

**XVI Konferencja Naukowo-Techniczna**

**MATERIAŁY WĘGLOWE I KOMPOZYTY  
POLIMEROWE**

**NAUKA - PRZEMYSŁ' 2025**

**8 - 11 kwietnia 2025r.**

**USTRÓŃ – Jaszowiec, Pensjonat JAWOR**

## ORGANIZATORZY



- Polskie Towarzystwo Węglowe
- Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Materiałów Polimerowych w Toruniu, Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach
- Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Kraków
- Sekcja Węglowa przy ZG Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego

### PATRONAT NAD KONFERENCJĄ OBJĘLI:

- Komitet Inżynierii Materiałowej i Metalurgii PAN, Sekcja Materiałów Niemetalowych



- Polskie Towarzystwo Materiałów Kompozytowych



PATRONAT WSPIERAJĄCY KONFERENCJĘ - Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o

### PATRONAT MEDIALNY CZASOPISM:

**przemysł  
chemiczny**



**ISBN: 978-83-63555-65-8**

**Opracowanie: dr inż. Lidia Kurzeja**

**Wydawca: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń**

## **CEL I TEMATYKA KONFERENCJI**

Jest to cykliczna, coroczna konferencja Naukowo-Techniczna, której celem jest prezentacja aktualnych wyników badań i tendencji dalszego rozwoju w zakresie otrzymywania, badania i zastosowania materiałów węglowych i kompozytów polimerowych oraz surowców do ich wytwarzania.

**Celem organizatorów jest stworzenie forum do wymiany poglądów i doświadczeń oraz zwiększenie integracji pomiędzy środowiskiem naukowym i przemysłem.**

## KOMITET NAUKOWY

### Przewodnicząca:

**Dr hab. inż. prof. AGH, Aneta FRĄCZEK- SZCZYPTA**

AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów,  
Kraków; Prezes Polskiego Towarzystwa Węglowego

### V-ce przewodniczący

- **Prof. dr hab. inż. Anna BOCZKOWSKA**, Politechnika Warszawska,  
Dziekan Wydziału Inżynierii Materiałowej,
- **Dr inż. Mariola BODZEK- KOCHEL**, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut  
Materiałów Polimerowych w Toruniu, Dyrektor Centrum Farb i Tworzyw  
w Gliwicach
- **Dr hab. Paweł SZROEDER**, prof. UKW, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w  
Bydgoszczy, dziekan Wydziału Fizyki, v-ce prezes PTW

### Członkowie:

- Prof. dr hab. inż. Stanisław **BŁAŻEWICZ**, PTW, AGH, Kraków
- Prof. dr hab. Elżbieta **FRĄCKOWIAK**, Politechnika Poznańska, Wydział Technologii  
Chemicznej, członek PAN
- Mgr inż. Grzegorz **ROGOWSKI**, V-ce Prezes Zarządu Tokai Cobex Polska Sp. z o.o.,  
Dyrektor Zakładu w Raciborzu
- Prof. dr hab. inż. Grażyna **GRYGLEWICZ**, Politechnika Wrocławska, Wydział  
Chemiczny
- doc. dr hab. inż. Ewa **LORENC-GRABOWSKA**, Politechnika Wrocławska, Wydział  
Chemiczny
- Dr inż. Lidia **KURZEJA**, PTW, SITPChem
- Mgr inż. Jacek **OGÓREK**, Tokai Cobex Polska Sp. z o.o., Racibórz, v-ce prezes PTW
- Dr Marlena **MAŚLANKA**, Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów  
Polimerowych, Dyrektor Instytutu
- Prof. dr hab. inż. Jerzy **MYALSKI**, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii  
Materiałowej
- Prof. dr hab. Robert **PIETRZAK**, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
Prodziekan Wydziału Chemii, prezes PTChem
- Doc. dr hab. inż., Urszula **SZELUGA**, prof. PAN, Centrum Materiałów Polimerowych  
i Węglowych PAN w Zabrze, Dyrektor ds. naukowych
- Dr hab. Andrzej **SWINAREW**, prof. UŚ, AWF, Uniwersytet Śląski, Katowice

### KOMITET ORGANIZACYJNY

**dr inż. Lidia Kurzeja - Przewodnicząca**

dr hab. Mateusz Kempieński, prof. UAM, Poznań

dr inż. Ewa Langer, Sieć Badawcza Łukasiewicz –Instytut  
Materiałów Polimerowych

dr hab. Mirosława Pawłyta, prof. Pol. Śl.

mgr inż. Grażyna Król, SITPChem Gliwice

## PROGRAM RAMOWY

### 8 kwietnia (wtorek)

16.00 ---	Rejestracja
18.00 ---	Kolacja

### 9 kwietnia (środa)

8.00 - 10.00	Rejestracja, Śniadanie
10.00 - 10.10	Otwarcie Konferencji
10.10 - 11.40	Referaty, komunikaty, dyskusja
11.40 - 12.00	Przerwa
12.00 - 13.20	Referaty, komunikaty, dyskusja
13.20 - 15.00	Obiad
15.00 - 17.00	Referaty, komunikaty, dyskusja
17.00 - 17.20	Przerwa
17.20 - 18.20	Referaty, komunikaty, dyskusja Prezentacja firm
<b>19.30</b>	<b>Spotkanie integracyjne przy muzyce</b>

### 10 kwietnia (czwartek)

8.00 - 9.00	Śniadanie
9.00 - 11.00	Referaty, komunikaty, dyskusja
11.00 - 13.10	SESJA POSTEROWA
13.10 - 15.00	Obiad
15.00 - 17.10	Prezentacja firm
17.10 - 18.30	<b>Zebranie Zarządu i Komisji Rewizyjnej PTW</b>
<b>20.00</b>	<b>Uroczysta kolacja i wręczenie dyplomów</b>

### 11 kwietnia (piątek)

8.00 - 9.00	Śniadanie
9.00 - 11.30	Referaty, komunikaty, dyskusja
11.30 - 12.00	Dyskusja i Zakończenie konferencji
12.00	Obiad

ŚRODA, 9 kwietnia 2025 r.

10.00 -10.10 OTWARCIE KONFERENCJI

dr hab. inż., prof. AGH Aneta FRĄCZEK- SZCZYPTA

10.10 - 11.40 sesja I

**OTRZYMYWANIE MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH I ICH BADANIE**

Grażyna GRYGLEWICZ

Str.  
17

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NITROGEN-DOPED REDUCED GRAPHENE OXIDES

*Department of Process Engineering and Technology of Polymer and Carbon Materials, Faculty of Chemistry,*

---

Daria MINTA, Dominika ALBIN, Grażyna GRYGLEWICZ

KOMPOZYTY ZREDUKOWANEGO TLENKU GRAFENU Z TLENKAMI MANGANU JAKO ELEKTROCHEMICZNE CZUJNIKI DOPAMINY

18

*Katedra Inżynierii Chemicznej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska*

---

Sylwester FURMANIAK<sup>1</sup>, Piotr KOWALCZYK<sup>2</sup>, Piotr A. GAUDEN<sup>3</sup>

19

MODELOWANIE NANOSTRUKTUR WĘGLOWYCH Z WIĘZAMI GEOMETRYCZNYMI

*<sup>1</sup>Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, Polska; <sup>2</sup>School of Mathematics, Statistics, Chemistry, and Physics, Murdoch University, Perth, Australia; <sup>3</sup>Zespół Modelowania i Charakterystyki Nanomateriałów, Wydział Chemii; Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska*

---

Paweł SZROEDER<sup>1</sup>, Przemysław ZIÓŁKOWSKI<sup>1</sup>, Ihor SAHALIANOV<sup>2</sup>

20

ABOUT ELECTRONS AND HOLES IN SP<sup>2</sup>-BONDED CARBON ELECTROCATALYSTS

*<sup>1</sup> Faculty of Physics, Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, 85-090, Poland; <sup>2</sup>Department of Science and Technology, Linköping University, Norrköping, SE-60174, Sweden*

---

11.40-12.00 PRZERWA

Przewodnicząca: prof. dr hab. inż. Grażyna GRYGLEWICZ

**CHARAKTERYSTYKA I ZASTOSOWANIE MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH I POLIMEROWYCH**

Matthew IRVINE<sup>1</sup>, John IRVINE<sup>1</sup>, Mirka PAWLYTA<sup>1,2</sup>

TEM ANALYSIS OF TIN-DOPED HARD CARBON ELECTRODES

21

<sup>1</sup> University of St Andrews, St Andrews, United Kingdom

<sup>2</sup> Silesian University of Technology, Gliwice, Poland

---

Anna GAWRON<sup>1</sup>, Marcin GODZIERZ<sup>1</sup>, Paweł WRÓBEL<sup>1,2</sup>, Klaudia KURTYKA<sup>1</sup>, Urszula SZELUGA<sup>1</sup>

SYNTEZA MATERIAŁÓW HYBRYDOWYCH ZnO/NANORURKI WĘGLOWE DO ZASTOSOWAŃ W DETEKЦИИ GLUKOZY

22

<sup>1</sup>Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk, Zabrze, <sup>2</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz - PORT  
Polski Ośrodek Rozwoju Technologii Wrocław

---

Darinka CHRISTOVA<sup>1</sup>, Joanna RYDZ<sup>2</sup>, Silvia BOZHILOVA<sup>1</sup>, Mariela ALEXANDROVA<sup>1</sup>, Henryk JANECZEK<sup>2</sup>, Marta MUSIOŁ<sup>2</sup>

23

POLY(VINYL ALCOHOL) COPOLYMER ARCHITECTURES – SYNERGY OF VERSATILE MATERIAL PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL COMPLIANCE

<sup>1</sup>Institute of Polymers, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria; <sup>2</sup>Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, Zabrze

---

Marta MUSIOŁ<sup>1</sup>, Joanna RYDZ<sup>1</sup>, Henryk JANECZEK<sup>1</sup>, Jacek ANDRZEJEWSKI<sup>2</sup>, Krzysztof MUSIOŁ<sup>3</sup>, Marek KOWALCZUK<sup>1</sup>

24

BIOWĘGIEL JAKO DODATEK O DZIAŁANIU OBNIŻAJĄCYM REZYSTYWNOŚĆ POWIERZCHNIOWĄ W KOMPOSTOWALYCH KOMPOZYTACH

<sup>1</sup>Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk, Zabrze; <sup>2</sup> Wydział Inżynierii Mechanicznej Instytut Technologii Materiałów, Politechnika Poznańska; <sup>3</sup> Wydział Elektryczny/Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki, Politechnika Śląska, Gliwice

**15.00 – 17.00 SESJA III**

**Przewodnicząca: prof. dr hab. inż. Anna BOCZKOWSKA**

**KOMPOZYTY WĘGLOWE I POLIMEROWE. OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE  
BADANIA REALIZOWANE W RAMACH PROGRAMU LIDER**

Maciej GUBERNAT

**BADANIA NAD OTRZYMYWANIEM ORAZ WERYFIKACJA ODPORNOŚCI EROZYJNEJ DYSZY KOMPOZYTOWEJ  
HYBRYDOWEGO SILNIKA RAKIETOWEGO DO ZASTOSOWAŃ KOSMICZNYCH**  
*Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie*

**25**

Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Zuzanna ULIASZ<sup>1</sup>, Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Rafał STANIK<sup>2</sup>, Maik GUDE<sup>2</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>

**WPŁYW GRAFITU NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CFRP NA BAZIE TERMOPLASTYCZNEJ ŻYWICY ELIUM®  
MODYFIKOWANEJ SWNCT**

<sup>1</sup>*Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa*

<sup>2</sup>*Instytut Konstrukcji Lekkich i Technologii Polimerów, Uniwersytet Techniczny w Dreźnie, Drezno, 01307, Niemcy*

**26**

Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Bogna SZTORCH<sup>2</sup>, Paulina KOZERA<sup>1</sup>, Zuzanna KRAWCZYK-BORYSIAK<sup>3</sup>, Kamil  
MAJCHROWICZ<sup>1</sup>, Robert Edward PRZEKOP<sup>2</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>

**POLIMEROWE KOMPOZYTY WZMACNIANE WŁÓKNEM WĘGLOWYM O PODWYŻSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH  
MECHANICZNYCH I ELEKTRYCZNYCH**

<sup>1</sup>*Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej;* <sup>2</sup>*Centrum Zaawansowanych Technologii, ul.  
Uniwersytetu Poznańskiego;* <sup>3</sup>*Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny*

**27**

Piotr MADRY, Paulina KOZERA, Szymon DEMSKI, Kamil DYDEK, Katarzyna ZIĘTKOWSKA, Tomasz CYGAN,  
Michał KUBIŚ

**WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH NA BAZIE ODPADÓW CERAMICZNYCH I RECYKLATÓW**  
*Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa*

**28**

Sandra PASZKIEWICZ<sup>1,2</sup>, Kamila SAŁASIŃSKA<sup>3</sup>, Mateusz BARCZEWSKI<sup>4</sup>, Zaida ORTEGA<sup>5</sup>, Elżbieta PIESOWICZ<sup>1,2</sup>,  
Izabela IRSKA<sup>1</sup>, Konrad WALKOWIAK<sup>1</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>3</sup>, Jacek ANDRZEJEWSKI<sup>4</sup>, Magdalena JURCZYK  
KOWALSKA<sup>3</sup>, Marcin BOROWICZ<sup>6</sup>, Joanna PACIOREK-SADOWSKA<sup>6</sup>, Katarzyna POKWICKA-CROUCHER<sup>2</sup>

**PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA KOMPOZYCJE NA BAZIE RECYKLATÓW ZAWIERAJĄCE DWA UKŁADY  
UNIEPALNIAJĄCE DEDYKOWANE DO PRZEMYSŁU MOTORYZACYJNEGO**

<sup>1</sup>*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie;* <sup>2</sup>*ECOPOLPLAST sp. z o.o., Lębork;* <sup>3</sup>*Politechnika  
Warszawska;* <sup>4</sup>*Politechnika Poznańska;* <sup>5</sup>*Universidad de las Palmas de Gran Canaria, C. Juan de Quesada, 30,  
Canaria, Hiszpania;* <sup>6</sup>*Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy*

**29**

**417.00 - 17.20 PRZERWA**

**17.20 - 18.20 SESJA IV**

Przewodnicząca: prof. dr hab. inż. Anna BOCZKOWSKA

**PROGRAM LIDER - POSTERY ORAZ ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW POLIMEROWO-WĘGLOWYCH**

	Nr posteru
Aleksandra ŚCIGAŁA <sup>1</sup> , Piotr MADAJSKI <sup>1</sup> , Sonnur KURTULUŞ <sup>1</sup> , Andrzej OLEJNICZAK <sup>1</sup> , Paweł BINKOWSKI <sup>1</sup> , Julia PACHNIEWSKA <sup>1</sup> , Mateusz SZTYLER <sup>1</sup> , Piotr GAUDEN <sup>1</sup> , Piotr KAMEDULSKI <sup>1,2</sup> NANOMATERIAŁY HYBRYDOWE OPARTE NA GRAFENIE 3D i CELULOZIE: SYNTEZA, WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIA	1
Julia PACHNIEWSKA <sup>1</sup> , Piotr KAMEDULSKI <sup>1,2</sup> , Piotr GAUDEN <sup>1</sup> MATERIAŁY WĘGLOWE AKTYWOWANE ZnCl <sub>2</sub> :WŁAŚCIWOŚCI I PERSPEKTYWY	2
Ryszard WIELOWSKI <sup>1</sup> , Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA <sup>1</sup> , Zofia KUCIA <sup>2</sup> , Maciej GUBERNAT <sup>1</sup> BADANIA NAD WPŁYWEM OBRÓBKI TERMICZNEJ WŁÓKIEN WĘGLOWYCH NA SKUTECZNOŚĆ USUWANIA EPOKSYDOWEJ PREPARACJI (SIZINGU) ORAZ NA STAN POWIERZCHNI WŁÓKNA	15
Katarzyna JANCZAK <sup>1</sup> , Daria LISEWSKA <sup>1</sup> , Alicja MAZURYK <sup>1</sup> , Oksana KRASINSKA <sup>1</sup> , Lauren SZYMAŃSKA <sup>1</sup> BIOPRODUKT PRZYSPIESZAJĄCY ROZKŁAD BIODEGRADOWALNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH W KOMPOŚCIE – PROJEKT POL-KOMP	26
Katarzyna JANCZAK <sup>1</sup> , Alicja MAZURYK <sup>1</sup> , Daria LISEWSKA <sup>1</sup> , Oksana KRASINSKA <sup>1</sup> , Lauren SZYMAŃSKA <sup>1</sup> INNOWACYJNY BIOPRODUKT JAKO ROZWIĄZANIE WSPIERAJĄCE BIODEGRADACJĘ PLA W WARUNKACH KOMPOSTOWANIA. PROJEKT POL-KOMP	27
Katarzyna JANCZAK <sup>1</sup> , Oksana KRASINSKA <sup>1</sup> , Alicja MAZURYK <sup>1</sup> , Daria LISEWSKA <sup>1</sup> , Lauren SZYMAŃSKA <sup>1</sup> INNOWACYJNY KOMPOZYT SKROBIOWY JAKO NOŚNIK MIKROORGANIZMÓW I SUBSTANCJI AKTYWNYCH W PROCESIE KOMPOSTOWANIA. PROJEKT POL-KOMP	28
Regina JEZIÓRSKA, Agnieszka SZADKOWSKA, Ewa SPASÓWKA-KUMOSIŃSKA STRUCTURE-PROPERTIES RELATIONSHIPS OF SILICA-GRAPHENE AEROGEL MODIFIED POLYAMIDE	str. 30
<i>Łukasiewicz Research Network – Industrial Chemistry Institute, Warszawa</i>	
PREZENTACJA FIRM Justyna DZIADOSZ Firma NOMA RESINS sp. z o.o.	str. 31
Piotr SAFERNA TECHPLAST, Andrychów	str. 32

**19.30 ----- SPOTKANIE INTEGRACYJNE PRZY MUZYCE**

CZWARTEK, 10 kwietnia 2025 r.

9.00- 11.00 SESJA V

Przewodniczący: prof. dr hab. Robert PIETRZAK

**KOMPOZYTY POLIMEROWO-WĘGLOWE, OTRZYMYWANIE, BADANIE I ZASTOSOWANIE**

Anna KŁECZEK<sup>1</sup>, Jadwiga GABOR<sup>1</sup>, Artur SOWIŃSKI<sup>1</sup>, Jarosław PALUCH<sup>2</sup>, Robert KWIATKOWSKI<sup>3</sup>, Andrzej SWINAREW<sup>1,4</sup> 33

APPLICATION OF ADVANCED CARBON MATERIALS IN THE DIAGNOSIS OF UPPER RESPIRATORY TRACT CANCERS

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology, University of Silesia, Chorzów; <sup>2</sup> Department of ENT, Faculty of Medical Sciences, Medical University of Silesia, Katowice; <sup>3</sup> Radiotherapy Department, Katowice Oncological Center, Katowice; <sup>4</sup> Institute of Sport Science, The Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education, Katowice

Ryszard WIEŁOWSKI<sup>1</sup>, Marcel ZAMBRZYCKI<sup>1</sup>, Krystian SOKOŁOWSKI<sup>2</sup>, Agata CZUK<sup>3</sup>, Karol GRYŃ<sup>1</sup>,  
Maciej GUBERNAT<sup>1</sup>, Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA<sup>1</sup> 34

OCENA TRWAŁOŚCI I STABILNOŚCI KOMPOZYTÓW WĘGLOWYCH NA BAZIE PIROWĘGLA I  
FUNKCJONALIZOWANYCH NANORUREK WĘGLOWYCH W SYMULOWANYCH WARUNKACH STARZENIA  
JAKO POTENCJALNYCH MATERIAŁÓW ELEKTRODOWYCH W TERAPII GŁĘBOKIEJ STYMULACJI MÓZGU

<sup>1</sup>AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów; <sup>2</sup>AGH Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii; Zakład Nanoinżynierii Powierzchni i Biomateriałów; <sup>3</sup>AGH Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Weronika PAZDYK-SŁABY, Ewa STODOLAK-ZYCH, Dariusz ZIENTARA, Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA 35

CHARAKTERYSTYKA ELEKTROPRZĘDZONYCH NANOKOMPOZYTÓW WĘGLOWO-CERAMICZNYCH CNFS-SIC DO  
OCZYSZCZANIA WODY

AGH w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

Magdalena GACA, Magdalena LIPIŃSKA 36

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I LEPKOSPĘŻYSTE KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH ZAWIERAJĄCYCH NAPEŁNIACZE  
WĘGLOWE

Institut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka

Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Olga OLEJNIK<sup>1</sup>, Magdalena JURCZYK-KOWALSKA<sup>2</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>2</sup> 37

BADANIE ODPORNOŚCI NA ŚCIERANIE POWLEKANYCH TEKSTYLNYCH MATERIAŁÓW OCHRONNYCH ZAWIERAJĄCYCH  
DODATKI WĘGLOWE ORAZ DODATKI ANTYŚCIERNE

<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy- Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej, Łódź;  
<sup>2</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska,

11.00- 13.10 SESJA V    SESJA POSTEROWA    11.00 - 12.10 postery nr 1 - 17  
12.10 - 13.10 postery nr 18 - 34  
13.10 - 15.00    OBIAD

**15.00 - 17.10 SESJA VI**

Przewodniczący: prof. dr hab. inż. Stanisław BŁAŻEWICZ

**PREZENTACJA FIRM, ochrona pracy**

Krzysztof BUDZYŃSKI

**FIRMA MOULD - PRODUCENT FORM I KOMPOZYTÓW**

*Firma MOULD, Gliwice*

**38**

---

Jerzy MISKÓW

**APLIKATORY DO ŻYWIC**

*PHENIX EQUIPMENT POLSKA,*

**39**

---

Damian GRZYWIŃSKI

**PREZENTACJA APARATÓW DO BADANIA MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH ORAZ STAŁYCH, SYPKICH I PÓLPŁYNNYCH I RÓŻNEGO RODZAJU KOMPOZYTÓW**

*Anton PAAR Sp. Z o.o. Poland, Warszawa*

**40**

---

Piotr ZAJĄCZKOWSKI

**JAK PRZECHWYTYWANIE OBRAZU MOŻE USPRAWNIĆ ANALIZĘ TERMICZNĄ (REAL VIEW)**

*APInstrument, Warszawa*

**41**

---

Paulina KROPIDŁOWSKA<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Klaudia Halicka<sup>1</sup>, Aneta RASZKOWSKA-KACZOR<sup>2</sup>, Daniel KACZOR<sup>2</sup>, Paweł SZROEDER<sup>3</sup>

**42**

**OCENA PARAMETRÓW OCHRONNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH ZAWIERAJĄCYCH DODATKI WĘGLOWE**

*<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej, Warszawa; <sup>2</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń; <sup>3</sup>Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz*

---

**17.10 - 18.30 - ZEBRANIE ZARZĄDU I KOMISJI REWIZYJNEJ PTW**

**20.00 - - UROCZYSTA KOLACJA I WRĘCZENIE DYPLOMÓW**

PIĄTEK, 11 kwietnia 2025 r.

