising ways to achieve conductivity at lower filler concentrations is to create a segregated filler system, as was described by Mamunya et al.^{5,6}. This fabrication method allows to create interpenetrating phase composites, with interconnected filler particles. Such composites can be used in a different way than those with random dispersion of reinforcement^{2,5,6}.

The main objective of this study was to evaluate the potential of polyethylene-based polymer composites with different carbon fillers for electronic applications. One of the most interesting applications of such composites is temperature sensing^{7,8} due to the ability to achieve ‘critical temperature resistor’ (CTR) behavior⁹.

Another application investigated was the possibility of using such composites as a strain sensing element, which will be embedded into a welded joint. The possibility of electrofusion welding using such composites was presented earlier³, but the stability of the conductive path during polymer re-melting has not been investigated.

The presented results show that proper design of composite material will allow to meet criteria for electronic applications, including CTR thermistors and embedded strain sensors in welded joints.

Acknowledgements

The research was partially realized within the Joint Polish–Ukrainian Research Laboratory on Advanced Polymers and Composites (ADPOLCOM) and Polish–Ukrainian (PAN-NASU) joint project “Development of modern polymer nanocomposites with various graphene-like carbon nanofillers”.

References:

1. W. Chiappim, M. A. Fraga, H. Furlan, D. C. Ardiles, R. S. Pessoa, *Microsyst. Technol.* **0123456789**, 1561–1580 (2022).
2. O. Maruzhenko, Y. Mamunya, G. Boiteux, S. Pusz, U. Szeluga, S. Pruvost, *Int. J. Heat Mass Transf.* **138**, 75–84 (2019).
3. R. Kolisnyk, M. Korab, M. Iurzhenko, O. Masiuchok, Y. Mamunya, *J. Appl. Polym. Sci.* **138**, 1–10 (2021).
4. P. Olesik, M. Godzierz, M. Kozioł, J. Jafa, U. Szeluga, J. Myalski, *Materials (Basel)*. **14**, 1–10 (2021).
5. Y. Mamunya, A. Boudenne, N. Lebovka, L. Ibos, Y. Candau, M. Lisunova, *Compos. Sci. Technol.* **68**, 1981–1988 (2008).
6. Y. P. Mamunya, *J. Macromol. Sci., Part B Phys.* **B38**, 615–622 (1999).
7. K. S. Karimov, M. T. S. Chani, F. A. Khalid, *Phys. E Low-Dimensional Syst. Nanostructures*. **43**, 1701–1703 (2011).
8. B. F. Monea, E. I. Ionete, S. I. Spiridon, D. Ion-Ebrasu, E. Petre, *Sensors (Switzerland)*. **19** (2019), doi:10.3390/s19112464.
9. H. Futaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* **4**, 28 (1965).

Lista uczestników, Szczecin 2024

Imię i Nazwisko	Instytucja
Anna BOCHKOWSKA , Prof. dr hab. inż.	POLITECHNIKA WARSZAWSKA , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa anna.boczkowska@pw.edu.pl
Renata CHYLIŃSKA , Dr inż	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin renata.chylińska@zut.edu.pl
Damian DOBROWOLSKI , Inż.	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin dd46743@zut.edu.pl
Patryk FISZER , Inż.	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin fiszer_patryk@zut.edu.pl
Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA , Dr hab. inż., prof. AGH	AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków afraczek@agh.edu.pl
Katarzyna GAJEWSKA , Mgr inż.	POLITECHNIKA WROCŁAWSKA , Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław katarzyna.gajewska@pwr.edu.pl
Marcin GODZIERZ , Dr inż.	CENTRUM MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH I WĘGLOWYCH Polskiej Akademii Nauk ul. M. Curie-Skłodowskiej 34 Str., 41-819 Zabrze mgodzierz@cmpw-pan.pl
Maciej GUBERNAT , Dr inż.	AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków maciej.gubernat@agh.edu.pl
Izabela IRSKA , dr	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin izabela.irska@zut.edu.pl
Mateusz KEMPIŃSKI , Dr hab., prof. UAM	UNIWERSYTET ADAMA MICKIEWICZA , Wydział Fizyki i Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytetu, ul. Umultowska 85, 61-614 Poznań, matt@amu.edu
Sonnur KURTULUS , Mgr inż.	UNIWERSYTET MIKOŁAJA KOPERNIKA , Wydział Chemii, Katedra Chemii Materiałów, Adsorpcji i Katalizy, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

	503598@doktorant.umk.pl
Paweł LESIAK , Mgr inż.	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin TELE-FONIKA KABLE S.A. , Fabryka Bydgoszcz ul. Fordońska 152, 85-957 Bydgoszcz pawel.lesiak@tfkable.com
Sandra PASZKIEWICZ , Dr hab. inż., prof. ZUT	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin sandra.paszkievicz@zut.edu.pl
Weronika PAZDYK-SLABY , Mgr inż.	AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków wpazdyk@agh.edu.pl
Elżbieta PIESOWICZ , Dr hab. inż., prof. ZUT	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin senel@zut.edu.pl
Piotr SKOWRON , Dr inż.	INSTYTUT KATALIZY I FIZYKOCHEMII POWIERZCHNI IM. JERZEGO HABERA PAN W KRAKOWIE , ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków piotr.skowron@ikifp.edu.pl
Konrad WALKOWIAK , Mgr inż.	ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE , Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin wk42388@zut.edu.pl
Ryszard WIELOWSKI , Mgr inż.	AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków rwielows@agh.edu.pl
Agata ZUBKIEWICZ , Mgr inż.	POLITECHNIKA MORSKA W SZCZECINIE , Zakład Fizyki Wały Chrobrego 1/2, 70-500 Szczecin a.zubkiewicz@pm.szczecin.pl