9.00- 11.30 SESJA VII

Przewodniczący: dr hab. inż., prof. UŚ Andrzej SWINAREW

**KOMPOZYTY POLIMEROWE I WEGLOWE OTRZYMYWANIE, RECYKLING, ZASTOSOWANIE DO OCHRONY ŚRODOWISKA**

Krzysztof BAJER, Volodymyr KRASINSKYI, Aneta RASZKOWSKA-KACZOR, Oksana KRASIŃSKA, Daniel KACZOR, Lauren SZYMAŃSKA

43

KOMPOZYTY POLIMEROWE JAKO ALTERNATYWA ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW Z FARM WIATROWYCH

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń*

---

Karolina STANKIEWICZ, Adrian LIPKOWSKI, Piotr KOWALCZYK

44

MOŻLIWOŚCI RECYKLINGU I PONOWNEGO WYKORZYSTANIA WYSOKOSPRAWNYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Warszawa*

---

Adrian LIPKOWSKI, Karolina STANKIEWICZ, Piotr KOWALCZYK

45

TERMOFORMOWANIE WYSOKOSPRAWNYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH – PROCES, WYZWANIA, MOŻLIWOŚCI

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, Warszawa*

---

Olga OLEJNIK<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Jakub SARAMAK<sup>2</sup>

46

TERMOPLASTYCZNE STRUKTURY ANTYPRZECIĘCIOWE OTRZYMYWANE TECHNIKĄ DRUKU 3D APLIKOWANE NA RĘKAWICE OCHRONNE DO ZASTOSOWAŃ W ŚRODOWISKU PRACY

<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej, Łódź; <sup>2</sup>SMK3D Jakub Saramak, Chechło Pierwsze

---

Jerzy MYALSKI<sup>1</sup>, Andrzej Posmyk<sup>2</sup>, Hanna MYALSKA-GŁOWACKA<sup>1</sup>

Kształtowanie właściwości kompozytów zawierających różne rodzaje komponentów węglowych

47

<sup>1</sup>Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej; <sup>2</sup>Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katowice

---

**11.30 DYSKUSJA I ZAKOŃCZENIE KONFERENCJI**

**12.00 OBIAD**

# SPIS POSTERÓW, 2025r.

Numer posteru	AUTOR i TYTUŁ	Numer strony
1.	Aleksandra ŚCIGAŁA <sup>1</sup> , Piotr MADAJSKI <sup>1</sup> , Sonnur KURTULUŞ <sup>1</sup> , Andrzej OLEJNICZAK <sup>1</sup> , Paweł BINKOWSKI <sup>1</sup> , Julia PACHNIEWSKA <sup>1</sup> , Mateusz SZTYLER <sup>1</sup> , <u>Piotr GAUDEN<sup>1</sup></u> , Piotr KAMEDULSKI <sup>1,2</sup> <i>NANOMATERIAŁY HYBRYDOWE OPARTE NA GRAFENIE 3D i CELULOZIE: SYNTEZA, WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIA</i>	48
2.	Julia PACHNIEWSKA <sup>1</sup> , Piotr KAMEDULSKI <sup>1,2</sup> , <u>Piotr GAUDEN<sup>1</sup></u> <i>MATERIAŁY WĘGLOWE AKTYWOWANE ZnCl<sub>2</sub>: WŁAŚCIWOŚCI I PERSPEKTYWY</i>	49
3.	Piotr A. GAUDEN <sup>1</sup> , Mateusz SZTYLER <sup>1</sup> , <u>Sylwester FURMANIAK<sup>2</sup></u> <i>PROBLEM WYZNACZANIA PÓL POWIERZCHNI MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH</i>	50
4.	Karolina KORDEK- KHAILL <i>SIGLE ATOM ELECTROCATALYSTS FOR CONVERSION AND STORAGE</i>	51
5.	Melis CAKIROGLU <sup>1</sup> , <u>Ewa LORENC-GRABOWSKA<sup>1</sup></u> , <i>POTENCJALNE ZASTOSOWANIE ZUŻYTYCH ADSORBENTÓW NA BAZIE WĘGLA MAGNETYCZNEGO W MIESZANKACH KOKSU WIELKOPIECOWEGO</i>	52
6.	Magdalena GACA <sup>1</sup> , Piotr SACHANOWSKI <sup>1</sup> , Rafał RUŚNIOK <sup>2</sup> , <u>Ewa LORENC-GRABOWSKA<sup>2</sup></u> <i>KOMPOZYTY POLIMEROWE Z NAPEŁNIACZAMI Z BIOMASY ODPADOWEJ</i>	53
7.	Robert WOLSKI, <u>Robert PIETRZAK</u> <i>POFERMENT KUKURYDZIANY JAKO PREKURSOR ADSORBENTÓW WĘGLOWYCH STOSOWANYCH DO USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ POCHODZENIA FARMACEUTYCZNEGO</i>	54
8.	Dorota PALUCH <sup>1</sup> , Aleksandra BAZAN-WOŹNIAK <sup>1</sup> , Agnieszka NOSAL-IERCIŃSKA <sup>2</sup> , <u>Robert PIETRZAK<sup>1</sup></u> <i>ADSORPCJA BARWNIKÓW SYNTETYCZNYCH NA WĘGLACH AKTYWNYCH OTRZYMANYCH POPRZEC AKTYWACJĘ CHEMICZNĄ NASION KOPRU WŁOSKIEGO WĘGLANEM SODU</i>	55
9.	Aleksandra BAZAN-WOŹNIAK <sup>1</sup> , <u>Agnieszka NOSAL-WIERCIŃSKA<sup>2</sup></u> , Robert PIETRZAK <i>OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE POROWATYCH WĘGLI Z CHITYNY DO EFEKTYWNEJ ADSORPCJI ZANIECZYSZCZEŃ CIEKŁYCH</i>	56
10.	Joanna KOCZENASZ, <u>Piotr NOWICKI</u> <i>MIKROFALOWO WSPOMAGANA KONWERSJA BIOMASY ODPADOWEJ JAKO NOWOCZESNE PODEJŚCIE DO SYNTEZY EFEKTYWNYCH ADSORBENTÓW WĘGLOWYCH</i>	57
11.	Paulina KOT, <u>Piotr NOWICKI</u> <i>WPŁYW SPOSOBU OGRZEWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE BIEWĘGLI WYTWARZANYCH W WYNIKU PIROLIZY TROCIN DRZEW IGLASTYCH</i>	58
12.	Małgorzata WIŚNIEWSKA <sup>1</sup> , Marlena GROSZEK <sup>1</sup> , Piotr NOWICKI <sup>2</sup> <i>MATERIAŁY WĘGLOWE UZYSKANE Z ODPADÓW PRZEMYSŁU ZIELARSKIEGO JAKO ADSORBENTY SYNTETYCZNYCH POLIMERÓW JONOWYCH Z FAZY WODNEJ</i>	59
13.	Małgorzata WIŚNIEWSKA <sup>1</sup> , Karina TOKARSKA <sup>1</sup> , Teresa URBAN <sup>1</sup> , Piotr NOWICKI <sup>2</sup> <i>USUWANIE POLIMERÓW NATURALNYCH I SYNTETYCZNYCH Z ROZTWORÓW WIELOSKŁADNIKOWYCH PRZY UŻYCIU BIEWĘGLI AKTYWNYCH UZYSKANYCH Z TROCIN DRZEW LIŚCIASTYCH</i>	60

14. Katarzyna MARESZ, Agnieszka CIEMIĘGA, Janusz MALINOWSKI, Andrzej JARZĘBSKI, Julita MROWIEC-BIAŁOŃ  
**BIAŁOŃMONOLITYCZNE MATERIAŁY WĘGLOWE DO ADSORPCJI ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH Z ROZTWORÓW WODNYCH** 61
15. Ryszard WIELOWSKI<sup>1</sup>, Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA<sup>1</sup>, Zofia KUCIA<sup>2</sup>, Maciej GUBERNAT<sup>1</sup>  
**BADANIA NAD WPŁYWEM OBRÓBKII TERMICZNEJ WŁÓKIEN WĘGLOWYCH oraz SKUTECZNOŚĆ USUWANIA EPOKSYDOWEJ PREPARACJI (SIZINGU) ORAZ NA STAN POWIPOWERZCHNI WŁÓKNA** 62
16. Piotr MADRY<sup>1</sup>, Michał MISIAK<sup>1</sup>, Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Jakub KOTOWSKI<sup>2</sup>, Rafał LUZIŃSKI<sup>2</sup>, Paulina KOZERA<sup>1</sup>, Evgenia MADIA<sup>3</sup>, Georgios TZORTZINIS<sup>3</sup>, Paweł DURAŁEK<sup>4</sup>, Krzysztof DRAGAN<sup>2</sup>, Maik GUDE<sup>3</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>  
**POLYMERIC SANDWICH-STRUCTURED COMPOSITES WITH 3D-PRINTED CARBON-BASED SENSORS FOR ACTIVE THERMOGRAPHY** 63
17. Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Michał MISIAK<sup>1</sup>, Paulina KOZERA<sup>1</sup>, Jakub KOTOWSKI<sup>2</sup>, Artur KURNYTA<sup>2</sup>, Evgenia MADIA<sup>3</sup>, Georgios TZORTZINIS<sup>3</sup>, Paweł DURAŁEK<sup>4</sup>, Krzysztof DRAGAN<sup>2</sup>, Maik GUDE<sup>3</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>  
**THERMOPLASTIC STRIPS BASED ON PPS/CNT NANOCOMPOSITE FOR ACTIVE THERMOGRAPHY APPLICATION** 64
18. Izabela IRSKA<sup>1,2</sup>, Mateusz KASPROWIAK<sup>2</sup>, Elżbieta PIESOWICZ<sup>1</sup>, Sandra PASZKIEWCZ<sup>1</sup>  
**KOMPOZYTY NA PODSTAWIE POKONSUMENCKICH ODPADÓW POLI(TEREFTALANU ETYLENU) WZMOCNIONE KRÓTKIMI WŁÓKNAMI SZKLANYMI DO ZASTOSOWAŃ W TECHNOLOGIACH PRZYROSTOWYCH** 65
19. Iga KORCZYŃSKA<sup>1,2</sup>, Paweł LESIAK<sup>1,2</sup>, Elżbieta PIESOWICZ<sup>1</sup>, Izabela IRSKA<sup>1</sup>, Konrad WALKOWIAK<sup>1</sup>, Sandra PASZKIEWICZ<sup>1</sup>, Jakub SIEMIŃSKI<sup>3</sup>  
**KOMPOZYTY POLIPROPYLENOWE DEDYKOWANE NA IZOLACJE KABLI ŚREDNICH NAPIĘĆ** 66
20. Paweł LESIAK<sup>1,2\*</sup>, Mateusz BARCZEWSKI<sup>3</sup>, Iga KORCZYŃSKA<sup>1,2</sup>, Elżbieta PIESOWICZ<sup>1\*</sup>, Izabela IRSKA<sup>1</sup>, Konrad WALKOWIAK<sup>1</sup>, Jakub SIEMIŃSKI<sup>4</sup>, Sandra PASZKIEWICZ<sup>1</sup>  
**KOMPOZYTOWE EKRANY PÓŁPRZEWODZĄCE OPARTE NA POLIPROPYLENIE DO ZASTOSOWAŃ W PRZEMYSŁE KABLOWYM** 67
21. Daria RUTKOWSKA<sup>1</sup>, Kamila SAŁASIŃSKA<sup>1</sup>, Michał MISIAK<sup>1</sup>, Mateusz BARCZEWSKI<sup>2</sup>, Aleksander HEJNA<sup>2</sup>  
**WPŁYW BIOPOCHODNYCH SYSTEMÓW UNIEPALNIAJĄCYCH NA WŁAŚCIWOŚCI MECMECHANICZNE I PALNOŚĆ PA11** 68
22. Klaudia HALICKA<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Paulina KROPIDŁOWSKA<sup>1</sup>  
**BADANIE DEGRADACJI POLIMEROWYCH MATERIAŁÓW OCHRONNYCH POD WPŁYWEM CIEKŁYCH SUBSTANCJI CHEMICZNYCH WEDŁUG PN-EN ISO 374-4:2020-03 JAKO NARZĘDZIE SZACUJĄCE BEZPIECZNYCZAS UŻYTKOWANIA RĘKAWIC (END-OF-SERVICE-LIFE)** 69
23. Joanna RYDZ<sup>1</sup>, Khadar DUALE<sup>1</sup>, Wanda SIKORSKA<sup>1</sup>, Marta MUSIOŁ<sup>1</sup>, Henryk JANECZEK<sup>1</sup>, Andrzej MARCINKOWSKI<sup>1</sup>, Marek KOWALCZUK<sup>1</sup>, Darinka CHRISTOVA<sup>2</sup>  
**BADANIA (BIO)DEGRADACJI KOMPOZYTÓW POLIESTROWYCH Z CYKLODEKSTRYNĄ** 70
24. Aneta RASZKOWSKA-KACZOR<sup>1</sup>, Lauren SZYMAŃSKA<sup>1,2</sup>, Krzysztof MORACZEWSKI<sup>2</sup>, Katarzyna ŁUBIECH<sup>2</sup>, Magdalena STEPCZYŃSKA<sup>2</sup>, Krzysztof BAJER<sup>1</sup>  
**BIODEGRADOWALNE FOLIE POLIMEROWE Z NATURALNYMI DODATKAMI ANTYBAKTERYJNYMI** 71
25. Daniel KACZOR, Volodymyr KRASINSKYI, Lauren SZYMAŃSKA, Krzysztof BAJER  
**BIOKOMPOZYTY NAPEŁNIANE FUSAMI Z KAWY** 72
26. Katarzyna JANCZAK<sup>1</sup>, Daria LISEWSKA<sup>1</sup>, Alicja MAZURYK<sup>1</sup>, Oksana KRASINSKA<sup>1</sup>, Lauren SZYMAŃSKA<sup>1</sup>  
**BIOPRODUKT PRZYSPIESZAJĄCY ROZKŁAD BIODEGRADOWALNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH W KOMPOŚCIE – PROJEKT POL-KOMP** 73

27. Katarzyna JANCZAK<sup>1</sup>, Alicja MAZURYK<sup>1</sup>, Daria LISEWSKA<sup>1</sup>, Oksana KRASINSKA<sup>1</sup>, Lauren SZYMAŃSKA<sup>1</sup> **74**  
**INNOWACYJNY BIOPRODUKT POL-KOMP JAKO ROZWIĄZANIE WSPIERAJĄCE BIODEGRADACJĘ  
 PLA W WARUNKACH KOMPOSTOWANIA**
28. Katarzyna JANCZAK<sup>1</sup>, Oksana KRASINSKA<sup>1</sup>, Alicja MAZURYK<sup>1</sup>, Daria LISEWSKA<sup>1</sup>, Lauren SZYMAŃSKA<sup>1</sup> **75**  
**INNOWACYJNY KOMPOZYT SKROBIOWY JAKO NOŚNIK MIKROORGANIZMÓW I SUBSTANCJI  
 AKTYWNYCH W PROCESIE KOMPOSTOWANIA**
29. Volodymyr KRASINSKYI<sup>1</sup>, Krzysztof BAJER<sup>1</sup>, Adrian BARTNICKI<sup>1</sup>, Ludmila DULEBOVA<sup>2</sup>, Ivan GAJDOS<sup>2</sup>,  
 Marcin BUCZAJ<sup>3</sup>, Povilas PADLECKAS<sup>4</sup> **76**  
**THE STUDY OF THE IMPACT OF FEED OPENING SHAPE AND SIZE ON THE THROUGHPUT  
 OF THE FEED OPENING SECTION OF A SINGLE-SCREW EXTRUDER**
30. Magdalena LIPIŃSKA<sup>1</sup>, Magdalena KOZŁOWSKA<sup>1</sup>, Magdalena GACA<sup>1</sup> **77**  
**RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE COLOR MASTERBATCHES CONTAINING PIGMENT  
 RED 122 ( 2,9-DIMETHYLQUINACRIDONE) MODIFIED BY SILANES USING PULVERIZATION METHOD**
31. Ewa LANGER<sup>1</sup>, Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Grażyna KAMIŃSKA-BACH<sup>1</sup>, Bartosz KOPYCIŃSKI<sup>1,2</sup>,  
 Leszek KOMOROWSKI<sup>3</sup>, Damian WOJDA<sup>3</sup>, Matthias WANNER<sup>4</sup> **78**  
**POPRAWA ODPORNOŚCI SPOIW ORGANICZNYCH NA WARUNKI ATMOSFERYCZNE DZIĘKI  
 PIGMENTACJI**
32. Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Ewa LANGER<sup>1</sup>, Sebastian JURCZYK<sup>1</sup>, Grażyna KAMIŃSKA-BACH<sup>1</sup>,  
 Barbara PILCH-PITERA<sup>2</sup>, Katarzyna POJNAR<sup>2</sup>, Ewa CISZKOWICZ<sup>2</sup>, Michał KĘDZIERSKI<sup>3</sup>, Leszek  
 KOMOROWSKI<sup>4</sup>, Damian WOJDA<sup>4</sup>, Izabela KUNCE<sup>4</sup>, Katarzyna KRAWCZYK<sup>5</sup> **79**  
**WPŁYW DODATKÓW BIOBÓJCZYCH NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOMECHANICZNE POWŁOK  
 PRZEZNACZONYCH NA KOMPOZYTY**
33. Ewa LANGER<sup>1</sup>, Bartosz KOPYCIŃSKI<sup>1,3</sup>, Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Małgorzata GNUS<sup>1</sup>, Leszek  
 KOMOROWSKI<sup>2</sup>, Izabela KUNCE<sup>2</sup>, Damian WOJDA<sup>2</sup>, Norbert PIETSCHMANN<sup>4</sup>, Marc ENTENMANN<sup>4</sup> **80**  
**EKOLOGICZNE WYROBY LAKIEROWE UTWARDZANE UV NA PODŁOŻA METALOWE – WYNIKI  
 BADAŃ WSTĘPNYCH**
34. Adam ZABROWARNY<sup>1, 2</sup>, Mieczysław CIESZKO<sup>1</sup>, Marek MACKO<sup>1</sup>, Andrzej SWINAREW<sup>3</sup> **81**  
**CHARAKTERYSTYKA KOMPOZYTU WĘGLOWO-POLIMEROWEGO DO DRUKU 3D FDM DLA  
 ZASTOSOWAŃ W UZDATNIANIU WODY**

# **STRESZCZENIA**

# SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NITROGEN-DOPED REDUCED GRAPHENE OXIDES

**Grażyna GRYGLEWICZ**

*Department of Process Engineering and Technology of Polymer and Carbon Materials, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Technology and Science, 50-344 Wrocław, Gdańska 7/9*

E-mail: grazyna.gryglewicz@pwr.edu.pl

The functionalization of graphene materials involving the introduction of heteroatoms such as nitrogen, sulfur, boron or phosphorus into their structure leads to a change in the physicochemical properties and, consequently, offers the possibility of broadening the range of their potential applications. In particular, graphene materials containing nitrogen in their structure show unique electronic, catalytic, adsorption and electrochemical properties. This work presents the achievements of the Carbon Materials Group in the study on the synthesis and structure of nitrogen-doped graphene materials.

Nitrogen-doped reduced graphene oxides (N-rGO) were produced by two methods: i. under hydrothermal conditions by reaction of graphene oxide with compounds containing nitrogen in their structure and ii. by exfoliation and reduction of graphite oxide in a flow of ammonia [1-4]. In the first method, the synthesis was carried out in an autoclave at temperatures of 120-200°C for 5-24h. The influence of temperature and reaction time on the morphology, structure and porous texture of the obtained N-rGOs were determined. For further modification of N-rGO synthesized under hydrothermal conditions, they were subjected to heat treatment in a nitrogen, ammonia and hydrogen atmosphere. In the second method of N-rGO synthesis, the graphite oxide was subjected to fast pyrolysis in an ammonia flow, followed by simultaneous exfoliation, oxygen elimination and nitrogen incorporation into the structure of the graphene material.

N-rGOs were characterized in terms of the type, content and distribution of carbon, oxygen and nitrogen groups by XPS. The morphology and structure were determined by FESEM, HRTEM, FTIR and XRD. N<sub>2</sub> sorption at 77 K was used to evaluate the porous texture of N-rGOs. Depending on the synthesis method and process conditions used, the resulting N-rGOs were characterized by nitrogen and oxygen contents in the range of 2.6-14.6 % at. and 1.3-10.4 % at., respectively, and a diverse distribution of N groups, including pyridine, pyrrole, amine/amide and quaternary nitrogen groups. Our experience gained in the synthesis of N-rGOs allows to design the synthesis conditions and obtain N-rGOs with a dominant contribution of the selected nitrogen functional group in their structure.

## References:

- [1] B. Grzyb, S. Gryglewicz, A. Śliwak, N. Diet, J. Machnikowski and G. Gryglewicz, *RSC Adv.* 6 (2016) 15782-15787.
- [2] N. Diez, B. Grzyb, A. Śliwak and G. Gryglewicz, *Appl. Surf. Sci.* 399 (2017) 265-271.
- [3] P. Wiench, Z. Gonzalez, R. Menendez, B. Grzyb and G. Gryglewicz, *Sens. Actuators B.* 257 (2018) 143-153.
- [4] D. Minta, Z. Gonzalez, P. Wiench, S. Gryglewicz and G. Gryglewicz, *Sensors* 20 (2020) 4427.

# KOMPOZYTY ZREDUKOWANEGO TLENKU GRAFENU Z TLENKAMI MANGANU JAKO ELEKTROCHEMICZNE CZUJNIKI DOPAMINY

**Daria MINTA, Dominika ALBIN, Grażyna GRYGLEWICZ**

*<sup>1</sup>Katedra Inżynierii Chemicznej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska, Gdańska 7/9, 50-344, Wrocław, Poland*

E-mail: [daria.minta@pwr.edu.pl](mailto:daria.minta@pwr.edu.pl)

Dopamina (DA) pełni ważną rolę w funkcjonowaniu centralnego układu nerwowego, a także układów sercowo-naczyniowego i hormonalnego. Nieodpowiedni poziom DA może wskazywać na chorobę Parkinsona, Alzheimerera, a także pozwala na wczesne zdiagnozowanie depresji [1]. W celu dokładnego oznaczenia poziomu DA poszukuje się nowoczesnych i efektywnych technik detekcji. W ostatnich latach elektrochemiczna detekcja cieszy się rosnącym zainteresowaniem w środowisku naukowym i przemysłowym. Najbardziej rozwojowym kierunkiem zapewniającym poprawę parametrów pracy sensora elektrochemicznego jest modyfikacja elektrody pracującej materiałami grafenowymi i ich kompozytami z tlenkami metali [2]. Materiał grafenowy będący częścią kompozytu zwiększa przewodnictwo elektryczne elektrody. Tlenki metali katalizują reakcje elektrodowe i stanowią centra aktywne dla adsorpcji analitu [2,3]. W przedstawionej pracy zbadano kompozyty zredukowanego tlenku grafenu i tlenków manganu jako modyfikatory elektrody pracującej elektrochemicznego czujnika DA. Zsyntezowano kompozyty techniką hydrotermalną o różnym udziale składników ( $Mn_xO_y/rGO$  o stosunku masowym komponentów 1:4 i 1:1), a następnie poddano je wygrzewaniu. Wykazano, że kompozyt charakteryzujący się niższym udziałem tlenku manganu charakteryzuje się najbardziej efektywnymi parametrami pracy czujnika prezentując limit detekcji (LOD) 612 nM. Obróbka termiczna kompozytu powoduje uzyskanie tlenku manganu w postaci  $\alpha$ , dodatkowo następuje redukcja zawartości funkcyjnych grup tlenowych, co ma korzystny wpływ na przewodnictwo elektryczne materiału i wzrost efektywności elektrochemicznej detekcji DA. Materiał przetestowano również w obecności interferentów takich jak kwas askorbinowy, glukoza, kwas moczowy, kreatynina i mocznik. Badania te wskazują na wysoki potencjał aplikacyjny proponowanego materiału do wykrywania DA w próbkach rzeczywistych

## Literatura cytowana:

- [1] S.K. Arumugasamy, et. al. Appl. Surf. Sci. 2020, 508, 145294
- [2] E.B. Bahadir, et. al. TrAC Trends Anal. Chem. 2016, 76, 1–14
- [3] B.S. Dakshayini, et. al. Microchem. J. 2019, 147, 7–24

# MODELOWANIE NANOSTRUKTUR WĘGLOWYCH Z WIĘZAMI GEOMETRYCZNYMI

Sylwester FURMANIAK<sup>1</sup>, Piotr KOWALCZYK<sup>2</sup>, Piotr A. GAUDEN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, Polska; <sup>2</sup>School of Mathematics, Statistics, Chemistry, and Physics, Murdoch University, Perth, Australia; <sup>3</sup>Zespół Modelowania i Charakterystyki Nanomateriałów, Wydział Chemii; Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

E-mail: sfurmaniak@ans.pila.pl

Ciągle powiększająca się rodzina materiałów węglowych, w tym szeroko rozumianych nanomateriałów, wciąż przykuwa uwagę badaczy i daje możliwości rozmaitych zastosowań. W tym kontekście kluczowe jest poznanie i zrozumienie ich zachowania na poziomie atomowym. Ważnym narzędziem stosowanym w tym celu mogą być metody teoretyczne, np. symulacje molekularne. Ich zastosowanie często wiąże się z koniecznością opracowywania modeli atomowych nanostruktur węglowych. W przypadku materiałów o budowie uporządkowanej często wykorzystywane są rozważania geometryczne prowadzące do wyidealizowanych struktur, podczas gdy materiały rzeczywiste zwykle wykazują w mniejszym lub większym stopniu odstępstwa od budowy idealnej. Rodzi to potrzebę poszukiwania nowych metod generowania realistycznych modeli nanostruktur węglowych. Niniejsze doniesienie dotyczy modyfikacji metodyki symulacji Monte Carlo w oparciu o algorytm Metropolis'a opracowanej wcześniej do modelowania zoptymalizowanych energetycznie struktur nieuporządkowanych węgla aktywnych [1]. Modyfikacja została zainspirowana metodami hybrydowego odwrotnego Monte Carlo [2], które pozwalają na minimalizację energii połączonej z odtworzeniem doświadczalnych parametrów struktury węglowych wyznaczanych metodami dyfrakcyjnymi dzięki wprowadzeniu do kryterium akceptacji dodatkowego członu związanego ze stopniem dopasowania do danych doświadczalnych. W podejściu autorskim w kryterium akceptacji próby losowej zmiany stanu układu również występują człon energetyczny oraz dodatkowy człon wynikający z więzów geometrycznych. Wymusza on odpowiednie ułożenie atomów węgla w modelowanej strukturze. Ich położenie można zdefiniować poprzez powierzchnię trójwymiarową (modelowania układów jednowarstwowych) lub określając objętość, w której dozwolona jest ich obecność (możliwość modelowania układów o większej liczbie warstw). W celu demonstracji możliwości metodyki przedstawione zostaną niedawno opublikowane wyniki jej zastosowania do generowania węgla uporządkowanych o geometrii wyznaczonej przez potrójnie periodyczne powierzchnie minimalne (np. węgli gyroidalnych) [3]. Omówione zostaną również możliwości i przykłady wykorzystania podejścia autorskiego do modelowania innych nanostruktur węglowych.

**Badania wykonano z wykorzystaniem infrastruktury Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego.**

## Literatura

- [1] S. Furmaniak, *Computational Methods in Science and Technology*, 19 (2013) 47-57.
- [2] G. Opletal, T.C. Petersen, B. O'Malley, I.K. Snook, D.G. McCulloch, I. Yarovsky, *Computer Physics Communications*, 178 (2008) 777-787.
- [3] P. Kowalczyk, S. Furmaniak, A.V. Neimark, A. Burian and A.P. Terzyk, *Journal of Physical Chemistry A*, 128 (2024) 1725-1735.

# ABOUT ELECTRONS AND HOLES IN SP<sup>2</sup>-BONDED CARBON ELECTROCATALYSTS

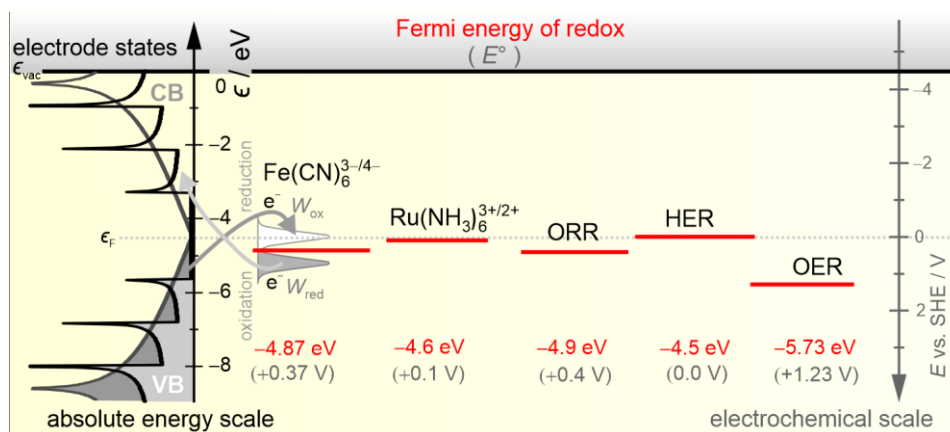
**Paweł SZROEDER<sup>1</sup>**, Przemysław ZIÓŁKOWSKI<sup>1</sup>, Ihor SAHALIANOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Physics, Kazimierz Wielki University, Bydgoszcz, 85-090, Poland

<sup>2</sup> Department of Science and Technology, Linköping University, Norrköping, SE-60174, Sweden

E-mail: psz@ukw.edu.pl

Symmetry of  $\pi$ -electronic band structure with respect to the Dirac point in graphene, makes it relatively easy for us to change the nature of electrical conductivity from electron to hole and vice versa [1]. Electron or hole carriers can be created by substitutional doping, adsorption-based doping and covalent functionalization [2,3]. Here, we show that by adopting different doping strategies, we can match the position of the valence band and the conduction band in graphene and carbon nanotubes to the Fermi level of any redox pair, where the Fermi level of redox couple is closely related to its standard reduction potential. In particular, this applies to oxygen reduction reaction (ORR), which occurs in fuel cells and metal-air batteries, as well as to hydrogen and oxygen evolution reaction (HER and OER) occurring during electrochemical water splitting. We also show, how the electron/hole doping can be easily monitored using Raman spectroscopy.



## Acknowledgements

The work was partially financed within the framework of Ministry of Science and Higher Education program 'Regional Initiative of Excellence' in years 2024-2027, Project No. RID/SP/0048/2024/01.

## References

- [1] E. Kogan, V. Nazarov, Phys. Rev. B 85 (2012) 115418
- [2] P. Szroeder, I.Yu. Sagaljanov, T.M. Radchenko, V.A. Tatarenko, Yu.I. Prylutskyy, W. Strupiński, Applied Surface Science, 442 (2018) 185-188.
- [3] P.Szroeder, A. Banaszak-Piechowska, I. Sahalianov, Molecules, 30 (2025)

# TEM ANALYSIS OF TIN-DOPED HARD CARBON ELECTRODES

Matthew IRVINE <sup>1</sup>, John IRVINE <sup>1</sup>, Mirka PAWLYTA <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *University of St Andrews, St Andrews, United Kingdom*

<sup>2</sup> *Silesian University of Technology, Gliwice, Poland*

E-mail: [mpawlyta@polsl.pl](mailto:mpawlyta@polsl.pl)

Scientists are intensively studying sodium-ion batteries because they are a promising alternative to the commonly used lithium-ion batteries, especially in the context of large-scale energy storage. The main reason why this technology is attracting so much interest is the much greater availability of sodium in the Earth's crust compared to lithium. This makes sodium-ion batteries potentially cheaper to produce, which is crucial for the wide application of energy storage systems, for example in electricity grids based on renewable energy sources. In addition, sodium has similar chemical properties to lithium, which allows for the use of similar mechanisms of action in batteries. However, there are challenges that scientists are trying to overcome, such as the lower energy density of sodium-ion batteries compared to lithium-ion batteries, which requires the search for new electrode materials and electrolytes. Research is also focusing on improving the cyclic stability and efficiency of these batteries so that they can compete with lithium-ion technology in various applications, from energy storage in electricity grids to applications in electric vehicles.

Hard carbons, carbon materials resistant to graphitization even at extremely high temperatures (3000°C), are characterized by a structure composed of nanometric graphene domains with significant turbostratic disorder. These randomly oriented domains, separated by pores, can take various forms, from completely amorphous to more ordered, depending on the precursors and synthesis parameters. Both domains and pores are potential sodium storage sites, with the key role in sodium-ion batteries being played by internal pores, acting as the main active sites for electrochemical storage of sodium ions. Importantly, it has been shown that doping hard carbons with heteroatoms such as nitrogen, phosphorus, boron, sulfur, and even tin can significantly improve their sodium ion storage capacity. In the context of the above issues, this work focuses on the use of transmission electron microscopy (TEM) as a key tool to explain the mechanism responsible for the increased sodium ion storage capacity in tin-doped hard carbons. TEM studies, due to their ability to image the structure of materials at the atomic level, are essential to understand the relationship between the structure and electrochemical properties of hard carbons and thus to optimize their performance in sodium-ion batteries.

# SYNTEZA MATERIAŁÓW HYBRYDOWYCH ZnO/NANORURKI WĘGLOWE DO ZASTOSOWAŃ W DETEKCJI GLUKOZY

**Anna GAWRON<sup>1</sup>, Marcin GODZIERZ<sup>1</sup>, Paweł WRÓBEL<sup>1,2</sup>, Klaudia KURTYKA<sup>1</sup>,  
Urszula SZELUGA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk, M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze

<sup>2</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz- PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii, ul. Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław

E-mail: agawron@cmpw.pan.pl

Rozwój nanomateriałów, w tym hybrydowych struktur opartych na wielościennych nanorurkach węglowych (MWCNT) oraz tlenku cynku, otworzył nowe perspektywy w zakresie projektowania zaawansowanych sensorów elektrochemicznych do detekcji glukozy [1]. Celem badań było opracowanie i charakterystyka hybrydowych nanostruktur ZnO/MWCNT do elektrochemicznego wykrywania glukozy. Strukturę i morfologię nanostruktur hybrydowych charakteryzowano za pomocą mikroskopii elektronowej, metod spektroskopowych (Raman, FTIR) i dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Pomiary elektrochemiczne opierały się na detekcji glukozy metodą amperometryczną. Pomiary te wykonano wykorzystując opracowany w CMPW PAN diodowy sensor elektrochemiczny. Opracowane sensory ZnO/MWCNT charakteryzują się wyższą czułością oraz dobrą stabilnością w porównaniu do dotychczas stosowanych materiałów elektrodowych do zastosowań biomedycznych.

## Literatura:

[1] M. Geetha, et al. J. Electron. Mater. 2022, 51(9), 4905–4917.

---

# SYNTHESIS OF ZnO/CARBON NANOTUBES HYBRIDIC MATERIALS FOR APPLICATIONS IN GLUCOSE DETECTION

**Anna GAWRON<sup>1</sup>, Marcin GODZIERZ<sup>1</sup>, Paweł WRÓBEL<sup>1,2</sup>, Klaudia KURTYKA<sup>1</sup>,  
Urszula SZELUGA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze

<sup>2</sup>Łukasiewicz Research Network - PORT Polish Center for Technology Development, Stabłowicka 147, 54-066 Wrocław

E-mail: agawron@cmpw.pan.pl

The development of nanomaterials, especially hybrid structures based on multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) and ZnO, has opened new perspectives in the design of advanced electrochemical sensors for glucose detection [1]. The study objective was to develop and characterize ZnO/MWCNT hybrid nanostructures for electrochemical glucose sensing. The structure and morphology of the hybrids were characterized by electron microscopy, spectroscopic methods (Raman, FTIR) and X-ray diffraction (XRD). Electrochemical measurements were based on glucose detection by amperometry. These measurements were performed using a diode array electrochemical sensor developed at CMPW PAN. The ZnO/MWCNT sensors are characterized by higher sensitivity and good stability compared to now used electrodes for biomedical applications.

## References:

[1] M. Geetha, et al. J. Electron. Mater. 2022, 51(9), 4905–4917.

# POLY(VINYL ALCOHOL) COPOLYMER ARCHITECTURES – SYNERGY OF VERSATILE MATERIAL PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL COMPLIANCE

**Darinka CHRISTOVA<sup>1</sup>, Joanna RYDZ<sup>2</sup>, Silvia BOZHILOVA<sup>1</sup>, Mariela ALEXANDROVA<sup>1</sup>, Henryk JANECZEK<sup>2</sup>, Marta MUSIOŁ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Polymers, Bulgarian Academy of Sciences, Akad. G. Bonchev Str., Bl. 103A, 1113 Sofia, Bulgaria*

<sup>2</sup>*Centre of Polymer and Carbon Materials, Polish Academy of Sciences, M. Curie-Skłodowska 34, 41-819 Zabrze*

E-mail: dchristo@polymer.bas.bg

Poly(vinyl alcohol) (PVA) is a synthetic water-soluble polymer exhibiting good mechanical and thermal properties, together with excellent film-forming ability and high optical transparency. Over the past two decades, PVA is recognized for its advantages as a water-soluble, environmentally compatible, non-toxic and non-carcinogenic polymer attracting enhanced interest for advanced applications in biomedical and biotechnology fields. Recently, our attention has focused on PVA derivatives of diverse macromolecular architecture, tailored to specific biotechnological applications. As an example, series of partially acetalized PVA copolymers of acetal content in the range 20–30% are synthesized by reaction of PVA with acetaldehyde and studied as moisture-sensitive materials suitable for optical sensing of humidity in both transmission and reflection mode, depending on the substrate [1]. PVA copolymers of lower acetal content are proved to be useful as surface modifiers of polyethersulfone nanofiltration membranes aiming at improved water-ethanol separation [2]. Another type of copolymer architectures, namely methyl (meth)acrylate-grafted PVA, are investigated as promising platform for the deposition of thin films with advanced applications [3]. The grafting reaction of hydrophobic methyl (meth)acrylate monomers take place in an aqueous solution of PVA generating *in situ* aqueous dispersions with copolymer colloidal particles in the nanometre size range and narrow size distribution.

Based on the exceptional properties and ease preparation at environmentally friendly reaction conditions, PVA macromolecular architectures listed above obviously can provide a sustainable, green alternative to some conventional plastics. In this context, biodegradation of different PVA copolymers and copolymer network hydrogels are tested under laboratory composting conditions and the extent of the degradation process is studied by means of NMR spectroscopy, X-ray diffraction, TGA, DSC, optical microscopy and SEM. Biodegradability of investigated PVA derivatives is confirmed and the impact of PVA degree of polymerization as well as copolymer composition and structure is discussed.

## Acknowledgments

This work is supported by Bulgarian Academy of Sciences under Polish-Bulgarian joint exchange project no. IC-PL/13/2024-2025.

## References

- [1] K. Lazarova, S. Bozhilova, D. Christova and T. Babeva, *Journal of Physics: Conference Series*, 1492 (2020) 012040.
- [2] D. Christova, M. Staneva, S. Ivanova, et al., *Journal of Physics: Conference Series*, 2436 (2023) 012024.
- [3] S. Bozhilova, K. Lazarova, S. Ivanova, D. Karashanova, T. Babeva and D. Christova, *Coatings* 12 (2022) 1882.

# BIOWĘGIEL JAKO DODATEK O DZIAŁANIU OBNIŻAJĄCYM REZYSTYWNOŚĆ POWIERZCHNIOWĄ W KOMPOSTOWALYCH KOMPOZYTACH

Marta MUSIOŁ,<sup>1</sup>Joanna RYDZ<sup>1</sup>, Henryk JANECZEK<sup>1</sup>, Jacek ANDRZEJEWSKI<sup>2</sup>,  
Krzysztof MUSIOŁ<sup>3</sup>, Marek KOWALCZUK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych Polskiej Akademii Nauk, M. Curie-Skłodowska 34, 41-819 Zabrze; <sup>2</sup> Wydział Inżynierii Mechanicznej/Instytut Technologii Materiałów, Politechnika Poznańska, Piotrowo 3, 61-138 Poznań; <sup>3</sup> Wydział Elektryczny/Katedra Metrologii, Elektroniki i Automatyki, Politechnika Śląska, Akademicka 10, 44-100 Gliwice

E-mail: [mmusiol@cmpw-pan.pl](mailto:mmusiol@cmpw-pan.pl)

Polimery biodegradowalne wytwarzane ze źródeł odnawialnych, mogą pomóc złagodzić wpływ konwencjonalnych tworzyw sztucznych na środowisko naturalne. Jednakże ze względu na wciąż wysoką cenę nie są one powszechnie stosowane. Chociaż niszowe zastosowania tego typu polimerów nie koncentrują się głównie na cenie, ale na potencjale materiału to jednak redukcja kosztów może być kluczowa dla popularności tych polimerów. Ciekawym rozwiązaniem w tym obszarze jest stosowanie wypełniaczy, które razem z polimerem tworzą kompozyt, prowadząc do obniżenia ceny i modyfikacji właściwości materiału w stosunku do samego polimeru [1,2]. Zastosowanie biomasy jako wypełniacza w kompozytach budzi duże zainteresowanie [3]. Niestety biomasa jest podatna na działanie wody a jej wstępna obróbka wymaga użycia związków chemicznych co zwiększa koszty wypełniacza. Alternatywą dla procesu chemicznej obróbki biomasy jest piroliza, podczas której jako produkt końcowy otrzymuje się biowęgiel o wysokiej zawartości węgla organicznego [4]. Zastosowanie biowęgla jako wypełniacza dodatkowo modyfikuje właściwości elektrostatyczne kompozytu. Obniżenie rezystywności produktów, w których biowęgiel jest stosowany jako wypełniacz, znacznie zwiększa możliwości aplikacyjne. Produkty o dostosowanych parametrach mogą służyć jako opakowania np. podzespołów elektronicznych. Obecność wypełniacza wpływa nie tylko na właściwości mechaniczne czy elektrostatyczne otrzymanego produktu ale również na szybkość degradacji obecnego w kompozycie polimeru.

## Podziękowania

Praca była współfinansowana z programu badań naukowych i innowacji "Horyzont 2020" Unii Europejskiej w ramach umowy o grant Marie Skłodowska-Curie nr 872152, projekt GREEN-MAP oraz projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2020-2024; umowa nr 5092/H2020/2020/2.

## Literatura

- [1] W. Sikorska, M. Musioł, K. Duale, J. Rydz, B. Zawidlak-Węgrzyńska. Biodegradable Polymers. Value Chain in the Circular Economy; Rydz, J., Ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA; London, UK; New York, NY, USA, 2024.
- [2] Kuciel, S.; Rydarowski, H. (Eds.) Wprowadzenie. In Biokompozyty z Surowców Odnawialnych; Collegium Columbianum: Kraków, 2012; pp. 9–11.
- [3] M. Pluta, M.-A. Paul, M. Alexandre, P. Dubois, *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.* 44 (2) (2006) 312–325.
- [4] F. Salak, S. Uemura, K. Sugimoto, *Polym. Eng. Sci.* 55 (2) (2015) 340–348.

# BADANIA NAD OTRZYMYWANIEM ORAZ WERYFIKACJA ODPORNOŚCI EROZYJNEJ DYSZY KOMPOZYTOWEJ HYBRYDOWEGO SILNIKA RAKIETOWEGO DO ZASTOSOWAŃ KOSMICZNYCH

Maciej GUBERNAT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

E-mail: maciej.gubernat@agh.edu.pl

Kompozyty węgiel-węgiel (C/C) to grupa materiałów o bardzo dobrych właściwościach mechanicznych oraz odporności wysokotemperaturowej, znajdujących szerokie zastosowanie w przemysłowych procesach wysokotemperaturowych. Kompozyty C/C stanowią również ważną rolę w rozwoju przemysłu lotniczego i kosmicznego, jako elementy układów hamulcowych, osłony termiczne oraz przede wszystkim materiały zapewniające niską masę komponentów [1-2]. Prowadzone w projekcie badania są realizowane w nawiązaniu do technologii materiałowych opracowanych poza granicami Polski, aby w momencie, widocznego obecnie znaczącego rozwoju polskiej branży kosmicznej móc zaoferować polskim firmom niezależnie od importu tych ważnych, lecz często trudnych do nabycia materiałów.

Celem badań jest opracowanie skalowalnej technologii wytwarzania wysokotemperaturowego materiału C/C. W ramach badań podjęto próby wykorzystania różnego rodzaju surowców, zarówno włókien węglowych: średnio i wysokomodułowych, jak i prekursorów osnowy węglowej: żywicznych, pakowych, gazowych. W ramach badań opracowano parametry procesu wytwarzania materiałów C/C osiągających gęstość powyżej 1.5 g/cm<sup>3</sup>, wytrzymałość na zginanie powyżej 300 MPa, mogących być kształtowane w geometrię płyt, rur, profili o przekroju niekołowym i innych. Z opracowanego kompozytu C/C wytworzono dysze do silnika raketowego o napędzie hybrydowym i sile ciągu 2kN. Erozja liniowa przekroju krytycznego dyszy po 6 sekundach pracy silnika wyniosła 1,76mm, co jest wynikiem pozytywnym, dającym możliwość wdrożenia opracowanego materiału C/C jako dyszy silnika raketowego.

## Literatura

- [1] Sutton, G. P.; Biblarz, O. *Rocket Propulsion Elements*, 7th ed.; John Wiley & Sons: New York, 2001.
- [2] Savage, E. *Carbon-Carbon Composites*; Springer Netherlands, 1993. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1586-5>.

## Podziękowania:

Badania przeprowadzono w ramach projektu **Lider XIII finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju o numerze 0108/L-13/2022** pt. „Opracowanie nowej generacji dyszy silników raketowych z materiału kompozytowego typu węgiel-węgiel”

# WPŁYW GRAFITU NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI CFRP NA BAZIE TERMOPLASTYCZNEJ ŻYWICY ELIUM® MODYFIKOWANEJ SWCNT

Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Zuzanna ULIASZ<sup>1</sup>, Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Rafał STANIK<sup>2</sup>, Maik GUDE<sup>2</sup>,  
Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

<sup>3</sup> Instytut Konstrukcji Lekkich i Technologii Polimerów, Uniwersytet Techniczny w Dreźnie, Drezno, 01307, Niemcy

E-mail: szymon.demski.dokt@pw.edu.pl

Kompozyty polimerowe wzmocnione włóknem węglowym (CFRP) znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle dzięki swoim unikalnym właściwościom mechanicznym, niskiej masie oraz odporności na korozję. Jednak ograniczeniem tych materiałów jest ich niska przewodność elektryczna i cieplna, wynikająca z izolacyjnego charakteru matrycy polimerowej. W celu poprawy tych właściwości coraz częściej stosuje się napełniacze węglowe, takie jak nanorurki węglowe (CNT) czy grafit.

Niniejsza praca koncentruje się na zastosowaniu innowacyjnej, termoplastycznej żywicy akrylowej Elium® oraz jej modyfikacji napełniaczami węglowymi. Zastosowanie żywicy termoplastycznej umożliwia recykling kompozytów, co jest istotnym krokiem w kierunku zrównoważonego rozwoju. Ponadto badania obejmują jednoczesne zastosowanie nanorurek węglowych i grafitu, co jest rzadko spotykanym rozwiązaniem w literaturze. Analiza wpływu różnych wielkości cząstek grafitu na właściwości kompozytów pozwala na lepsze zrozumienie mechanizmów poprawy przewodności i wytrzymałości tych materiałów.

W ramach pracy przeprowadzono szereg eksperymentów mających na celu ocenę wpływu dodatku grafitu na właściwości kompozytów na bazie żywicy Elium® modyfikowanej SWCNT. W tym celu wytworzono i przebadano nanokompozyty na bazie żywicy Elium® z różnymi stężeniami grafitu i 0,02% SWCNT. Na wytworzonych nanokompozytach przeprowadzono badania reologiczne termiczne (TGA, DSC), mechaniczne (udarność, wytrzymałość na zginanie), przewodności elektrycznej oraz cieplne (dyfuzyjność termiczna). Na podstawie uzyskanych wyników wybrano dwa optymalne składy, które następnie posłużyły do wytworzenia CFRP techniką infuzji. Przygotowane próbki CFRP poddano dalszym badaniom, w tym mikroskopii SEM, dynamicznej analizie mechanicznej (DMA) oraz testom przewodności elektrycznej oraz zbadano dyfuzyjność cieplną. Wyniki wykazały, że modyfikacja CFRP grafitem znacząco poprawia przewodność elektryczną i cieplną, a jednocześnie wprowadza pewne zmiany w właściwościach mechanicznych, w tym spadek odporności na zginanie.

Badania przeprowadzone były w ramach projektów: **LIDER/46/0185/L-11/19/NCBR/2020** oraz **M-ERA.NET2/2020/2/2021**, finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

# POLIMEROWE KOMPOZYTY WZMACNIANE WŁÓKNEM WĘGLOWYM O PODWYŻSZONYCH WŁAŚCIWOŚCIACH MECHANICZNYCH I ELEKTRYCZNYCH

**Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Bogna SZTORCH<sup>2</sup>, Paulina KOZERA<sup>1</sup>, Zuzanna KRAWCZYK-  
BORYSIAK<sup>3</sup>, Kamil MAJCHROWICZ<sup>1</sup>, Robert Edward PRZEKOP<sup>2</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa

<sup>2</sup> Centrum Zaawansowanych Technologii, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 10, 61-614 Poznań

<sup>3</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Pl. Politechniki 1, 00-661 Warszawa

E-mail: kamil.dydek@pw.edu.pl

Polimerowe kompozyty wzmocnione włóknem węglowym (z ang. *Carbon Fibre Reinforced Polymers, CFRPs*) to materiały o wysokiej wytrzymałości i sztywności przy jednoczesnej redukcji masy, co czyni je kluczowymi w sektorach takich jak lotnictwo, motoryzacja i przemysł morski. Ich dodatkowe zalety, takie jak odporność na korozję i niska rozszerzalność cieplna, sprzyjają zastępowaniu tradycyjnych materiałów. Jednym z kierunków rozwoju CFRPs jest poprawa właściwości mechanicznych i przewodnictwa elektrycznego poprzez dodatek nanorurek węglowych (ang. *Carbon Nanotubes, CNTs*). W ramach prac wykorzystano synergiczny efekt modyfikacji CFRPs – poprzez wprowadzenie do struktury kompozytu termoplastycznych włókien domieszkowanych wielościennymi nanorurkami węglowymi (ang. *Multi-Walled Carbon Nanotubes, MWCNTs*) oraz fizycznej modyfikacji termoplastycznej żywicy akrylowej Elium® poprzez dodatek CNTs. Żywica ta posiada bardzo niską lepkość, jest mało toksyczna, a po procesie przetwórstwa może zostać poddana recyklingowi. W celu uzyskania odpowiedniej dyspersji nanorurek w osnowie użyto działu ultradźwiękowego, a następnie wytworzono laminaty akrylowo-węglowe techniką infuzji. W ramach prac zbadano wpływ przeprowadzonych modyfikacji na właściwości mechaniczne, elektryczne oraz strukturalne kompozytów akrylowo-węglowych. Następnie, na podstawie uzyskanych rezultatów, zaprojektowano kompozytowy demonstrator w postaci przeskalowanego elementu karoserii samochodu i przebadano go pod względem odporności na obciążenia dynamiczne i prądy udarowe.

Badania były prowadzone w ramach projektu nr. **LIDER/46/0185/L-11/19/NCBR/2020** finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

# WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH NA BAZIE ODPADÓW CERAMICZNYCH I RECYKLATÓW

Piotr MADRY, Paulina KOZERA, Szymon DEMSKI, Kamil DYDEK, Katarzyna ZIĘTKOWSKA,  
Tomasz CYGAN, Michał KUBIŚ

*Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa*

email: piotr.madry.stud@pw.edu.pl

Gospodarka o obiegu zamkniętym (ang. circular economy) jest koncepcją zmierzającą do racjonalnego wykorzystania zasobów i ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko wytwarzanych produktów, które - podobnie jak materiały oraz surowce - powinny pozostawać w gospodarce tak długo, jak jest to możliwe, a wytwarzanie odpadów powinno być jak najbardziej zminimalizowane.

W obliczu ciągłego wzrostu ilości odpadów oraz rosnącej presji na ograniczenie zużycia surowców naturalnych, projekt ProRecAnti-Slip, finansowany przez NCBiR w ramach konkursu Lider XIV, ma na celu opracowanie składu i dobór parametrów wytwarzania nowatorskich polimerowych kompozytów proszkowych na bazie modyfikowanych autorskimi związkami chemicznymi surowców wtórnych i biożywicy epoksydowej, która jest wytwarzana z odpadowej biogliceryny. Celem zaplanowanych modyfikacji chemicznych jest poprawa właściwości mechanicznych opracowywanych kompozytów i nadanie im właściwości antypoślizgowych i hydrofobowych przez co będą one mogły być stosowane jako materiał do wykonania posadzek antypoślizgowych. Jako napełniacze są stosowane odpady ceramiczne i recyklaty polimerowe, co pozwoli na ograniczenie zużycia surowców naturalnych i ponowne wykorzystanie odpadów poprodukcyjnych i pożytkowych.

W pierwszym etapie badań dokonano pozyskania i szczegółowej charakterystyki napełniaczy proszkowych. Otrzymane odpady ceramiczne i zmielone recyklaty zostały poddane analizie wielkości cząstek, analizie składu fazowego i chemicznego, badaniu gęstości oraz pomiarowi wilgotności. Następnie odpady te zostały przesiane i sfracjonowane, dzięki temu uzyskano krzywe przesiewu. Do badań wykorzystano odpady z produkcji płytek ceramicznych z dwóch renomowanych firm Cersanit i Paradyż Ceramika, zarówno monoporowy jak i gresowe, a także recyklaty będące sieczką z włóknem szklanym. Następnie wytworzono serię kompozytów na bazie odpadów i biożywicy epoksydowej. Przeprowadzono badania mechaniczne i obserwacje mikrostruktury wytworzonych kompozytów i przanalizowano wyniki w zależności od udziału wagowego użytego napełniacza odpadowego. W celu poprawy właściwości mechanicznych i adhezji między żywicą a napełniaczem zastosowano silanowe promotory adhezji i także poddano analizie ich wpływ na właściwości mechaniczne i mikrostrukturę kompozytów.

Praca sfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach grantu nr.  
**LIDER14/0274/2023**

# PRZYJAZNE DLA ŚRODOWISKA KOMPOZYCJE NA BAZIE RECYKLATÓW ZAWIERAJĄCE DWA UKŁADY UNIEPALNIAJĄCE DEDYKOWANE DO PRZEMYSŁU MOTORYZACYJNEGO

**Sandra PASZKIEWICZ<sup>1,2\*</sup>, Kamila SAŁASIŃSKA<sup>3</sup>, Mateusz BARCZEWSKI<sup>4</sup>, Zaida ORTEGA<sup>5</sup>, Elżbieta PIESOWICZ<sup>1,2</sup>, Izabela IRSKA<sup>1</sup>, Konrad WALKOWIAK<sup>1</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>3</sup>, Jacek ANDRZEJEWSKI<sup>4</sup>, Magdalena JURCZYK KOWALSKA<sup>3</sup>, Marcin BOROWICZ<sup>6</sup>, Joanna PACIOREK-SADOWSKA<sup>6</sup>, Katarzyna POKWICKA-CROUCHER<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin; <sup>2</sup>ECOPOLPLAST sp. z o.o., ul. Wyspiańskiego 13A, 84-300 Lębork, Poland; <sup>3</sup>Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa; <sup>4</sup>Politechnika Poznańska ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań; <sup>5</sup>Universidad de las Palmas de Gran Canaria, C. Juan de Quesada, 30, 35001 Las Palmas de Gran Canaria, Hiszpania; <sup>6</sup>Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, ul. J. K. Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz

\*autor korespondencyjny: spaszkievicz@zut.edu.pl

Rosnąca świadomość ekologiczna i regulacje prawne zobowiązały producentów do recyklingu tworzyw sztucznych, zwłaszcza poliolefin, których globalna produkcja wzrosła przez ostatnie 50 lat o ponad 1000%. Roczna ilość odpadów komunalnych z tych polimerów wynosi 2,1 mln ton. Recykling poliolefin pozwala oszczędzać surowce, ograniczać odpady i wspierać gospodarkę obiegu zamkniętego. Z kolei palność polimerów stanowi istotny problem w wielu branżach, zwłaszcza motoryzacyjnej. Poprawa odporności na zapłon ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa pojazdów, spełniania norm, ochrony życia i środowiska oraz wzmacniania zaufania publicznego. Dlatego, w niniejszej pracy przygotowano dwie serie kompozycji polimerowych opartych na materiałach pokonsumenckich, tj. recyklicie polipropylenu i granulacie z opon gumowych, pod nazwą handlową ECOPLASTOMER® PP70, w stosunku wagowym składników 70/30, zawierających 10, 20 i 30% wag. środków niepalniących, przy użyciu wyciążarki dwuślimakowej. Oceniono wpływ komercyjnie dostępnego trójwodnego tlenku glinu modyfikowanego silanem (ATH-sil) oraz przyjaznego dla środowiska układu niepalniaczy opartego na fosforanie melaminy (MP), wodorotlenku tlenku glinu (AC) i łupinach orzeszków ziemnych (PS) na właściwości mechaniczne, termiczne i palność kompozycji polimerowych. Pojawienie się pasm związanych z grupami OH, których intensywność rosła wraz ze wzrostem zawartości ATH-sil potwierdziła obecność modyfikatora w kompozycji. Podobne obserwacje poczyniono dla układu MP-AC-PS, gdzie dominowały pasma P-OH z MP oraz Al-O z AC. Analiza DSC wykazała, że wprowadzenie wybranych środków niepalniących nie miało wpływu na temperatury topnienia i krystalizacji osnowy polimerowej. Z kolei wzrost udziału obu dodatków prowadził do spadku wskaźnika szybkości płynięcia (MFR), oraz zwiększonej sztywności, wyższego modułu sprężystości oraz niższej wartości wydłużenia przy zerwaniu. Wytrzymałość na rozciąganie uległa niewielkiemu obniżeniu, zwłaszcza w kompozycjach zawierających więcej niż 20% niepalniaczy. Oba układy niepalniące zmniejszyły palność modyfikowanych kompozycji, jednak najlepsze efekty uzyskano dla ATH-sil, zwłaszcza przy stężeniu co najmniej 30% wag. Z kolei opracowany system MP/AC/PS okazał się skuteczniejszy w ograniczaniu palności oraz emisji dymu przy niższych zawartościach środków niepalniących.

*Badanie zostało wsparte przez **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju** w ramach projektu **LIDER13/0095/2022**, **Innowacyjne wykorzystanie materiałów lignocelulozowych jako składnika układu niepalniącego wyrobów polimerowych dla przemysłu elektrycznego i elektromobilności.***

# STRUCTURE-PROPERTIES RELATIONSHIPS OF SILICA-GRAPHENE AEROGEL MODIFIED POLYAMIDE

**Regina JEZIÓRSKA, Agnieszka SZADKOWSKA, Ewa SPASÓWKA-KUMOSIŃSKA**

*Łukasiewicz Research Network – Industrial Chemistry Institute, 01-793 Warszawa, Rydygiera 8*

E-mail: regina.jeziorska@ichp.lukasiewicz.gov.pl

Silica-graphene aerogel (AGO) was obtained by the sol-gel method and used as a modifier of polyamide (PA6, PA66) properties. The modification process was carried out in a twin-screw extruder-reactor. To improve the interactions at the interface, maleic anhydride (MAH) was used. The addition of AGO significantly increased tensile modulus, with lower elongation and lower impact strength of PA6. MAH caused a significant (over 8-fold) increase in elongation at break and tensile and flexural modulus of PA6. At the same time, the impact strength increased and was higher than that of pure PA6. In the case of PA66, the addition of AGO caused a significant increase in stiffness, flexural strength, and impact strength, and a 4-fold increase in elongation at break. The introduction of MAH caused a further increase in elongation at break, impact strength and tensile modulus, but at the cost of reducing tensile and flexural strength.



Fig. 1. Silica-graphene aerogel

## BIOŻYWICE EPOKSYDOWE W KOMPOZYTACH: INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW PRZYSZŁOŚCI

**Justyna DZIADOSZ**

*FIRMA NOWA RESINS, ul. Sowińskiego5 ,44-121 Gliwice*

e-mail :a.bereska@nowa.com.pl

**Firma Noma Resins** projektuje i wywarza kompozyty dla szerokiej gamy branż, w tym motoryzacyjnej (zwłaszcza transportu publicznego), sportowej, budownictwa, elektroniki, Główną techniką produkcyjną jest formowanie ciśnieniowe, które umożliwia tworzenie złożonych kształtów o doskonałych właściwościach mechanicznych i aspektach wizualnych. Jedną z naszych kluczowych przewag nad innymi producentami jest zdolność do samodzielnego dostarczania surowców do produkcji kompozytów, w tym żywic i półproduktów, takich jak prepregi (z włókien szklanych, węglowych, bazaltowych oraz naturalnych), a także materiały SMC i BMC. Firma produkuje kompozyty w konkurencyjnych Firmie Noma Resins opracowała również nowoczesny proces wytwarzania Zielonych Kompozytów z materiałów pochodzących z recyklingu (komponenty GRP), wykorzystując NOMA Green Resins (żywice z odpadowych surowców roślinnych) jako matrycę. Dzięki temu jest w stanie wytwarzać najbardziej ekologiczny materiał kompozytowy dostępny obecnie na rynku. Firma Solaris Bus & Coach wykorzystuje nasze kompozyty jako elementy wyposażenia wnętrza w swoich autobusach, co znacząco obniża ślad węglowy materiałów stosowanych w transporcie. Ponadto nasze Zielone Kompozyty spełniają wymagania europejskiej normy ECR R-118, oferując właściwości trudnopalne, które zapewniają bezpieczeństwo w transporcie publicznym.

Firma oferuje produkty: **NOMA GREEN, NOMA PREG, NOMA GLUE, NOMA TOOLS, NOMA FLOOR,, NOMA UV.**

## PRODUKCJA BUTLI I ZBIORNIKÓW KOMPOZYTOWYCH

Piotr SAFERNA

**TECHPLAST Sp.z o.o.** ul Krakowska 83P, 34-120 Andrychów

Piotr.saferna@techplast.net

Przedmiotem działalności firmy jest, produkcja butli i zbiorników kompozytowych, które znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, m.in. ratownictwie, medycynie i automotive. Produkty sprzedawane są pod marką **SAFER®**. Przedsiębiorstwo rozpoczęło działalność w 2002r, a wszystkie produkty znajdujące się w ofercie firmy zostały opracowane przez dział B+R.

Firma zrealizowała z powodzeniem kilka projektów badawczych i inwestycyjnych finansowanych . ze środków publicznych. W 2018 r. firma otrzymała list gratulacyjny z NCBiR za realizację na wysokim poziomie projektu w ramach konkursu INNOTECH pt. „Opracowanie techniki i technologii wytwarzania nowej generacji kompozytowych zbiorników wysokociśnieniowych na gazy techniczne”.

Firma aktualnie prowadzi projekt, którego celem jest opracowanie innowacyjnej metody wytwarzania zasobników do magazynowania energii w postaci wodoru przy wykorzystaniu technologii wytwórczych, uruchomienie produkcji ultralekkich zbiorników o pojemnościach: 1.2, 6.8, 120 oraz 195 L na sprężony wodór pod ciśnieniem 3.5, 10, 30, 35 oraz 70MPa.



# APPLICATION OF ADVANCED CARBON MATERIALS IN THE DIAGNOSIS OF UPPER RESPIRATORY TRACT CANCERS

**Anna KŁECZEK<sup>1</sup>, Jadwiga GABOR<sup>1</sup>, Artur SOWIŃSKI<sup>1</sup>, Jarosław PALUCH<sup>2</sup>,  
Robert KWIATKOWSKI<sup>3</sup>, Andrzej SWINAREW<sup>\*1,4</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Science and Technology, University of Silesia, 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, Poland; <sup>2</sup> Department of ENT, Faculty of Medical Sciences, Medical University of Silesia, Medyków 12, 40-751 Katowice, Poland, <sup>3</sup> Radiotherapy Department, Katowice Oncological Center, Raciborska 26, 40-074 Katowice, Poland; <sup>4</sup> Institute of Sport Science, The Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education, Mikołowska 72A, 40-065 Katowice, Poland

E-mail: andrzej.swinarew@us.edu.pl

The use of engineered carbonaceous sorbents in biomedical applications has emerged as a transformative approach for non-invasive diagnostics, particularly in the field of oncology. This study explores the efficacy of highly porous carbon materials for the selective adsorption and stabilization of volatile organic compounds (VOCs) in exhaled air, with the objective of establishing a metabolomic framework for the early detection of laryngeal carcinoma. The development of breath analysis methodology leveraging carbon-based sorbents addresses limitations in conventional diagnostic techniques by enabling the efficient preconcentration of trace-level metabolic biomarkers indicative of malignancy.

The study consisted of 20 individuals, including 10 patients diagnosed with laryngeal cancer and 10 healthy controls. Breath samples were collected using a tailored carbon sorbent, specifically engineered to exhibit high specific surface area, tunable porosity, and enhanced sorptive affinity for a broad spectrum of VOCs. The structural and physicochemical properties of the sorbent were optimized to facilitate the selective retention of key metabolic derivatives, ensuring minimal sample degradation and high analytical reproducibility. Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analysis of the collected samples revealed distinct metabolic perturbations associated with carcinogenesis, with statistically significant differences in VOC profiles between cancer patients and control subjects.

These preliminary findings highlight the fundamental role of engineered carbon sorbents in expanding the capabilities of exhaled breath metabolomics, offering a novel approach for the detection and characterization of malignancies. The integration of these materials into diagnostic workflows has the potential to enhance sensitivity and specificity in cancer detection, thereby facilitating earlier clinical intervention and improved patient prognoses. Future research should focus on refining sorbent material design, expanding patient cohorts for validation studies, and integrating advanced computational modeling to enhance the predictive accuracy of breathomics-based diagnostic algorithms. The convergence of materials science and biomedical engineering in this context represents a significant advancement in precision medicine, with broader implications for the application of carbon-based nanomaterials in clinical diagnostics.

# OCENA TRWAŁOŚCI I STABILNOŚCI KOMPOZYTÓW WĘGLOWYCH NA BAZIE PIROWĘGLA I FUNKcjONALIZOWANYCH NANORUREK WĘGLOWYCH W SYMULOWANYCH WARUNKACH STARZENIA JAKO POTENCJALNYCH MATERIAŁÓW ELEKTRODOWYCH W TERAPII GŁĘBOKIEJ STYMULACJI MÓZGU

**Ryszard WIEŁOWSKI<sup>1</sup>, Marcel ZAMBRZYCKI<sup>1</sup>, Krystian SOKOŁOWSKI<sup>2</sup>,  
Agata CZUK<sup>3</sup>, Karol GRYN<sup>1</sup>, Maciej GUBERNAT<sup>1</sup>, Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów; <sup>2</sup>AGH Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii; Zakład Nanoinżynierii Powierzchni i Biomateriałów; <sup>3</sup>AGH Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

E-mail: rwielows@agh.edu.pl

Rosnące zapotrzebowanie na nowoczesne metody leczenia chorób neurodegeneracyjnych stawia wyzwanie opracowania elektrod o wysokiej trwałości, biokompatybilności i optymalnych właściwościach elektrochemicznych. W niniejszej pracy dokonano szczegółowej analizy kompozytów na bazie włókien węglowych w osnowie pirolitycznego węgla (CF/PyC) oraz ich wariantów wzbogaconych o nanorurki węglowe z grupami tlenowymi (CF/PyC-CNT-OH), oceniając ich potencjał do zastosowania w głębokiej stymulacji mózgu (DBS). Celem badań było określenie przydatności nowoczesnych materiałów węglowych jako alternatywy dla obecnie stosowanych elektrod DBS, ze szczególnym uwzględnieniem ich trwałości mechanicznej i stabilności elektrochemicznej. W badaniach wykorzystano elektrody, których rdzeń stanowią włókna węglowe (CFs) zatopione w pirolitycznej matrycy węglowej (PyC), otrzymanej metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD). Proces syntezy polegał na ogrzewaniu włókien w reaktorze, do którego wprowadzano metan (CH<sub>4</sub>) w różnych proporcjach z azotem (N<sub>2</sub>), co pozwoliło na kontrolowanie parametrów osadzonej warstwy. W celu poprawy właściwości powierzchni, elektrody pokryto nanostrukturami węglowymi, w tym wielościennymi nanorurkami węglowymi funkcjonalizowanymi grupami hydroksylowymi (CNT-OH), nanoszonymi metodą natryskową z zawiesiny.

Wyniki badań wskazują na wyraźne różnice pomiędzy analizowanymi materiałami. Powleczone nanorurkami elektrody CF/PyC-CNT-OH wykazały znacznie lepszą stabilność elektrochemiczną, wyższą pojemność magazynowania ładunku oraz większą odporność na procesy degradacyjne w porównaniu zarówno do niepowlekanych elektrod CF/PyC, jak i referencyjnych elektrod platynowych. Przeprowadzone testy mechaniczne potwierdziły także dobrą przyczepność warstwy CNT-OH oraz wysoką odporność zmęczeniową zarówno materiałów bazujących na PyC, jak i wzbogaconych o nanorurki węglowe.

## **Finansowanie:**

Projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza. Identyfikator projektu 12365. Badania zostały również sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu numer: UMO-2020/39/B/ST5/02126

# CHARAKTERYSTYKA ELEKTROPRZĘDZONYCH NANOKOMPOZYTÓW WĘGLOWO-CERAMICZNYCH CNFS-SiC DO OCZYSZCZANIA WODY

**Weronika PAZDYK-SŁĄBY, Ewa STODOLAK-ZYCH, Dariusz ZIENTARA,  
Aneta FRĄCZEK-SZCZYPTA**

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

E-mail: wpazdyk@agh.edu.pl

Postęp cywilizacji, urbanizacja, rozwój sektorów przemysłu i rolnictwa, a także trwające zmiany klimatyczne doprowadziły do kryzysu wodnego, z którym przyszło się zmierzyć ludzkości w XXI wieku. Degradacja środowiska i zanieczyszczenia przedostające się do wód gruntowych i wody pitnej wymagają wysiłków w zakresie oczyszczania wody. Jedną z najczęściej stosowanych metod oczyszczania wody jest filtracja membranowa. Głównym problemem technik membranowych jest zjawisko foulingu, którego szczególnym przypadkiem jest biofouling, polegający na przyleganiu mikro- lub makroorganizmów w kontakcie z wodą i ich gromadzeniu na powierzchni membrany, co powoduje spadek wydajności filtracji i może prowadzić do skrócenia żywotności membrany.

Poszukiwania nowych rozwiązań technologicznych doprowadziły do wzrostu zainteresowania nanomateriałami węglowymi, zwłaszcza nanorurkami węglowymi (CNT) i grafenem, stosowanymi w systemach oczyszczania i odsalania wody. Ze względu na swoje właściwości nanowłókna węglowe (CNF), choć mniej znane, wydają się być potencjalnym materiałem na membrany do oczyszczania wody.

Praca koncentruje się na wytworzeniu nanokompozytów węglowo-ceramicznych otrzymywanych poprzez termiczną konwersję elektroformowanych nanowłókien poliakrylonitrylowych (PAN). Elektroprądzenie pozwala na kontrolowanie parametrów procesu oraz dodawanie do roztworów modyfikatorów, co pozwala na otrzymywanie CNF i nanokompozytów o pożądanych właściwościach. Fazę ceramiczną wprowadzano do roztworów przewodzących przy użyciu prekursora SiC – polisiloksanu. Wieloetapowa obróbka cieplna obejmowała stabilizację, karbonizację i obróbkę wysokotemperaturową modyfikowanych elektroprzędnych nanowłókien PAN. Otrzymywanie nanowłóknistych kompozytów węglowo-ceramicznych umożliwia tworzenie membran o właściwościach łączących zalety fazy węglowej, jaką jest CNF i fazy ceramicznej – SiC. Wzrost nanostruktur SiC poprawia właściwości mechaniczne, stabilność termiczną i chemiczną oraz odporność na utlenianie.

Oceniono mikrostrukturę, strukturę i chemię powierzchni otrzymanych układów za pomocą technik badawczych, takich jak SEM z analizą składu EDS, XPS, XRD, FTIR. Próbkę testowano pod kątem aktywności mikrobiologicznej.

**Finansowanie:** Projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” w AGH. Identyfikator projektu 12334.

# WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE I LEPKOSPĘŻYSTE KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH ZAWIERAJĄCYCH NAPEŁNIACZE WĘGLOWE

**Magdalena GACA, Magdalena LIPIŃSKA**

*Institut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka,  
ul. Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

E-mail: [magdalena.gaca@p.lodz.pl](mailto:magdalena.gaca@p.lodz.pl)

Celem pracy było zbadanie wpływu napełniaczy węglowych różniących się współczynnikiem kształtu na właściwości kompozytów polimerowych. Przedmiotem badań były kompozyty polimerowe przygotowane z powszechnie stosowanego w przetwórstwie gumy kauczuku butadienowo – styrenowego (KER 1500). Kompozycje polimerowe sieciowano w sposób konwencjonalny, to znaczy siarką w obecności przyśpieszaczy wulkanizacji siarkowej. Otrzymane materiały polimerowe zawierały dwa rodzaje napełniaczy węglowych. Do produkcji elastomerów stosowano sadzę piecową (FEF 550) oraz nanopłatki grafenowe (XG G300). Podczas sporządzania mieszanek gumowych na walcach napełniacze modyfikowano w masie bromkiem 4 – metylo – 1 – butylopirydyniowym (BMBP).

Zbadano właściwości reologiczne i lepkospężyste materiałów polimerowych w temperaturze użytkowania oraz ich właściwości tłumiące w funkcji odkształcenia. Dodatkowo wyznaczono właściwości reometryczne mieszanek gumowych. Wyznaczono gęstość usieciowania kompozytów polimerowych oraz ich właściwości wytrzymałościowe.

---

# BADANIE ODPORNOŚCI NA ŚCIERANIE POWLEKANYCH TEKSTYLNYCH MATERIAŁÓW OCHRONNYCH ZAWIERAJĄCYCH DODATKI WĘGLOWE ORAZ DODATKI ANTYŚCIERNE

**Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Olga OLEJNIK<sup>1</sup>, Magdalena JURCZYK-KOWALSKA<sup>2</sup>,  
Anna BOCZKOWSKA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy- Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej,  
ul. Wierzbowa 48, 90-133 Łódź; <sup>2</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, Warszawa

E-mail: emirz@ciop.lodz.pl

Dodatki węglowe w powlekanych materiałach tekstylnych stosowane są w celu uzyskania wielofunkcyjności aby zapewnić bezpieczeństwo i komfort użytkowania. W materiałach ochronnych kluczowe jest zapewnienie efektu synergii, pracując nad poprawą zarówno właściwości termicznych, jak i mechanicznych. Odporność na ścieranie wg PN-EN 388+A1 jest jedną z kluczowych właściwości, którą należy uwzględnić, projektując rękawice chroniące przed zagrożeniami mechanicznymi. Uzyskanie wysokich parametrów ochronnych rękawic pozwala na zapewnienie bezpieczeństwa osób, które podczas wykonywania czynności manualnych na stanowisku pracy są narażone na czynniki mechaniczne. Jednym ze sposobów modyfikacji warstwy polimerowej, a tym samym powleczenia, jest umieszczenie w matrycy dodatków, takich jak np. węgiel krzemu (SiC), poprawiających właściwości mechaniczne materiałów [1,2]. W niniejszych badaniach, poza dodatkiem antyściernym SiC, zastosowano dodatek węglowy – grafit, który w poprzednim etapie projektu, także zwiększał odporność materiału powlekanego na ścieranie [3].

Wstępne wyniki badań wykazały, że najlepszą odporność na ścieranie uzyskano dla materiału powleczonego zawierającego dodatek antyścierny SiC (2 poziom skuteczności, gdzie maksymalna odnotowana liczba cykli niepowodująca przetrwać wynosiła 800). W przypadku wprowadzenia grafitu z SiC doszło do efektu antagonistycznego i uzyskano pogorszenie tych właściwości (1 poziom skuteczności, gdzie maksymalna odnotowana liczba cykli niepowodująca przetrwać wynosiła 300). Wyniki wskazują na potrzebę dalszych badań nad aplikacją środków antyściernych i węglowych.

## Bibliografia

- [1] Z. C. Lule, E. W. Shiferaw and J. Kim, *Polymers*, 12 (2020) 418-427.
- [2] Z. Hong, H. Jiang, M. Xue, C. Ke, Y. Luo, Z. Yin, C. Xie, F. Zhang, Y. Xiong, *Progress in Organic Coatings*, 168 (2022) 106909.
- [3] E. Irzmańska, A. Boczkowska, E. Żyłka, M. Jurczyk-Kowalska, K. Strycharz, P. Szroeder, *Przemysł Chemiczny*, 103 (2024) 117-123.

## Finansowanie

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „**Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy**”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. projekt nr: I.PN.05 pt.: „Hybrydowe materiały włóknotwórcze modyfikowane grafenem przeznaczone na rękawice strażackie” Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Firma MOULD

Krzysztof BODYŃSKI, 

[bodynski@mould.pl](mailto:bodynski@mould.pl)

**Mould.pl** jest szybko rozwijającym się podmiotem gospodarczym z siedzibą w Gliwicach. Głównym obszarem naszej działalności jest produkcja elementów kompozytowych z użyciem włókna szklanego oraz carbonu, a także form kompozytowych do przemysłu.

### FORMY KOMPOZYTOWE

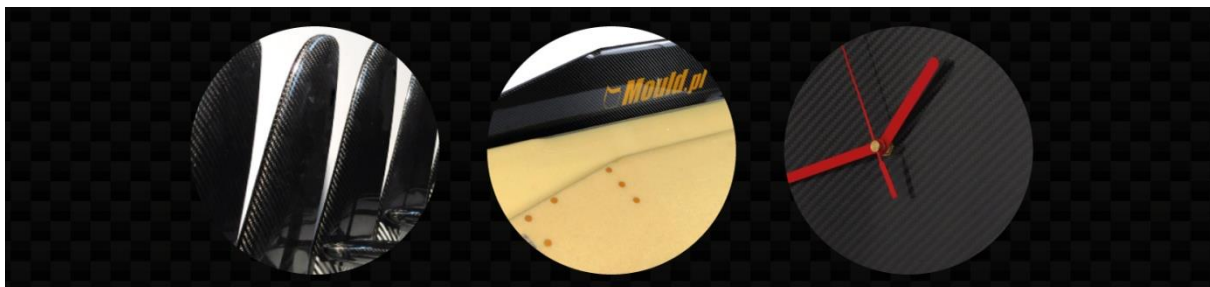
Formy kompozytowe dzięki swoim właściwościom znajdują zastosowanie w niemal każdej gałęzi przemysłu i z powodzeniem mogą konkurować, a nawet wypierać tradycyjne formy aluminiowe i stalowe. Szeroka gama wysoce wyspecjalizowanych tworzyw narzędziowych (żelkoty) oraz możliwość obróbki modelu, dają sposobność uzyskania dowolnej powierzchni formy - (gładkie, chropowate lub imitacja skóry), bez ponoszenia dodatkowych kosztów jak piaskowanie, czy trawienie fotochemiczne. Brak ograniczeń co do kształtu i wielkości projektowanego elementu, sprawia nieograniczony zakres zastosowania naszych form, a dzięki niewielkiej gęstości żywicy (ok. 1500kg/m<sup>3</sup>) w stosunku do aluminium (2700kg/m<sup>3</sup>) i stali (7700kg/m<sup>3</sup>), istnieje możliwość obniżenia ciężaru formy. Do niewątpliwych zalet należą również możliwości regeneracji oraz niski koszt produkcji form, dzięki czemu Państwa firma może znacznie zredukować koszty.



### PRODUKTY KOMPOZYTOWE

Jako jedna z niewielu firm w Polsce posiadamy proporcjoner do żywic epoksydowych, dzięki któremu mamy możliwość wytwarzania struktur kompozytowych technologią RTM i LRTM o wysokich parametrach wytrzymałościowych bez ograniczeń gabarytowych.

Zalety: możliwość uzyskania powierzchni gładkich z obydwóch stron, powtarzalność, ochrona środowiska, wysoka jakość wykonania, duże serie w krótkim czasie - dzięki zastosowaniu wysokotemperaturowych żywic do infuzji i RTM-u, mamy możliwość produkcji elementów w kilka minut. Technologie: RTM i LRTM, Vacuum, Laminowanie ręczne, Prasa.



**PHOENIX EQUIPMENT POLSKA - aplikatory żywic**

Jerzy **MIŚKÓW**

ul.Choinkowa 22, 43-340 Kozy

opticap@opticap.com.pl

**PHOENIX EQUIPMENT POLSKA** jest autoryzowanym przedstawicielem w Polsce producenta urządzeń do aplikacji żywic i żelkotów **PHOENIX EQUIPMENT COMPANY**. W prezentacji zostanie przedstawione działanie aplikatorów przy wytwarzaniu kompozytów polimerowych.

# ROZWIĄZANIA ANTON PAAR W CHARAKTERYSTYCE MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH I KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH

**Damian GRZYWIŃSKI<sup>1</sup>, Marcel DWORCZAK<sup>1</sup>, Konrad KURCBACH<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Anton Paar Poland Sp. z o.o.  
ul. Hołubcowa 123 , 02-854 Warszawa, Polska

E-mail: damian.grzywinski@anton-paar.com

Firma Anton Paar GmbH z siedzibą w Graz (Austria), zajmuje się opracowywaniem, produkcją, dystrybucją i wsparciem w dziedzinie aparatury analitycznej wykorzystywanej na całym świecie w ramach prac badawczo-rozwojowych oraz kontroli jakości. Ponad 100-letnia działalność oraz ciągły rozwój sprawiły, że do naszych klientów należą przedsiębiorstwa z branży petrochemicznej, spożywczej, chemicznej, budowlanej i farmaceutycznej oraz wielu innych. Cieszymy się również ogromnym zaufaniem wśród instytutów naukowych i uczelni publicznych. Zawdzięczamy to szerokiej liczbie produkowanych urządzeń, które umożliwiają [1]:

<b>Charakterystykę materiałów</b>	<b>Pomiar bezpośredni</b>	<b>Rozwiązania procesowe</b>
Reologia	Gęstość	Automatyzacja i robotyzacja
Wielkość cząstek	Lepkość	Roztwarzanie oraz synteza
Potencjał zeta	Refraktometria	mikrofalowa
Twardość i testy zarysowań	Spektroskopia Ramana	Oprzętdowanie
Grubość powłok	Spektroskopia FTIR	procesowe
Powierzchnia właściwa i wielkość porów	Stabilność oksydacyjna	Przepływomierze
Analiza rentgenowska	Temperatura zapłonu	Wytłaczarki
Tekstura	Analiza cukrów	Gniotowniki
	Wilgotność	Młyny laboratoryjne

## References

[1] <https://www.anton-paar.com/pl-pl/>.

## JAK PRZECHWYTYWANIE OBRAZU MOŻE USPRAWNIĆ ANALIZĘ TERMICZNĄ ( REAL VIEW)

Piotr ZAJĄCZKOWSKI

*Firma APInstruments, Warszawa*

e-mail:iotr.zajaczkowski@apinstruments.pl

**Analiza Termiczna** jest szeroko wykorzystywana w analityce przy badaniu wielu różnych materiałów takich jak: polimery, leki, kompozyty i wielu innych. Obecnie coraz częściej podstawowe techniki nie są wystarczające i trzeba poszerzyć możliwości analizatorów. Naprzeciw oczekiwaniom wychodzi system RealView do obserwacji próbki, który pozwala nam nagrywać pomiary przeprowadzane na analizatorach termicznych i daje nam szansę zobaczyć co dzieje się w środku pieca. W wielu przypadkach taki aspekt pomaga nam zrozumieć jeszcze lepiej co dzieje się z próbką podczas po

# OCENA PARAMETRÓW OCHRONNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH ZAWIERAJĄCYCH DODATKI WĘGLOWE

**Paulina KROPIDŁOWSKA<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Klaudia Halicka<sup>1</sup>, Aneta RASZKOWSKA-KACZOR<sup>2</sup>, Daniel KACZOR<sup>2</sup>, Paweł SZROEDER<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej,  
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

<sup>2</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Materiałów Polimerowych, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń

<sup>3</sup>Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Al. Powstańców Wielkopolskich 2, 85-090 Bydgoszcz

E-mail: paulina.kropidlowska@ciop.lodz.pl

Podczas użytkowania środków ochrony indywidualnej, w tym obuwia ochronnego, dochodzi do groźnych wypadków przy pracy, spowodowanych przez zagrożenia mechaniczne, termiczne i chemiczne. Opracowanie w tym zakresie innowacyjnych materiałów pod względem wymagań bezpieczeństwa i ochrony zdrowia jest jednym z kluczowych trendów w projektowaniu środków ochrony indywidualnej. W ramach prowadzonego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym projektu, ukierunkowanego na opracowanie materiałów polimerowych wzmacnianych dodatkami węglowymi [1] z przeznaczeniem na elementy obuwia do zastosowań zawodowych, przeprowadzono ocenę parametrów ochronnych uzyskanego materiału polimerowego. W tym zakresie podjęto współpracę pomiędzy: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytutem Materiałów Polimerowych (Toruń), Uniwersytetem Kazimierza Wielkiego (Bydgoszcz) oraz producentem obuwia ochronnego. W ramach wspólnie prowadzonych badań, w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytutu Materiałów Polimerowych, wytworzono płaskie materiały polimerowe. W procesie wytłaczania wykonano próbki z polichlorku winylu zawierające 0,5 % dodatku materiałów węglowych (grafen, nanorurki węglowe). Następnie, w CIOP-PIB, przeprowadzono badania parametrów ochronnych zgodnie z normą [2], dedykowaną do oceny materiałów przeznaczonych do konstrukcji obuwia ochronnego. Przeprowadzono badania parametrów mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie i rozdieranie) i chemicznych (odporność na działanie izooktanu). Zaobserwowano zmiany właściwości ochronnych w zakresie obniżenia odporności mechanicznej (o 10%) oraz odporności chemicznej wyrażonej zmianą objętości struktury pod wpływem działania izooktanu (o 200 %).

Słowa kluczowe: materiały węglowe, polimerowe obuwie ochronne, parametry ochronne

Informacja o finansowaniu: Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Projekt nr I.PN.04 pod tytułem: Kompozytowe materiały polimerowe wzmacniane funkcjonalizowanym grafenem przeznaczone na elementy obuwia do zastosowań zawodowych), Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

## References

[1] Kropidłowska P., Irzmańska E., Halicka K., Adamus-Włodarczyk A., Raszowska-Kaczor A., Kaczor D., Szroeder P., Doering M. (2025) Improving the mechanical and electrostatic properties of polymer composites for personal protective equipment by incorporating graphite into a poly(vinyl chloride) polymer matrix. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 31(1), 110–120. <https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2444768>

[2] PN-EN ISO 20344:2022-04 Środki ochrony indywidualnej - Metody badania obuwia

# KOMPOZYTY POLIMEROWE JAKO ALTERNATYWA ZAGOSPODAROWANIA ODPADÓW Z FARM WIATROWYCH

**Krzysztof BAJER, Volodymyr KRASINSKYI, Aneta RASZKOWSKA-KACZOR, Oksana KRASIŃSKA,  
Daniel KACZOR, Lauren SZYMAŃSKA**

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych,  
87-100 Toruń, ul. M. Skłodowskiej-Curie 55*

E-mail: Krzysztof.bajer@impib.lukasiewicz.gov.pl

Energia wiatrowa jest niewyczerpalnym i wydajnym źródłem energii. Wraz z rozwojem energetyki wiatrowej rośnie zapotrzebowanie na łopaty turbin wiatrowych. Określa się, że na każdy 1 kW nowej energii potrzeba 10 kg materiału na łopaty, których okres użytkowania wynosi obecnie 20-25 lat. Po tym okresie łopaty są wycofywane z eksploatacji i szacuje się, że w ciągu kilku lat może znaleźć się na rynku ponad 400 tys. ton zużytych łopat [1]. Łopaty są wykonane głównie z termoutwardzalnych żywic wzmocnionych włóknami szklanymi (GF) lub/i węglowymi (CF). Materiał taki jest trudny do recyklingu, nie można go poddać bezpośrednio recyklingowi. Obecne metody utylizacji to przede wszystkim składowanie na wolnym powietrzu na składowiskach lub spalanie. Metody te jednak uniemożliwiają racjonalne ponowne wykorzystanie zasobów i powodują zanieczyszczenie środowiska. Ideą naszego pomysłu było zagospodarowanie tych odpadów w formie kompozytów termoplastycznych, których recykling jest znany i możliwy do wykonania, dzięki czemu energia wiatrowa może stać się całkowicie „czystą energią”.

Celem realizowanego przez nas projektu było określenie możliwości bezpośredniego wykorzystania rozdrobnionego odpadu łopat wiatraków jako napełniacza do typowych tworzyw termoplastycznych, zbadanie podstawowych właściwości otrzymanych kompozytów i wytworzenie z nich demonstracyjnych wyrobów konstrukcyjnych. W prezentacji przedstawiono metodologię przygotowania gotowych kompozytów bazujących na ABS i PVC wraz z ich charakterystyką właściwości oraz zaprezentowano technologię wytwarzania z nich płyt i profili wraz z określeniem ich podstawowych właściwości. Na podstawie uzyskanych wyników możemy stwierdzić, że recykling mechaniczny łopat może stanowić jedną z alternatywnych metod ich utylizacji. Wytworzone przez nas wyroby zawierały od 20% do 50% odpadowego przemiału i odznaczały się dobrymi parametrami wytrzymałościowymi. Produkty takie mogą znaleźć zastosowanie w branży budowlanej, drogowej, ogrodniczej czy reklamowej.

## References

- [1] Neelam Rathore and N. L. Panwar, Waste Management & Research 2023, Vol. 41(4) 744–759

# MOŻLIWOŚCI RECYKLINGU I PONOWNEGO WYKORZYSTANIA WYSOKOSPRAWNYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH

Karolina STANKIEWICZ<sup>1</sup>, Adrian LIPKOWSKI<sup>1</sup>, Piotr KOWALCZYK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256, Warszawa

E-mail: karolina.stankiewicz@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Celem wystąpienia jest przedstawienie praktycznych możliwości odzysku kompozytów termoplastycznych oraz analiza ich ponownego wykorzystania w kontekście zrównoważonego rozwoju.

Wysokosprawne kompozyty termoplastyczne odgrywają kluczową rolę w przemyśle lotniczym, motoryzacyjnym oraz kosmicznym dzięki swojej wysokiej wytrzymałości, odporności na czynniki środowiskowe i stosunkowo niskiej masie. Kompozyty termoplastyczne, dzięki swojej strukturze chemicznej i właściwościom fizycznym, mogą być wielokrotnie przetwarzane, w przeciwieństwie do kompozytów duroplastycznych, które po utwardzeniu tracą tę możliwość.



Rysunek 1 Schematyczne przedstawienie procesu mechanicznego recyklingu kompozytów termoplastycznych.

Istnieją trzy główne metody recyklingu materiałów kompozytowych: mechaniczny, chemiczny i termiczny. W zależności od zastosowanej metody ponowne przetworzenie może prowadzić do zmian właściwości mechanicznych i fizykochemicznych materiału. W przypadku recyklingu mechanicznego często dochodzi do zmiany mikrostruktury, co skutkuje obniżeniem wytrzymałości mechanicznej. W związku z tym elementy powstałe po recyklingu mechanicznym kompozytów termoplastycznych najlepiej sprawdzają się jako struktury drugorzędowe, wspierające główną strukturę nośną, lecz nieprzenoszące krytycznych obciążeń. Przykładem takich zastosowań mogą być elementy wewnętrznych paneli pojazdów, osłony czy mniej obciążone części takie jak obudowy ogniw pojazdów elektrycznych.

Szczególny nacisk badań został położony na recykling mechaniczny kompozytów termoplastycznych, obejmujący ponowne przetwarzanie materiału bez dodatkowego udziału polimeru termoplastycznego. Przeprowadzone zostały badania pozwalające ocenić wpływ procesu recyklingu mechanicznego na właściwości materiałowe. Skuteczność procesu recyklingu została udowodniona poprzez wytworzenie demonstratorów technologicznych, co umożliwia ocenę ich potencjalnych zastosowań w różnych gałęziach przemysłu.

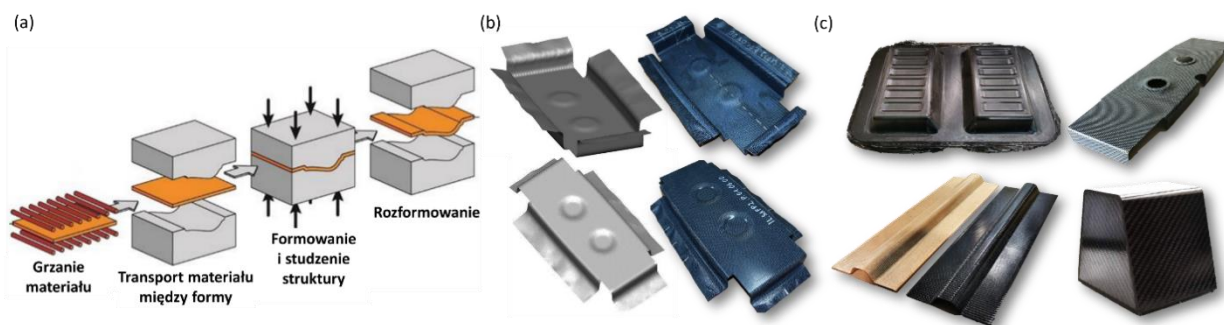
# TERMOFORMOWANIE WYSOKOSPRAWNYCH KOMPOZYTÓW TERMOPLASTYCZNYCH – PROCES, WYZWANIA, MOŻLIWOŚCI

Adrian LIPKOWSKI<sup>1</sup>, Karolina STANKIEWICZ<sup>1</sup>, Piotr KOWALCZYK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Lotnictwa, al. Krakowska 110/114, 02-256, Warszawa

E-mail: adrian.lipkowski@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Kompozyty termoplastyczne stanowią dynamicznie rozwijającą się alternatywę dla klasycznych kompozytów duroplastycznych. Główne różnice wynikają ze zdolności termoplastów do wielokrotnego uplastyczniania i przetwarzania pod wpływem temperatury, co otwiera możliwości szybkiego formowania złożonych struktur oraz późniejszego recyklingu. W przeciwieństwie do termosetów, termoplasty nie wymagają długiego czasu utwardzania, a proces termoformowania trwa do kilku minut. Procesowi termoformowania można poddawać zarówno płaskie laminaty termoplastyczne, jak i przygotowane uprzednio preformy składające się z układów tkanin o różnych splotach lub taśm jednokierunkowych o osnowie termoplastycznej.



Rysunek 1 (a) Idea procesu termoformowania [1], (b) modelowanie komputerowe i optymalizacja parametrów procesu technologicznego przy użyciu oprogramowania PAM-COMPOSITES, (c) przykładowe struktury wykonane z kompozytów termoplastycznych w procesie termoformowania

Termoformowanie to kluczowy proces przetwarzania wysokosprawnych kompozytów termoplastycznych, obejmujący podgrzewanie laminatu w promiennikach podczerwieni (IR) powyżej temperatury przetwarzania, a następnie jego formowanie przy użyciu zewnętrznych matryc kształtujących. Po kontrolowanym chłodzeniu i rozformowaniu uzyskuje się stabilny wymiarowo element o wymaganym kształcie. Rozwój technologii termoformowania kompozytów termoplastycznych obejmuje również wykorzystanie narzędzi numerycznych, określając zachowanie materiału w trakcie procesu prasowania oraz optymalizacji parametrów procesu technologicznego, co redukuje czas i koszty eksperymentalnej walidacji procesu wytwarzania. Dalszy rozwój technologii termoformowania otwiera drogę do wdrażania wysokowydajnych kompozytów w lotnictwie, motoryzacji, sektorze sportowym oraz kosmicznym, gdzie kluczowe znaczenie mają lekkość, wytrzymałość mechaniczna oraz odporność na ekstremalne warunki środowiskowe.

## Literatura

[1] Wilkinson, S. Optimisation of the stamp forming process for thermoplastic composites (2021).

# TERMOPLASTYCZNE STRUKTURY ANTYPRZECIĘCIOWE OTRZYMYWANE TECHNIKĄ DRUKU 3D APLIKOWANE NA RĘKAWICE OCHRONNE DO ZASTOSOWAŃ W ŚRODOWISKU PRACY

Olga OLEJNIK<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Jakub SARAMAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Środków Ochrony Indywidualnej, ul. Wierzbowa 48, 90-133 Łódź; <sup>2</sup>SMK3D Jakub Saramak, ul. Pabianicka 49, 95-082 Chechło Pierwsze

E-mail: olgol@ciop.lodz.pl

Druk 3D zyskuje coraz większą popularność w wielu dziedzinach przemysłu, a obecnie stanowi także innowacyjne podejście do otrzymywania nowych środków ochrony indywidualnej charakteryzujących się coraz lepszymi właściwościami ochronnymi [1]. Technologia ta pozwala na tworzenie dokładnych, indywidualnie dopasowanych elementów, uzyskując w ten sposób nie tylko rękawice o polepszonych właściwościach ochronnych, ale także dostosowanych do potrzeb użytkownika, uwzględniając również aspekt ergonomiczny. Obecnie w CIOP-PIB we współpracy z firmą SMK 3D Jakub Saramak oraz S.I. Zgoda (umowa o zachowaniu poufności z dnia 07.09.2023 r.) prowadzone są badania nad hybrydowymi materiałami kompozytowymi przeznaczonymi do rękawic odpornych na przecięcie wytwarzanymi z zastosowaniem techniki druku 3D [2,3].

W badaniach zaproponowano wykorzystanie druku 3D do opracowania nowych nakładek antyprzecięciowych o strukturze ażurowej w celu wzmocnienia tekstyliów w konstrukcjach rękawic ochronnych. W firmie SMK 3D Jakub Saramak wytworzono dwa rodzaje nakładek termoplastycznych, różniących się między sobą zagęszczeniem wybranego wzoru (kratki), które następnie zgrzewano z dzianiną poliamidową (S.I. Zgoda) i wytworzono materiał badawczy. W efekcie otrzymano dwa rodzaje hybrydowych materiałów kompozytowych. W CIOP-PIB wykonano badania właściwości ochronnych w zakresie odporności na ścieranie oraz odporności na przecięcie – zgodnie z normą PN-EN 388+A1:2019-01. Badania wykazały, że dla hybrydowego materiału kompozytowego charakteryzującego się większym zagęszczeniem wybranego wzoru osiągnięto wysoki poziom skuteczności (3 poziom w skali od 0 do 4) w porównaniu do dzianiny poliamidowej bez wzmocnienia (0 poziom skuteczności). W zakresie odporności na przecięcie ten sam materiał hybrydowy odznaczał się najwyższym poziomem skuteczności (poziomem F) w porównaniu do dzianiny poliamidowej bez nakładki (poziom B). Otrzymane materiały mogą być aplikowane do rękawic chroniących przed zagrożeniami mechanicznymi na najwyższym poziomie ochrony.

## Bibliografia

- [1] JM. Jafferson and S. Pattanashetti, *Materials Today: Proceedings*, 46 (2021) 1247-1260.
- [2] E. Żyłka, E. Irzmańska, J. Saramak, M. Jurczyk-Kowalska, *Materials*, 17 (2024) 90-106.
- [3] E. Irzmańska, A. Cichocka, A.K. Puszkarz, O. Olejnik, P. Kropidłowska, *Materials* 17 (2024) 5404-5415.

## Finansowanie:

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. projekt nr: I.PN.03 pt.: „Hybrydowe materiały kompozytowe przeznaczone do rękawic odpornych na przecięcie wytwarzane z zastosowaniem techniki druku 3D” Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

# KSZTAŁTOWANIE WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW ZAWIERAJĄCYCH RÓŻNE RODZAJE KOMPONENTÓW WĘGLOWYCH

**Jerzy MYALSKI<sup>1</sup>, Andrzej Posmyk<sup>2</sup>, Hanna MYALSKA-GŁOWACKA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej

<sup>2</sup> Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej

E-mail: e-mail: jerzy.myalski@polsl.pl

W pracy przedstawiono wyniki badań kompozytów zawierających komponenty węglowe pozyskiwane z różnego rodzaju prekursorów węglowych. Uzyskane węgle o strukturze amorficznej wykorzystywano jako komponent do modyfikacji właściwości tribologicznych. Jego budowa pozwala na tworzenie się w trakcie tarcia produktów węglowych adhezyjnie połączonych z powierzchnią współpracujących materiałów spełniających funkcję smaru stałego.

Prekursorami materiałów węglowych były żywice fenolowo-formaldehydowe, tekstolit oraz drewno. Prekursory podano procesie pirolizy prowadzone w atmosferze ochronnej w temperaturze 1000°C. Uzyskane różne postacie zwęglonych materiałów stanowiły komponenty umacniające kompozytów polimerowych. Osnową kompozytów była żywica fenolowo-formaldehydowa. Dodatkowo, dla porównania właściwości, wykorzystano kompozyty umacniane włóknem węglowym. Dla opracowanych składów kompozytów zostały przeprowadzone badania tribologiczne na testerze T-11 w układzie trzpień-tarcza w warunkach tarcia suchego przy różnych wartościach obciążenia, na drodze tarcia wynoszącej 5000 m. Wyniki pomiarów współczynnika tarcia oraz zużycia wykazały znaczące różnice wynikające z prekursorów węglowych. Analiza mikrostrukturalna śladów współpracy z trzpieniem żeliwnym pozwoliła na zidentyfikowanie mechanizmów zużycia się kompozytów. Przeprowadzone badania wykazały, że wykorzystanie w kompozycie różnych przestrzennych struktur węglowych wpływa na większą stabilność zmian współczynnika tarcia oraz ogranicza zużycie kompozytów. Na ich podstawie można optymalizować skład materiałów współpracujących w skojarzeniach ciernych i ich ściśle dostosowanie do warunków współpracy wynikającej z obciążenia i prędkości poślizgu.

# NANOMATERIAŁY HYBRYDOWE OPARTE NA GRAFENIE 3D i CELULOZIE: SYNTEZA, WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIA

Aleksandra ŚCIGAŁA<sup>1</sup>, Piotr MADAJSKI<sup>1</sup>, Sonnur KURTULUŞ<sup>1</sup>, Andrzej OLEJNICZAK<sup>1</sup>, Paweł BINKOWSKI<sup>1</sup>, Julia PACHNIEWSKA<sup>1</sup>, Mateusz SZTYLER<sup>1</sup>, Piotr GAUDEN<sup>1</sup>,  
Piotr KAMEDULSKI<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Toruń, Polska;

<sup>2</sup> Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, Polska;

E-mail: [gaudi@umk.pl](mailto:gaudi@umk.pl)

Otrzymywanie materiałów węglowych o wysokiej powierzchni właściwej jest istotnym elementem badań projektowaniu systemów konwersji i magazynowania energii [1]. Węgiel aktywny (AC) otrzymuje się z różnych surowców, zarówno odnawialnych, jak i nieodnawialnych. Surowce odnawialne obejmują głównie materiały pochodzenia roślinnego, m.in. drewno, łupiny orzechów, celuloza. Atrakcyjny materiał wyjściowy do produkcji AC stanowią w szczególności odpady przemysłowe bogate w celulozę. Naturalna celuloza charakteryzuje się niskim polem powierzchni właściwej (>10 m<sup>2</sup>/g), jednak odpowiednia aktywacja chemiczna pozwala zwiększyć powierzchnię materiału do nawet powyżej 2000 m<sup>2</sup>/g.

W badaniach otrzymano materiały węglowe o wysokiej powierzchni właściwej poprzez karbonizację mikrokryształicznej celulozy oraz aktywację chlorkiem cynku (ZnCl<sub>2</sub>). Zastosowanie ZnCl<sub>2</sub> znacząco zwiększyło pole powierzchni materiału, a zmiana stosunku celulozy do ZnCl<sub>2</sub> pozwoliła uzyskać materiały o powierzchni w zakresie 840–2700 m<sup>2</sup>/g. Wstępne badania elektrochemiczne potwierdziły wysoką aktywność katalityczną materiałów w reakcji redukcji tlenu (ORR), wskazując na dominujący czteroelektronowy mechanizm reakcji. Dodatkowo, materiały połączono z nanopłatkami grafenowymi (GNP) w celu dalszej poprawy ich właściwości katalitycznych. Otrzymane materiały węglowe zostały scharakteryzowane za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM), spektroskopii Ramana, analizy elementarnej, spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii (EDX) oraz spektroskopii fotoelektronów rentgenowskich (XPS).

[1] Suhas, V.K. Gupta, P.J.M. Carrott, Randhir Singh, Monika Chaudhary, Sarita Kushwaha, Cellulose: A review as natural, modified and activated carbon adsorbent, Bioresource Technology, Volume 216, 2016, Pages 1066-1076.

*Specjalne podziękowania dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Polska) za wsparcie finansowe badań (umowa nr LIDER13/0303/2022).*

# MATERIAŁY WĘGLOWE AKTYWOWANE $ZnCl_2$ : WŁAŚCIWOŚCI I PERSPEKTYWY

Julia **PACHNIEWSKA**<sup>1</sup>, Piotr **KAMEDULSKI**<sup>1,2</sup>, Piotr **GAUDEN**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Chemii, Toruń, Polska;

<sup>2</sup> Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń, Polska;

E-mail: 317314@stud.umk.pl

Rozwijające się badania nad pozyskiwaniem ekologicznego wodoru stwarzają potrzebę skupienia uwagi nad materiałami, dzięki którym możliwe będzie magazynowanie zgromadzonej energii. Przyszłościowym rozwiązaniem może okazać się wykorzystanie superkondensatorów w sektorach przemysłu energetycznego i motoryzacyjnego co pozwoliłoby na dekarbonizację środowiska. Superkondensatory redukują straty energii w pojazdach hybrydowych i elektrycznych oraz dodatkowo wykazują się dużą żywotnością nawet kilkaset tysięcy cykli ładowania-rozładowania. Materiały węglowe o małej masie i wysokich polach powierzchni oprócz redukcji masy układów zasilających pozwalają na jeszcze efektywniejsze ich wykorzystanie [1].

W poniższej pracy zaproponowano metodę syntezy materiałów węglowych o wysokich polach powierzchni pozornej. Związki na bazie celulozy aktywowane zostały za pomocą chlorku żelaza (II) według zmodyfikowanej procedury zaproponowanej przez Wei i wsp. [2]. Zdolność sorpcyjna badanych materiałów została scharakteryzowana w oparciu o niskotemperaturowe pomiary adsorpcji azotu,  $N_2$  (77K). Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM) z systemem spektrometru rentgenowskiego (EDX) jako metodą badawczą została wykorzystana do obserwacji, analizy i charakteryzacji powierzchni i warstwy wierzchniej powierzchni badanych materiałów, w tym głównie morfologii i składu pierwiastkowego. Analiza EDX wykorzystana została w celu wykrycia jonów cynku oraz chlorkowych na powierzchni materiałów węglowych.

Nieporowatą czystą celulozę udało się tak zmodyfikować, że końcowy materiał posiada rozwiniętą strukturę porowatą. Otrzymane materiały charakteryzują się wysokim polem powierzchni pozornej nawet 1445 razy wyższym w odniesieniu do początkowego układu. Modyfikacja wyjściowej celulozy doprowadziła do otrzymania materiału o silnie rozwiniętej strukturze porowatej, zarówno mikro-, jak i mezoporowatej. Analiza EDX wskazała na pozostałości aktywatora na powierzchni materiału węglowego.

[1] Sharma P., Bhatti T.S., A review on electrochemical double-layer capacitors. Energy Conversion and Management; 51 (2010) 2901–12.

[2] Wei, X.-Q., Li, Q.-h., Li, H.-c., Li, H.-j., Chen, S.-X., The use of  $ZnCl_2$  activation to prepare low-cost porous carbons coated on glass fibers using mixtures of Novolac, polyethylene glycol and furfural as carbon precursors. New Carbon Materials. 30 (2015) 579–86.

*Specjalne podziękowania dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Polska) za wsparcie finansowe badań (umowa nr LIDER13/0303/2022).*

# PROBLEM WYZNACZANIA PÓŁ POWIERZCHNI MATERIAŁÓW WĘGLOWYCH

Piotr A. GAUDEN<sup>1</sup>, Mateusz SZTYLER<sup>1</sup>, Sylwester FURMANIAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Polska

<sup>2</sup>Akademia Nauk Stosowanych im. Stanisława Staszica w Pile, Polska

E-mail: sfurmaniak@ans.pila.pl

Adsorbenty różnią się między sobą przede wszystkim strukturą porowatą oraz naturą chemiczną powierzchni. Najważniejszymi parametrami opisującymi każdy adsorbent są pole powierzchni właściwej oraz związane z nim objętość i wielkość porów [1]. Pojęcie powierzchni właściwej ciała stałego rozumiane jest jako powierzchnia dostępna dla cząsteczek gazu lub cieczy i obejmuje zarówno jego powierzchnię zewnętrzną, jak i wewnętrzną, która związana jest z jego porowatością. Definiuje się ją jako rzeczywistą powierzchnię materiału biorącą udział w adsorpcji przypadającą na jednostkę masy adsorbentu i najczęściej wyraża się w m<sup>2</sup>/g [1].

Istnieje wiele metod wyznaczania powierzchni właściwej. Najbardziej rozpowszechnionymi są metody oparte na pomiarach adsorpcji gazów i par. W przypadku metod adsorpcyjnych, klasyczny pomiar polega na wyznaczeniu izotermy adsorpcji azotu w temperaturze jego wrzenia (77 K). Izoterma taka najczęściej jest analizowana z wykorzystaniem równania izotermy Brunauera, Emmeta i Tellera (BET), co prowadzi do wyznaczenia pojemności monowarstwy i odpowiadającego jej pola powierzchni ( $S_{BET}$ ).  $S_{BET}$  jest powszechnie stosowanym prostym parametrem odzwierciedlającym zdolności adsorpcyjne badanych materiałów. Warto też wspomnieć o innych metodach bazujących na wyznaczeniu monowarstwy w oparciu o zmierzone izotermy adsorpcji (np. metoda "A,B,C-point") [1].

Niniejsze doniesienie dotyczy weryfikacji wiarygodności różnych sposobów wyznaczania wartości pól powierzchni ze szczególnym naciskiem na metodykę opisaną przez Rouquerola i wsp. [2] i jej porównanie z podejściem klasycznym. Zaprezentowane zostaną wyniki oparte na doświadczalnych izotermach adsorpcji azotu dla różnorodnych węgla aktywnych oraz na danych uzyskanych z wykorzystaniem symulacji Monte Carlo. Podstawą tych ostatnich są serie węgla mikroporowatych o budowie nieuporządkowanej (modele węgla aktywnych) [3] oraz uporządkowanej (gyroidalnej) [4]. Ścisła znajomość struktury atomowej umożliwia wyznaczenia wartości ich pól powierzchni geometrycznych ( $S_{geo}$ ) i porównanie z wartościami wyznaczonymi pośrednio w oparciu o różne metody adsorpcyjne ( $S_{ads}$ ).

## Literatura

- [1] R.Ch. Bansal, M. Goyal, *Activated Carbon Adsorption*, CRC, Boca Raton, 2005.
- [2] J. Rouquerol, P. Llewellyn, F. Rouquerol, in: P. Llewellyn, F. Rodriguez-Reinoso, J. Rouquerol, N. Seaton (Eds.), *COPS VII, Studies in Surface Science and Catalysis*, 160, Elsevier, Amsterdam and Oxford, 2007, p. 49.
- [3] A.P. Terzyk, S. Furmaniak, P.A. Gauden, P.J.F. Harris, J. Włoch, P. Kowalczyk, *Journal of Physics: Condensed Matter*, 19 (2007) 406208.
- [4] S. Furmaniak, P.A. Gauden, A.P. Terzyk, P. Kowalczyk, *Condensed Matter Physics*, 19 (2016) 13003.

*Badania wykonano z wykorzystaniem infrastruktury Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego.*

# SINGLE-ATOM ELECTROCATALYSTS FOR ENERGY CONVERSION AND STORAGE

Karolina KORDEK-KHALIL

*Politechnika Wrocławska, ul. Gdańska 7/9, 50-344 Wrocław*

E-mail: Karolina.kordek-khalil@pwr.edu.pl

Generally the best electrocatalysts used nowadays require the use of a large amount of precious metals.[1] However, recent trends in catalyst design are moving toward the use of cheaper and/or more abundant metals and maximising metal utilisation by increasing surface exposure. The latter can be realised by decreasing the size of metal particles/clusters to subnanometre scale. The ultimate goal of this reduction is to obtain single metal atoms dispersed on a support material, forming highly electrocatalytically active structures, referred to as single-atom catalysts (SACs). This can be realised when the metal-support interaction is stronger than that of the metal-metal bond.[2]

The biggest advancements in preparation of SACs are in noble-metal-based materials (Pt, Ir, etc.) for various electrochemical reactions, especially hydrogen evolution (HER). However, in recent years, more non-precious metal-based SACs have emerged that can further reduce material costs. This is particularly advantageous in large-scale production.[1]

One of the emerging applications of SACs is the CO<sub>2</sub> reduction reaction (CO<sub>2</sub>RR). CO<sub>2</sub>RR is a practical method of converting toxic waste, namely CO<sub>2</sub>, into valuable fuels or chemicals. This process can be run under ambient conditions using excess electricity or electricity supplied from renewable sources. Depending on applied catalyst and process conditions, the reaction can lead to the formation of C1 (CH<sub>4</sub>, CO, HCOO<sup>-</sup>, etc.), C2 (CH<sub>3</sub>OH, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, etc.) or even higher hydrocarbons and derivatives.[3,4]

In a CO<sub>2</sub> electrolyzer, on the cathode CO<sub>2</sub> is reduced with a formation of liquid and/or gaseous hydrocarbon products and OH<sup>-</sup> (CO<sub>2</sub>RR). The anions are then transferred to the anodic zone through the anion exchange membrane (AEM). There, at the anode, oxidation of alkaline water takes place in the oxygen evolution reaction (OER). Both CO<sub>2</sub>RR and OER are rather complex and multistep electrochemical reactions involving the exchange of many electrons.[1] Therefore, both reactions require proper electrocatalysts to minimise the consumption of electrical energy and direct the reaction on the right path, with the formation of the desired products.

In this presentation, recent advancements, trends, and challenges of the SACs development for CO<sub>2</sub>RR will be presented.

## References

- [1] C. Jia et al., *Advanced Materials*, 36, (2024) 2404659
- [2] X. Zhao, D. He, B. Y. Xia, Y. Sun, and B. You, *Advanced Materials* 35 (2023) 2210703
- [3] T. Zheng et al., *Joule*, 3 (2019) 265–278
- [4] H. Wang, Y. Tong, and P. Chen, *Nano Energy*, 118 (2023) 108967

# POTENCJALNE ZASTOSOWANIE ZUŻYTYCH ADSORBENTÓW NA BAZIE WĘGLA MAGNETYCZNEGO W MIESZANKACH KOKSU WIELKOPIECOWEGO

Melis CAKIROGLU<sup>1</sup>, Ewa LORENC-GRABOWSKA<sup>1</sup>,

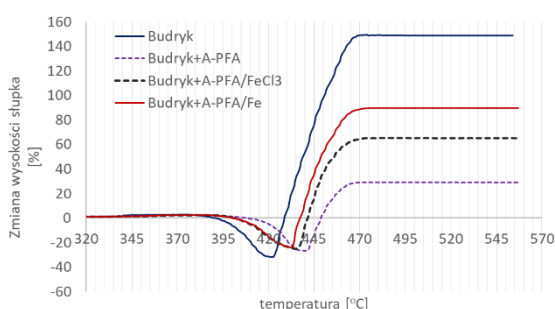
Department of Process Engineering and Technology of Polymer and Carbon Materials, Faculty of Chemistry, Wrocław University of Science and Technology, Gdańska 7/9, Wrocław 50-344, Poland

E-mail: ewa.lorenc-grabowska@pwr.edu.pl

Obecność żelaza stwarza możliwość przetwarzania zużytego adsorbentu węglowego o właściwościach magnetycznych w produkcji koksu metalurgicznego. Przyjmuje się że w celu uczynienia procesów wielkopiecowych bardziej przyjaznym dla środowiska, konieczne jest zmniejszenie zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych. Tego rodzaju redukcję można osiągnąć poprzez zastosowanie koksu o wysokiej reaktywności a reaktywność koksu metalurgicznego można zwiększyć poprzez dodanie katalizatora na bazie żelaza.

Głównym celem niniejszej pracy jest zbadanie wpływu dodatku zużytego adsorbentu magnetycznego na parametry charakteryzujące właściwości mieszaniny koksowniczej. Adsorbenty zostały otrzymane z alkoholu polifurfurylowego [1] oraz trocin. Określono proporcje, w jakich te domieszki mogą być stosowane, aby uzyskać optymalne parametry reaktywności koksu, przy jednoczesnym zachowaniu odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej oraz niskiej zawartości balastu w postaci zanieczyszczeń mineralnych. W tym celu przeprowadzono szereg testów: moc koksowania w teście Roga oraz właściwości plastyczne w teście Audibert-Arnu. Ponadto, wykonano oznaczenie wytrzymałości koksu oraz reaktywności koksu względem CO<sub>2</sub>. Wybraną mieszankę koksu scharakteryzowano także za pomocą technik SEM-EDX, XRD oraz TGA 8000 Perkin Elmer.

Badania wykazały, że rodzaj materiału wyjściowego, z którego otrzymano węglowe adsorbenty magnetyczne, nie miał istotnego wpływu na końcową wytrzymałość koksu. Ta cecha była uzależniona przede wszystkim od ilości dodanego zużytego adsorbentu. Wzrost ilości kompozytów zawierających żelazo prowadził do zwiększenia reaktywności otrzymanego koksu. Jednakże, dodatek powyżej 15% powodował spadek degradowalności koksu. Rodzaj materiału wyjściowego, z którego uzyskano adsorbent magnetyczny, miał natomiast istotny wpływ na właściwości plastyczne mieszaniny koksowej (Rys.1). Dodatek



adsorbentów otrzymanych z biomasy w znaczący sposób zmniejszała dylatację, podczas gdy adsorbenty magnetyczne oparte na polimerach nie wywoływały takiego efektu. Przeprowadzone badania pokazują, że zużyte węglowe adsorbenty magnetyczne stanowią obiecujący dodatek do produkcji koksu piecowego.

Rys. 1. Badanie plastyczności mieszanek metodą Audiberta-Arnu

## References

- [1] E. Lorenc-Grabowska, O. Stasiak, K. J. Kordek-Khalil, Adsorption 30 (2024) 279–291.

# KOMPOZYTY POLIMEROWE Z NAPEŁNIACZAMI Z BIOMASY ODPADOWEJ

**Magdalena GACA<sup>1</sup>, Piotr SACHANOWSKI<sup>1</sup>, Rafał RUŚNIOK<sup>2</sup>, Ewa LORENC-GRABOWSKA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Technologii Polimerów i Barwników, Wydział Chemiczny, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 16 90-537 Łódź; <sup>2</sup> Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wydział Chemiczny, Politechnika Wrocławska, ul. Gdańska 7/9 50-344 Wrocław

E-mail: [magdalena.gaca@p.lodz.pl](mailto:magdalena.gaca@p.lodz.pl); [ewa.lorenc-grabowska@pwr.edu.pl](mailto:ewa.lorenc-grabowska@pwr.edu.pl)

W kompozytach polimerowych napełniacze z biomasy odpadowej są stosowane z kilku ważnych powodów. Biomasa może być tańszą alternatywą dla tradycyjnych napełniaczy, takich jak wypełniacze mineralne (np. talk, wapień). W zależności od rodzaju użytej biomasy odpadowej, możliwe jest uzyskanie kompozytów o lepszych właściwościach, takich jak wytrzymałość, elastyczność, czy odporność na temperaturę. Ponadto biomasa odpadowa może wpływać na poprawę właściwości powierzchniowych materiału. Dodatkowo wykorzystanie materiałów pochodzących z biomasy, która pochłaniała dwutlenek węgla w trakcie wzrostu roślin, może przyczynić się do redukcji emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia produktu. Dzięki temu kompozyty polimerowe z napełniaczami z biomasy odpadowej mogą być bardziej ekologiczne niż tradycyjne kompozyty.

Celem niniejszych badań było określenie wpływu napełniaczy pochodzących z biomasy odpadowej na właściwości kompozytów polimerowych. Przedmiotem badań były materiały polimerowe przygotowane z kauczuku butadienowo-styrenowego, powszechnie stosowanego w przetwórstwie gumy. Kompozycje polimerowe zostały usieciowane przy użyciu konwencjonalnej substancji sieciującej (siarki) w obecności przyspieszaczy wulkanizacji siarkowej. Kompozyty polimerowe zawierały trzy rodzaje napełniaczy węglowych, w tym karbonizaty otrzymane z trocin sosnowych.

W ramach badań wyznaczone zostały właściwości reometryczne mieszanek gumowych oraz zbadano proces ich sieciowania za pomocą analizy termicznej. Określono gęstość usieciowania kompozytów polimerowych oraz ich właściwości wytrzymałościowe. Przeanalizowano również stabilność termiczną kompozytów oraz ich odporność na starzenie termooksydacyjne

Tego typu rozwiązania w produkcji kompozytów polimerowych są korzystne zarówno dla przemysłu, jak i dla środowiska, umożliwiając tworzenie bardziej zrównoważonych i innowacyjnych materiałów.

# POFERMENT KUKURYDZIANY JAKO PREKURSOR ADSORBENTÓW WĘGLOWYCH STOSOWANYCH DO USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ POCHODZENIA FARMACEUTYCZNEGO

Robert **WOLSKI**, Robert PIETRZAK

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań*

E-mail: robert.pietrzak@amu.edu.pl

Przemysł farmaceutyczny stanowi jedną ważniejszych gałęzi przemysłu a zarazem najbardziej dochodową i dynamicznie rozwijającą się branżę na całym świecie. Obserwujemy globalny wzrost spożycia farmaceutyków. Szacuje się, że roczna światowa konsumpcja aktywnych farmakologicznie substancji wynosi obecnie ponad 100 000 ton, a od roku 2015 do 2023 roku wzrosła o 28%. Wzrost ten prowadzi do zwiększonej dystrybucji farmaceutyków do środowiska naturalnego. Po spożyciu część substancji aktywnych z leków jest wydalana z organizmu. Powoduje to transfer substancji czynnych z leków do środowiska naturalnego stwarzając potencjalne zagrożenie dla ekosystemów wodnych a także zdrowia publicznego. W związku z tym, istnieje potrzeba podjęcia działań mających na celu minimalizację wpływu substancji farmaceutycznych na środowisko naturalne. Wzrost badań nad metodami oczyszczania ścieków farmaceutycznych oraz promowanie odpowiednich praktyk w zakresie usuwania i unieszkodliwiania niewykorzystanych leków mogą przyczynić się zarówno do ochrony środowiska jak i zdrowia ludzi. Jednym ze skutecznych sposobów jest stosowanie procesów sorpcyjnych z wykorzystaniem jako sorbentów węgla aktywny, które można otrzymać z różnych materiałów. Jednym z nich są organiczne materiały odpadowe. Charakteryzują się wysoką zawartością węgla, dostępności oraz niską ceną. Jednym z takich materiałów są pozostałości po procesie fermentacji w biogazowniach.

W przedstawionych badaniach surowcem do otrzymania węgla aktywnych był poferment kukurydziany pochodzący z biogazowni. Prekursor poddano aktywacji fizycznej w atmosferze tlenu węgla(VI) ( $\text{CO}_2$ ) w różnych temperaturach. Czas aktywacji wynosił 60 minut. Otrzymane węgle aktywne zostały poddane ocenie zdolności sorpcyjnej wobec *diklofenaku* z roztworów wodnych. Przeprowadzono również ich charakterystykę fizykochemiczną.

Wyniki uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań wykazały, że odpad z biogazowni — poferment kukurydziany z powodzeniem może być wykorzystany jako prekursor do produkcji adsorbentów węglowych. Wykazują one wysoką efektywność w usuwaniu niesteroidowego leku przeciwzapalnego—*diklofenaku* z roztworów wodnych. Stwierdzono, że właściwości sorpcyjne otrzymanych materiałów węglowych zależą w dużym stopniu od warunków otrzymania węgla aktywnych.

# ADSORPCJA BARWNIKÓW SYNTETYCZNYCH NA WĘGLACH AKTYWNYCH OTRZYMANYCH POPRZEZ AKTYWACJĘ CHEMICZNĄ NASION KOPRU WŁOSKIEGO WĘGLANEM SODU

Dorota **PALUCH**<sup>1</sup>, Aleksandra **BAZAN-WOŹNIAK**<sup>1</sup>, Agnieszka **NOSAL-WIERCIŃSKA**<sup>2</sup>,  
Robert PIETRZAK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań; <sup>2</sup>Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Chemii,  
Instytut Nauk Chemicznych; Katedra Chemii Analitycznej, plac Marii Curie-Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin

E-mail: [robert.pietrzak@amu.edu.pl](mailto:robert.pietrzak@amu.edu.pl)

Węgłe aktywne są powszechnie stosowane w procesach adsorpcji, a ich wydajność zależy od właściwości fizykochemicznych zarówno adsorbentu, jak i adsorbentu. W przypadku adsorbentu kluczowe znaczenie mają takie czynniki jak stopień rozwinięcia powierzchni właściwej, wielkość porów oraz chemia powierzchni [1]. Ponadto surowiec używany do produkcji węgla aktywnego powinien być łatwo dostępny, tani, zawierać wysoki procent masy węgla pierwiastkowego oraz cechować się niską zawartością minerałów i małą biodegradowalnością podczas przechowywania.

Celem przeprowadzonych badań było otrzymanie węgla aktywnych z nasion kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare*) przy użyciu aktywacji chemicznej węglanem sodu, stosując różne proporcje wagowe prekursor:aktywator. Analizowano właściwości fizykochemiczne otrzymanych materiałów węglowych oraz ich zdolności sorpcyjne względem czerwieni metylowej i błękitu metylenowego. Oceniono także wpływ pH i temperatury wodnego roztworu barwnika na pojemność sorpcyjną. Do określenia mechanizmu adsorpcji barwników zastosowano dwa modele: Langmuira i Freundlicha. Dodatkowo zbadana została kinetyka procesu adsorpcji barwników na otrzymanych biowęglach. Badania wykazały, że otrzymane adsorbenty charakteryzują się powierzchnią właściwą równą od 260 do 345 m<sup>2</sup>/g. Wszystkie adsorbenty wykazują kwasowe pH wyciągu wodnego i większą zawartość grup kwasowych na powierzchni. Badania wykazały, że adsorpcja barwników przebiega według modelu kinetycznego pseudo-drugiego rzędu, a proces ma charakter endotermiczny i spontaniczny.

## Literatura

[1] M. Sultana, M.H. Rownok, M. Sabrin, M.H. Rahaman, S.N. Alam, Cleaner Engineering and Technology, 6, (2022) 100382.

# OTRZYMYWANIE I ZASTOSOWANIE POROWATYCH WĘGLI Z CHITYNY DO EFEKTYWNEJ ADSORPCJI ZANIECZYSZCZEŃ CIEKŁYCH

Aleksandra **BAZAN-WOŹNIAK**<sup>1</sup>, Agnieszka **NOSAL-WIERCIŃSKA**<sup>2</sup>, Robert **PIETRZAK**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej,  
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań

<sup>2</sup>Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Katedra Chemii  
Analitycznej, Pl. M. Curie – Skłodowskiej 3, 20-031 Lublin

E-mail: agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl

Przez długi czas ludzie pracowali nad regulacją i długotrwałym utrzymaniem jakości różnych produktów, aby chronić je przed działaniem mikroorganizmów. Korzystanie z konserwantów stanowiło skuteczną metodę zapewnienia trwałości handlowych produktów. Parabeny to powszechnie stosowane konserwanty w przemyśle, farmacji i żywności, cenione za stabilność chemiczną i niskie koszty. Jednak ich obecność w środowisku budzi obawy ze względu na zdolność do zakłócania gospodarki hormonalnej organizmów, zwłaszcza w ekosystemach wodnych. Skuteczność technik usuwania szkodliwych substancji ocenia się najczęściej pod kątem wydajności, oddziaływania na środowisko, a przede wszystkim kosztów. Pod tym względem metoda adsorpcji przy użyciu węgla aktywnego pozyskiwanego z różnych surowców jest często wybierana w oczyszczaniu ekosystemów wodnych.

Dlatego też w niniejszym badaniu do syntezy adsorbentów węglowych wykorzystano osłonki poczwarek muchy *Hermetia illucens*, które skutecznie usuwały etyloparaben z jego wodnych roztworów. Kompleksowo opisano syntezę, charakterystykę fizykochemiczną, a także badania adsorpcyjne. Rozważane były detale dotyczące procesu adsorpcji. Badania koncentrowały się również na możliwości ponownego wykorzystania adsorbentów węglowych po procesie adsorpcji oraz na zrozumieniu procesów zachodzących podczas tych badań. Otrzymane węgle aktywne charakteryzowały się powierzchnią wynoszącą od 289 do 521 m<sup>2</sup>/g i zawierały na swojej powierzchni zarówno grupy funkcyjne kwasowe, jak i zasadowe. Badania adsorpcyjne wykazały, że najlepsze dopasowanie do uzyskanych eksperymentalnie pojemności sorpcyjnych, które wynosiły od 90 do 165 mg/g, zapewniał liniowy model Langmuira. Z kolei do opisu kinetyki adsorpcji pasował liniowy model pseudo-drugiego rzędu, który charakteryzował się wysokimi wartościami współczynnika determinacji R<sup>2</sup> oraz małymi różnicami między maksymalną teoretyczną pojemnością sorpcyjną a wartością uzyskaną w badaniach laboratoryjnych. Z kolei wartości parametrów termodynamicznych adsorpcji etyloparabenu wykazały, że proces był spontaniczny i endotermiczny, a jego intensywność wzrastała wraz ze wzrostem temperatury procesu.

Charakterystyka fizykochemiczna oraz wyniki badań adsorpcyjnych sugerowały, że potencjalnymi mechanizmami adsorpcji mogły być oddziaływania  $\pi$ - $\pi$ , wiązania wodorowe oraz oddziaływania elektrostatyczne pomiędzy cząsteczką adsorbowaną (gościem) a powierzchnią adsorbenta (gospodarzem). Efektywność procesu recyklingu była skutecznie utrzymywana przez trzy cykle adsorpcji i desorpcji, zwłaszcza w przypadku zastosowania etanolowych roztworów.

# MIKROFALOWO WSPOMAGANA KONWERSJA BIOMASY ODPADOWEJ JAKO NOWOCZESNE PODEJŚCIE DO SYNTEZY EFEKTYWNYCH ADSORBENTÓW WĘGLOWYCH

Joanna **KOCZENASZ**, Piotr **NOWICKI**

*Zakład Chemii Stosowanej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

E-mail: [piotr.nowicki@amu.edu.pl](mailto:piotr.nowicki@amu.edu.pl)

Przemysłowa produkcja **węgla aktywnych** bazuje na dwóch podstawowych metodach - aktywacji fizycznej lub chemicznej. Pierwsza z nich obejmuje uprzednią karbonizację (pirolizę) materiału wyjściowego, a następnie zgazowanie otrzymanego karbonizatu za pomocą gazowych utleniaczy, takich jak para wodna lub ditlenek węgla. Aktywacja chemiczna jest zwykle procesem jednoetapowym, podczas którego zaimpregnowany lub wymieszany z czynnikiem aktywującym (np.  $H_3PO_4$ ,  $KOH$ ,  $ZnCl_2$ ) materiał wyjściowy poddaje się obróbce termicznej w atmosferze gazu obojętnego. Niezależnie od wariantu aktywacji podczas syntezy węgla aktywnych wykorzystuje się ogrzewanie konwencjonalne, którego głównymi wadami są konieczność stosowania wysokich temperatur i długich czasów obróbki oraz niejednorodne ogrzewanie próbki w całej objętości, co w konsekwencji zwiększa znacznie koszty produkcji. Alternatywą dla metody konwencjonalnej może być wykorzystanie energii promieniowania mikrofalowego. Ten wariant obróbki termicznej umożliwia ogrzewanie materiałów organicznych na poziomie molekularnym, co pozwala na szybki i zarazem homogeniczny przebieg reakcji w całej objętości próbki, dzięki czemu można w znacznym stopniu obniżyć temperaturę i skrócić czas trwania poszczególnych etapów procesu technologicznego.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań nad syntezą biowęgla aktywnych z odpadów stałych generowanych w zakładach przetwórstwa ziół. Jako prekursor wykorzystano łodygi szafwii lekarskiej, które poddano aktywacji chemicznej przy użyciu  $H_3PO_4$  i  $K_2CO_3$ , stosując dwa warianty obróbki termicznej, tj. ogrzewanie mikrofalowe i konwencjonalne. Zbadano wpływ procedury aktywacji na kluczowe właściwości fizykochemiczne otrzymanych biowęgla aktywnych, a także na ich zdolności sorpcyjne wobec zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Określono między innymi wpływ stężenia początkowego adsorbentu, temperatury oraz pH układu na skuteczność usuwania zanieczyszczeń z roztworów wodnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że materiały aktywowane kwasem ortofosforowym charakteryzują się zdecydowanie wyższymi pojemnościami sorpcyjnymi wobec zanieczyszczeń modelowych (jodu i błękitu metylenowego) w porównaniu do próbek aktywowanych węglanem potasu. Wykazano również, że sposób ogrzewania prekursora podczas aktywacji w znacznym stopniu determinuje parametry fizykochemiczne i zdolności sorpcyjne adsorbentów węglowych. Zastosowanie ogrzewania mikrofalowego sprzyja przede wszystkim efektywniejszemu rozwinięciu powierzchni właściwej oraz struktury porowatej biowęgla aktywnych, co bezpośrednio przekłada się na uzyskiwanie pojemności sorpcyjne.

# WPŁYW SPOSOBU OGRZEWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE BIOWĘGLI WYTWARZANYCH W WYNIKU PIROLIZY TROCIN DRZEW IGLASTYCH

Paulina KOT, Piotr NOWICKI

*Zakład Chemii Stosowanej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

E-mail: piotr.nowicki@amu.edu.pl

Nieustannie rosnąca produkcja przemysłowa i energetyczna, spalanie paliw kopalnych, znacznie większa liczba pojazdów silnikowych, a także nadmierne wykorzystanie tworzyw sztucznych, nawozów, środków ochrony roślin czy detergentów prowadzą do znacznego zanieczyszczenia powietrza, zasobów wodnych oraz gleby. W związku z tym coraz intensywniej poszukuje się nowych, ekologicznych i co istotne, odnawialnych materiałów oraz źródeł energii, które mogą przyczynić się do poprawy stanu środowiska w Polsce i na świecie. W działania te doskonale wpisuje się wykorzystanie szerokiego spektrum materiałów węglowych, w tym biowęgla. Nic więc dziwnego, że badania dotyczące syntezy, modyfikacji oraz właściwości nowych adsorbentów węglowych, a przede wszystkim ich potencjalnych zastosowań w przemyśle, energetyce oraz ochronie środowiska stały się jednym z kluczowych obszarów badawczych [1]. Mając powyższe na uwadze, zasadniczym celem niniejszej pracy było otrzymanie serii biowęgla na drodze pirolizy trocin drzew iglastych w postaci cylindrycznego pelletu. Przeprowadzono badania umożliwiające określenie wpływu warunków temperaturowych oraz wariantu pirolizy (tj. metody konwencjonalnej i wspomaganą mikrofalami) na parametry fizykochemiczne wytwarzanych materiałów węglowych. Biowęgle scharakteryzowano pod kątem podstawowych parametrów technologicznych, takich jak zawartość wilgoci i popiołu, rodzaj oraz ilość powierzchniowych grup funkcyjnych, a także pH wyciągu wodnego. Wyznaczono również liczbę adsorpcji jodu w celu oceny ich zdolności adsorpcyjnych wobec zanieczyszczeń o małych rozmiarach cząsteczek. Ponadto, aby zbadać potencjał wytworzonych materiałów węglowych jako efektywnych paliw odnawialnych, mogących zastąpić tradycyjne paliwa kopalne, przeprowadzono analizę ich parametrów energetycznych, w tym wartości ciepła spalania.

Wykazano, że trociny drzew iglastych można z powodzeniem wykorzystać jako tani i odnawialny prekursor do produkcji biowęgla, przy czym zastosowanie pirolizy mikrofalowej i konwencjonalnej pozwala na wytwarzanie szerokiej gamy adsorbentów węglowych o zdecydowanie odmiennych, a często wręcz zaskakujących parametrach fizykochemicznych. Materiały otrzymane w wyniku konwersji mikrofalowej trocin w temperaturze 500 i 600 °C wykazują 2-3 krotnie wyższą pojemność sorpcyjną, niż analogiczne biowęgle ogrzewane w sposób konwencjonalny, co stwarza realną możliwość ich wykorzystania jako adsorbentów do oczyszczania ścieków lub skażonej gleby. Z kolei produkty pirolizy konwencjonalnej posiadają zdecydowanie wyższe wartości ciepła spalania (na poziomie 25 MJ/kg) i bez wątpliwości mogą znaleźć zastosowanie jako niskoemisyjne paliwa odnawialne.

## References

[1] M. Gęca, M. Wiśniewska, P. Nowicki, *ChemPhysChem*, 25 (2024) e202300507.

# MATERIAŁY WĘGLOWE UZYSKANE Z ODPADÓW PRZEMYSŁU ZIELARSKIEGO JAKO ADSORBENTY SYNTETYCZNYCH POLIMERÓW JONOWYCH Z FAZY WODNEJ

Małgorzata **WIŚNIEWSKA**<sup>1</sup>, Marlena **GROSZEK**<sup>1</sup>, Piotr **NOWICKI**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie*

<sup>2</sup>*Zakład Chemii Stosowanej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

E-mail: malgorzata.wisniewska@mail.umcs.pl

Polimery rozpuszczalne w wodzie są szeroko wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłu, ochronie środowiska i rolnictwie. Pełnią one przede wszystkim rolę modyfikatorów właściwości powierzchniowych różnego rodzaju ciał stałych, które tworzą wysoko zdyspergowane suspensje. W ten sposób wpływają na stabilność tego typu układów koloidalnych, co z kolei jest kluczowym parametrem w kontekście ich praktycznego wykorzystania. Właściwości adsorpcyjne układów zawierających tlenki metali i półmetali, zeolity, minerały czy też różnego rodzaju materiały kompozytowe z nich złożone w odniesieniu do syntetycznych związków wielkocząsteczkowych zostały szeroko opisane w literaturze. Z kolei wykorzystanie biowęgla i węgla aktywnych w procesie wiązania polimerów z roztworów wodnych pozostaje nadal niedostatecznie zbadane [1], o czym świadczą sporadyczne doniesienia na ten temat.

W związku z powyższym, głównym celem przeprowadzonych badań była synteza szeregu materiałów węglowych z biomasy stanowiącej odpad przemysłu zielarskiego, pochodzącej z przetwarzania pokrzywy, szalwii, melisy oraz mięty, a następnie ich wykorzystanie w procesie usuwania polimerów jonowych z roztworów wodnych. Każdy prekursor posłużył do uzyskania biowęgla, węgla aktywnego z zastosowaniem fizycznego wariantu aktywacji (przy użyciu CO<sub>2</sub>) oraz węgla aktywnego z wykorzystaniem metody chemicznej (za pomocą H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Otrzymane adsorbenty węglowe charakteryzowały się zróżnicowanymi parametrami teksturalnymi oraz właściwościami kwasowo-zasadowymi powierzchni, co miało bezpośredni wpływ na ilość zaadsorbowanych polimerów jonowych – anionowego poli(kwasu akrylowego) (PAA) i kationowej polietyloinoiminy (PEI) – z ich roztworów jedno- i dwuskładnikowych.

Najkorzystniejszymi parametrami teksturalnymi w kontekście efektywnego wiązania obu adsorbatów, tj. silnie rozwiniętą powierzchnią właściwą oraz średnim rozmiarem porów mieszczącym się w zakresie mezoporów, odznaczały się węgle uzyskane z melisy i mięty na drodze aktywacji chemicznej. Maksymalne pojemności sorpcyjne uzyskano w układach o pH 3 i wynosiły one odpowiednio 430,3 mg/g dla PAA (w przypadku materiału uzyskanego z mięty) oraz 495,9 mg/g dla PEI (w przypadku węgla aktywnego wytworzonego z melisy). Należy podkreślić, że są to najwyższe pojemności adsorpcyjne w odniesieniu do tych polimerów spośród danych dostępnych w literaturze przedmiotu. Tym samym udowodniono, że materiały węglowe mogą być konkurencyjne do klasycznych adsorbentów wykorzystywanych w procesach oczyszczania wody z substancji polimerowych.

## References

[1] M. Gęca, M. Wiśniewska and P. Nowicki, *Advances in Colloid and Interface Science*, 305 (2022) 102687.

# USUWANIE POLIMERÓW NATURALNYCH I SYNTETYCZNYCH Z ROZTWORÓW WIELOSKŁADNIKOWYCH PRZY UŻYCIU BIEWĘGLI AKTYWNYCH UZYSKANYCH Z TROCIN DRZEW LIŚCIASTYCH

Małgorzata **WIŚNIEWSKA**<sup>1</sup>, Karina **TOKARSKA**<sup>1</sup>, Teresa **URBAN**<sup>1</sup>, Piotr **NOWICKI**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Radiochemii i Chemii Środowiskowej, Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie;* <sup>2</sup>*Zakład Chemii Stosowanej, Wydział Chemii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

E-mail: malgorzata.wisniewska@mail.umcs.pl

Przemysł drzewny generuje corocznie ogromne ilości trocin, powstających zarówno podczas cięcia surowca wyjściowego, jak i w procesach jego przetwarzania oraz polerowania. Ten materiał lignocelulozowy stwarza problemy z utylizacją i może być źródłem emisji szkodliwych związków ligninowych oraz kwasów tłuszczowych do lokalnych zbiorników wodnych. Z drugiej strony, odpadowa biomasa drzewna stanowi cenny surowiec o szerokim wachlarzu zastosowań. Jednym z najskuteczniejszych sposobów jej zagospodarowania jest produkcja biowęglu/węgla aktywnego.

W związku z powyższym przeprowadzono badania, w ramach których trociny drzew liściastych wykorzystano jako surowiec do otrzymania adsorbentów węglowych, stosując aktywację chemiczną wspomaganą mikrofalami oraz dwie substancje aktywujące, tj.  $K_2CO_3$  i  $H_3PO_4$ . Otrzymane materiały scharakteryzowano pod kątem składu pierwiastkowego, struktury porowatej, morfologii, stabilności termicznej, a także właściwości powierzchniowych elektrokinetycznych. W kolejnym etapie określono ich zdolności sorpcyjne względem dwóch polimerów – syntetycznego (poli(kwasu akrylowego)) i naturalnego (lizozymu) w procesie ich jednoczesnego usuwania z roztworów wodnych. Określono również stabilność suspensji zawierających uzyskane biowęgle aktywne oraz jeden lub oba polimery jednocześnie. Otrzymane adsorbenty węglowe charakteryzowały się silnie rozwiniętą powierzchnią właściwą ( $1093\text{--}1777\text{ m}^2/\text{g}$ ), zróżnicowaną strukturą porowatą (mezoporowatą lub mikroporowatą) oraz kwasowym charakterem powierzchni. Maksymalną adsorpcję poli(kwasu akrylowego) uzyskano z mieszanego roztworu obu polimerów osiągając wartości  $379\text{ mg/g}$  dla próbki aktywowanej  $H_3PO_4$  (o średnim rozmiarze porów  $3,04\text{ nm}$  i minimalnym udziale mikroporów –  $0,3\%$ ) oraz  $259\text{ mg/g}$  dla materiału aktywowanego  $K_2CO_3$  (charakteryzującego się średnim rozmiarem porów równym  $1,72\text{ nm}$  i znacznym udziałem mikroporów w strukturze –  $77,4\%$ ). W przypadku lizozymu efektywność adsorpcji była dwukrotnie niższa, a uzyskane pojemności wynosiły odpowiednio  $127$  i  $166\text{ mg/g}$ . Na podstawie analizy danych zbiorczych stwierdzono, że najbardziej prawdopodobnymi mechanizmami destabilizacji cząstek ciała stałego w obecności polimerów są neutralizacja ładunku powierzchniowego (w  $\text{pH } 3$ ) i flokulacja mostkowa (w  $\text{pH } 11$ ), szczególnie dla układów zawierających materiał aktywowany za pomocą  $H_3PO_4$  i poli(kwas akrylowy). Takie działanie destabilizacyjne jest kluczowe dla efektywnego oddzielenia adsorbentu ze związanymi zanieczyszczeniami bez dodatkowego zużycia energii, np. na proces wirowania [1].

## References

[1] M. Wiśniewska, K. Tokarska, T. Urban, P. Nowicki, A. Woszek, *Wood Science and Technology*, 59 (2025) 15.

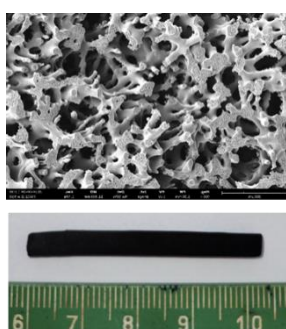
# MONOLITYCZNE MATERIAŁY WĘGLOWE DO ADSORPCJI ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH Z ROZTWORÓW WODNYCH

Katarzyna **MARESZ**, Agnieszka **CIEMIĘGA**, Janusz **MALINOWSKI**, Andrzej **JARZĘBSKI**,  
Julita **MROWIEC-BIAŁOŃ**

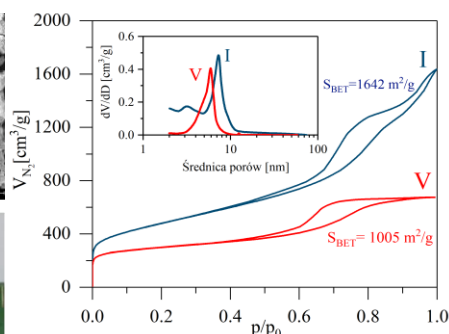
*Instytut Inżynierii Chemicznej Polskiej Akademii Nauk, Gliwice*

E-mail: maresz@iich.gliwice.pl

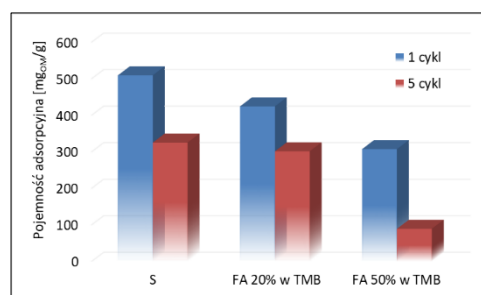
**Porowate materiały węglowe**, ze względu na ich unikatowe właściwości strukturalne, fizykochemiczne czy elektryczne znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach, takich jak kataliza, sorpcja, magazynowanie energii oraz separacja. Jednym ze sposobów ich otrzymywania jest metoda twardego szablونowania, która umożliwia syntezę porowatych materiałów o kontrolowanej strukturze porów. Celem pracy było otrzymanie wyskoporowatych monolitów węglowych z zastosowaniem krzemionkowych monolitów o hierarchicznej mezo- makrostrukturze porów jako szablونów. Materiały otrzymano metodą impregnacji stosując roztwory sacharozy (S) oraz alkoholu furfurylowego (FA) jako prekursorzy węgla. Po procesie karbonizacji w temperaturze 950 °C usuwano krzemionkowy szablون za pomocą roztworu wodorotlenku sodu. Otrzymano monolity węglowe o multimodalnej



Rys. 1 Monolit węglowy



Rys. 2 Izotermy adsorpcji-desorpcji azotu oraz rozkłady wielkości porów próbek S



Rys. 3 Pojemność adsorpcyjna materiałów

strukturze porów, w postaci pałeczek o średnicy ok. 0,5 mm i długości 4 cm. Materiały cechowały się dużą porowatością, tworzoną przez sieć mezo- i mikroporów oraz przepływową strukturą makroporów, o średnicach około 100  $\mu\text{m}$  (Rys. 1). Stwierdzono, że największy wpływ na właściwości strukturalne materiałów miała liczba cykli impregnacji krzemionkowego szablونu roztworem prekursora węgla. Powierzchnia  $S_{\text{BET}}$  i objętość porów monolitów zmniejszały się wraz z kolejnymi cyklami impregnacji (Rys. 2), natomiast znacząco zwiększała się ich stabilność mechaniczna. Właściwości sorpcyjne materiałów zbadano w procesie adsorpcji oranżu metylowego oraz błękitu metylenowego z roztworów wodnych. Pojemność adsorpcyjna zależała od parametrów strukturalnych materiału oraz typu i ilości wprowadzonego prekursora węgla (Rys. 3).

# BADANIA NAD WPŁYWEM OBRÓBKI TERMICZNEJ WŁÓKIEN WĘGLOWYCH NA SKUTECZNOŚĆ USUWANIA EPOKSYDOWEJ PREPARACJI (SIZINGU) ORAZ NA STAN POWIERZCHNI WŁÓKNA

Ryszard **WIELOWSKI**<sup>1</sup>, Aneta **FRĄCZEK-SZCZYPTA**<sup>1</sup>, Zofia **KUCIA**<sup>2</sup>, Maciej **GUBERNAT**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów; <sup>2</sup>AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Chemii Krzemianów i Związków Wielkocząsteczkowych

E-mail: rwielows@agh.edu.pl

Sizing, jako kluczowy etap preparacji włókien węglowych, odgrywa istotną rolę w ich ochronie i dalszym wykorzystaniu w kompozytach. Proces ten polega na pokrywaniu włókien cienką warstwą substancji chemicznych, mających na celu poprawę właściwości mechanicznych, zwiększenie odporności na uszkodzenia oraz poprawę kompatybilności z osnowami polimerowymi. W przypadku kompozytów węglowo-węglowych (C/C) obecność sizingu, w tym powłok epoksydowych, jest niepożądana, gdyż jego pozostałości mogą negatywnie wpływać po procesach karbonizacji i grafityzacji na niejednorodność oraz właściwości końcowego kompozytu C/C. W niniejszej pracy przeprowadzono badania nad usuwaniem sizingu epoksydowego z powierzchni włókien węglowych w atmosferze obojętnej (N<sub>2</sub>), stosując proces termicznej dekompozycji w piecu rurowym w temperaturach: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 i 900°C. W celu zapewnienia kontrolowanego przebiegu procesu zastosowano stałą prędkość wyciągania włókien z pieca wynoszącą 0,167 m/min. Po zakończeniu obróbki dokonano oceny skuteczności usunięcia powłoki oraz wpływu procesu na strukturę włókien przy użyciu szeregu metod. Analiza przeprowadzona z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) pozwoliła na ocenę zmian w morfologii włókien, natomiast spektrometria mas z analizą czasów przelotu z wtórną jonizacją (TOF-SIMS) umożliwiła identyfikację pozostałości sizingu na ich powierzchni. Ocenę zwilżalności włókien przeprowadzono w celu określenia zmian ich właściwości powierzchniowych po procesie usuwania powłoki, co ma kluczowe znaczenie dla późniejszego otrzymania kompozytów. Dodatkowo zastosowano mikroskopię sił atomowych (AFM) w celu analizy topografii powierzchni w funkcji temperatury usuwania powłoki epoksydowej. Uzyskane wyniki wykazały, że skuteczność usuwania sizingu epoksydowego zależy bezpośrednio od temperatury procesu. Niższe temperatury (do 400°C) nie były wystarczające do całkowitego usunięcia powłoki, podczas gdy temperatury powyżej 700°C prowadziły do jej całkowitej degradacji, ale jednocześnie mogły powodować niepożądane zmiany w topografii i strukturze włókien. Odpowiednia optymalizacja parametrów tego etapu jest niezbędna dla zapewnienia wysokiej jakości kompozytów węglowo-węglowych, które znajdują zastosowanie w wymagających środowiskach, takich jak przemysł lotniczy czy kosmiczny.

## Finansowanie:

Projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu Lider XIII. Nr projektu LIDER13/0108/2022

# POLYMERIC SANDWICH-STRUCTURED COMPOSITES WITH 3D-PRINTED CARBON-BASED SENSORS FOR ACTIVE THERMOGRAPHY

Piotr **MADRY**<sup>1</sup>, Michał **MISIAK**<sup>1</sup>, Kamil **DYDEK**<sup>1</sup>, Szymon **DEMSKI**<sup>1</sup>, Jakub **KOTOWSKI**<sup>2</sup>,  
Rafał **LUZIŃSKI**<sup>2</sup>, Paulina **KOZERA**<sup>1</sup>, Evgenia **MADIA**<sup>3</sup>, Georgios **TZORTZINIS**<sup>3</sup>,  
Paweł **DURALEK**<sup>4</sup>, Krzysztof **DRAGAN**<sup>2</sup>, Maik **GUDE**<sup>3</sup>, Anna **BOCZKOWSKA**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, 141 Wołoska St., 02-507, Warsaw, Poland; <sup>2</sup> Air Force Institute of Technology, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494, Warsaw, Poland

<sup>3</sup> Institute of Lightweight Engineering and Polymer Technology, TUD Dresden University of Technology, Dresden, 01307, Germany

<sup>4</sup> Technology Partners Foundation, ul. Bitwy Warszawskiej 1920r 7A, Warsaw, 02-366, Poland

E-mail: [piotr.madry.dokt@pw.edu.pl](mailto:piotr.madry.dokt@pw.edu.pl)

Glass Fiber Reinforced Polymers (GFRPs) are extensively used in various industries due to their advantageous properties compared to conventional materials. They offer a high strength-to-weight ratio, effective thermal and electrical insulation, and strong resistance to corrosion, making them suitable for energy, aerospace, automotive, and civil infrastructure applications. Despite their durability, GFRP structures are susceptible to fatigue and impact loading, affecting their long-term performance. To address this, recent research focuses on incorporating sensing technologies into the GFRP matrix to enable real-time damage detection and structural health monitoring (SHM).

The scope of the work included producing thermoplastic conductive filaments with carbon nanotubes, fabricating sensors in the form of meshes, and integrating them into the composite structure. Polymeric sandwich-structured composites with 3D-printed carbon-based sensors were produced using autoclave technology. These differ in the location of the sensors and the nanocomposite material on which they are based. The research involved evaluating the filaments' conductivity and the meshes' resistance after incorporation into the composite and non-destructive analyses, such as active thermography and ultrasonic testing. Defects in the composite structure before and after impact testing were assessed using scanning electron microscopy (SEM) and light microscopy.

Research conducted within the framework of the COMP-ECO project, carried out in accordance with contract no: **101079250**, funded by Horizon Europe and awarded under call **HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-03**.

# THERMOPLASTIC STRIPS BASED ON PPS/CNT NANOCOMPOSITE FOR ACTIVE THERMOGRAPHY APPLICATION

Szymon DEMSKI<sup>1</sup>, Kamil DYDEK<sup>1</sup>, Michał MISIAK<sup>1</sup>, Paulina KOZERA<sup>1</sup>, Jakub KOTOWSKI<sup>2</sup>, Artur KURNYTA<sup>2</sup>, Evgenia MADIA<sup>3</sup>, Georgios TZORTZINIS<sup>3</sup>, Paweł DURALEK<sup>4</sup>, Krzysztof DRAGAN<sup>2</sup>, Maik GUDE<sup>3</sup>, Anna BOCZKOWSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, 141 Wołoska St., 02-507, Warsaw,

<sup>2</sup> Air Force Institute of Technology, ul. Księcia Bolesława 6, 01-494, Warsaw ; <sup>3</sup> Institute of Lightweight Engineering and Polymer Technology, TUD Dresden University of Technology, Dresden, 01307, Germany;

<sup>4</sup> Technology Partners Foundation, ul. Bitwy Warszawskiej 1920r 7A, Warsaw, 02-366, Poland

E-mail: szymon.demski.dokt@pw.edu.pl

Fiber Reinforced Polymer (FRP) composites play a crucial role in numerous industrial applications due to their high strength-to-weight ratio and superior thermal/electrical insulation. These features make them particularly valuable in aerospace, automotive and energy sectors. However, despite their many advantages, FRPs are prone to damage caused by fatigue loads, impacts, and environmental degradation. To ensure the long-term reliability of these materials, continuous monitoring and damage detection are essential. This necessity has led to the development of advanced non-destructive testing (NDT) techniques, such as active thermography to detect defects and structural anomalies effectively.

The research presented in this study introduces an innovative approach to active thermography by integrating thermoplastic strips based on polyphenylene sulfide (PPS) reinforced with multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) into the FRP structure. These thermoplastic sensors are designed to function as internal heat sources, replacing traditional external heating elements.

The experimental study focused on manufacturing and optimizing the PPS/MWCNT thermoplastic strips to achieve efficient heat generation while maintaining compatibility with FRP structures. The thermoplastic strips successfully generated heat within the FRP structure, enabling clear visualization of internal defects through active thermography. To validate the concept further, a demonstrator Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) structure was fabricated, incorporating the thermoplastic strips within its laminate structure. The results confirmed that the integrated PPS/MWCNT thermoplastic strips effectively functioned as localized heat sources, demonstrating their potential for future applications in structural health monitoring and damage detection.

**Research conducted within the framework of the COMP-ECO project**, carried out in accordance with contract no: 101079250, funded by Horizon Europe and awarded under call HORIZON-WIDERA-2021-ACCESS-03 and grant no. M-ERA.NET2/2020/2/2021, financed by The National Science Centre.

# KOMPOZYTY NA PODSTAWIE POKONSUMENCKICH ODPADÓW POLI(TEREFTALANU ETYLENU) WZMOCNIONE KRÓTKIMI WŁÓKNAMI SZKLANYMI DO ZASTOSOWAŃ W TECHNOLOGIACH PRZYROSTOWYCH

Izabela **IRSKA**<sup>1,2\*</sup>, Mateusz **KASPROWIAK**<sup>2</sup>, Elżbieta **PIESOWICZ**<sup>1</sup>, Sandra **PASZKIEWCZ**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin,

<sup>2</sup>PPHU „POLIGRAF” Wiesław Kasprowiak, ul. Zielona 33, 66-400 Gorzów Wielkopolski

\*autor korespondencyjny: izabela.irska@zut.edu.pl

Wyeliminowanie zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi uznaje się za jedno z największych wyzwań środowiskowych XXI wieku. Wg prognoz raportu „Global Plastics Outlook POLICY SCENARIOS TO 2060” przygotowanego przez Organizację Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) jeśli obecne tempo wytwarzania odpadów z tworzyw sztucznych utrzyma się do 2060 r. ich ilość wzrośnie prawie trzykrotnie. Szacuje się przy tym, że połowa wszystkich odpadów z tworzyw sztucznych będzie nadal składowana na wysypiskach, a mniej niż jedna piąta będzie poddawana recyklingowi [1]. W celu zwalczania rosnącego problemu zanieczyszczenia tworzywami sztucznymi konieczne jest więc zminimalizowanie ilości odpadów trafiających na wysypiska oraz spopularyzowanie idei recyklingu. Jednym z najczęściej poddawanych recyklingowi tworzyw jest stosowany w przemyśle opakowaniowym poli(tereftan etyleny) (PET). Surowiec wtórny, tzw. rPET ponownie wykorzystuje się w produkcji opakowań, a także innych wyrobów, np. w przemyśle tekstylnym (ubrania, dywany), czy dynamicznie rozwijającej się branży druku 3D (filamenty).

Celem badań prowadzonych w ramach niniejszej pracy było opracowanie kompozytowych filamentów na osnwie recyklingowego PET o dobrych właściwościach przetwórczych, termicznych i wytrzymałościowych. Regeneraty wytwarzano metodą wyłaczania, wykorzystano przy tym selekcionowane komunalnie odpady – płatek PET (Ergis-Recycling Sp. z o.o.), wielofunkcyjne przedłużacze łańcucha typu Joncryl o różnej funkcyjności (BASF, Ludwigshafen, Niemcy) oraz krótkie włókna szklane o długości ~13  $\mu\text{m}$  (GF, E-GF OCV968-13C Owens Corning, US). W ramach niniejszej pracy otrzymano i scharakteryzowano pod kątem właściwości przetwórczych, termicznych i wytrzymałościowych regranulaty rPET o zmiennej zawartości GF, sporządzono kompozycje z 8% wag., 12% wag. i 16% wag. włókna szklanego. Modyfikacja odpadów PET przy pomocy przedłużaczy wielofunkcyjnych z grupami epoksydowymi daje dobre rezultaty i pozwala uzyskać rPET o odpowiednio wysokiej do zastosowań w druku 3D masie cząsteczkowej i dobrych właściwościach przetwórczych. Modyfikacja rPET włóknem szklanym wpływa pozytywnie na właściwości wytrzymałościowe. Efekt ten zaobserwowano zarówno dla kształtek wtryskiwanych jak i drukowanych metodą FFF. Dodatkowo, zastosowana modyfikacja istotnie zmniejsza stopień krystaliczności rPET. Zjawisko to jest szczególnie pożądane w materiałach przeznaczonych do zastosowań w druku 3D, pozwala na ograniczenie skurczu przetwórczego, a tym samym zwiększa adhezję nakładanych warstw do platformy roboczej i stabilność wymiarową drukowanych obiektów.

**Literatura:** [1] OECD, *Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060*. OECD, 2022. doi: 10.1787/aa1edf33-en.

# KOMPOZYTY POLIPROPYLENOWE DEDYKOWANE NA IZOLACJE KABLI ŚREDNICH NAPIĘĆ

Iga **KORCZYŃSKA**<sup>1,2\*</sup>, Paweł **LESIAK**<sup>1,2</sup>, Elżbieta **PIESOWICZ**<sup>1</sup>, Izabela **IRSKA**<sup>1</sup>, Konrad **WALKOWIAK**<sup>1</sup>,  
Sandra **PASZKIEWICZ**<sup>1</sup>, Jakub **SIEMIŃSKI**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin; <sup>2</sup>Tele-Fonika Kable S.A., Zakład Bydgoszcz, ul. Fordońska 152, 85-957 Bydgoszcz; <sup>3</sup>Tele-Fonika Kable S.A., ul. Wielicka 114, 30-663 Kraków

\*Autor korespondencyjny: iga.korczyńska@tfkable.com

Ochrona środowiska stanowi kluczowy trend w rozwoju urządzeń energetycznych oraz badań nad izolacją kabli energetycznych. Polipropylen (PP) dzięki doskonałym właściwościom elektrycznym i możliwości recyklingu jest uznawany za obiecujący materiał izolacyjny dla ekologicznych kabli nowej generacji. Jednak jego wysoka sztywność utrudnia zastosowanie w izolacji, wymagając optymalizacji właściwości mechanicznych bez pogorszenia parametrów elektrycznych, takich jak wytrzymałość na przebicie i gromadzenie ładunków przestrzennych. Przez dekady usieciowany polietylen (XLPE) był standardowym materiałem izolacyjnym w kablach wysokiego napięcia, lecz jego ograniczona odporność termiczna oraz trudność w recyklingu stwarzają potrzebę poszukiwania alternatyw. W odpowiedzi na te wyzwania opracowano ternarne mieszaniny PP, etylenu z propylenem (r-PE-PP) oraz różnych kopolimerów etylenu z oktenem (EOC). W badaniach wykorzystano izotaktyczny polipropylen (i-PP) Gryfilen H04-L (Grupa Azoty) oraz Moplen HP456J (Lyonell-Basell), a także r-PE-PP Hifax CA7910A (Lyonell-Basell) i kopolimery EOC Engage 8100, Engage 8003 (DOW) oraz Fortify C1070D (Sabic).

Próbki kompozytów otrzymano metodą wytlaczania i formowania wtryskowego do badań mechanicznych oraz prasowania do analiz elektrycznych. Wyniki wykazały, że dodatek 20% r-PE-PP/EOC do PP zwiększa elastyczność materiału, redukując jego sztywność i stopień krystaliczności przy zachowaniu bardzo dobrych właściwości przetwórczych w porównaniu do czystego PP.

Opracowane mieszaniny mogą stanowić atrakcyjną alternatywę dla XLPE, łącząc recyklingowość z optymalnymi parametrami mechanicznymi i elektrycznymi.

*Dofinansowano ze środków finansowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy nr DWD/7/0043/2023. Program: **Doktorat wdrożeniowy 2023 VII Edycja „Ocena możliwości wykorzystania mieszanek modyfikowanego PP dedykowanych na izolacje kabli średniego napięcia”.***

## Literatura:

1. Adnan, M., et al.: Polypropylene - based nanocomposites for HVDC cable insulation. IET Nanodielectr. 4(3), 84–97 (2021). <https://doi.org/10.1049/nde2.12018>
2. Cheng, L., et al.: Polypropylene nanocomposite for power equipment: a review. IET Nanodielectr. 1(2), 92–103 (2018). <https://doi.org/10.1049/iet-nde.2018.0005>
3. Li, J., et al.: Eco-friendly polypropylene power cable insulation: present status and perspective. IET Nanodielectr. 6(3), 130–146 (2023). <https://doi.org/10.1049/nde2.12048>

# KOMPOZYTOWE EKRANY PÓŁPRZEWODZĄCE OPARTE NA POLIPROPYLENIE DO ZASTOSOWAŃ W PRZEMYSŁE KABLOWYM

Paweł **LESIAK**<sup>1,2\*</sup>, Mateusz **BARCZEWSKI**<sup>3</sup>, Iga **KORCZYŃSKA**<sup>1,2</sup>, Elżbieta **PIESOWICZ**<sup>1\*</sup>, Izabela **IRSKA**<sup>1</sup>, Konrad **WALKOWIAK**<sup>1</sup>, Jakub **SIEMIŃSKI**<sup>4</sup>, Sandra **PASZKIEWICZ**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Al.

Piastów 19, 70-310 Szczecin; <sup>2</sup>Tele-Fonika Kable S.A., Fabryka Bydgoszcz, Bydgoszcz ul. Fordońska 152,

85-957 Bydgoszcz; <sup>3</sup>Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań

<sup>4</sup>Tele-Fonika Kable S.A., ul. Wielicka 114, 30-663 Kraków

\* pawel.lesiak@tfkable.com

Polimerowe materiały wykorzystywane w ekranach półprzewodzących kabli zawierają węglowe dodatki napełniające, najczęściej w postaci sadzy półprzewodzącej, która zapewnia rezystywność kompozytu na poziomie co najmniej 100  $\Omega \cdot m$ . Zawartość tego napełniacza zazwyczaj wynosi około 40% masy całkowitej materiału, co istotnie wpływa na jego właściwości mechaniczne, termiczne i przetwórcze. Sadza odgrywa korzystną rolę w ochronie przed starzeniem wywołanym promieniowaniem UV, jednak nie zapewnia pełnej ochrony izolacji kabli przed fizyczną, chemiczną i elektryczną degradacją. Jednakże zastosowanie innych rodzajów nanonapełniaczy węglowych, jak np. nanorurek węglowych czy nanopłytkowego grafenu może zwiększyć trwałość i wydajność warstw półprzewodzących w kablach elektro-energetycznych, poprawiając ich odporność na degradację oraz stabilność elektryczną i mechaniczną [1,2]. W pracy przygotowano dwie serie kompozytów na bazie polipropylenu (PP), które zawierały dwa rodzaje nanonapełniaczy o różnych współczynnikach kształtu: i) nanonapełniacz 2D, wielopłytkowy grafen (GNP, 99.9+%, wielkość płytek: 3 nm, S.A: 530 m<sup>2</sup>/g, średnica: 1.5  $\mu m$ ; Nanografi, Ankara, Turcja) oraz ii) nanonapełniacz 1D, wielościennie nanorurki węglowe, 95%, średnica zewn: 30-50nm, Nanografi, Ankara, Turcja) o stężeniach: 1, 2,5 i 5 %wag. Kompozycje zostały wytworzone w stanie uplastycznionym za pomocą wylączarki dwuślismakowej (Leistritz Laboextruder, Norymberga, Niemcy, średnica:  $D = 34$  mm, stosunek  $L / D = 23$ ) wyposażonej w dwa dozowniki grawimetryczne. Z otrzymanych materiałów metodą prasowania przygotowano próbki do badań mechanicznych, rezystywności skrośnej oraz rezystywności powierzchniowej, natomiast metodą wtrysku przygotowano próbki do badań mechanicznych. Analiza wyników badań pozwoliła stwierdzić, dodatek wielościennych nanorurek węglowych oraz nanopłytek grafenowych o stężeniu nie wyższym niż 5% wag. do PP pozwolił na otrzymanie lekkich, elektrycznie i termicznie przewodzących materiałów kompozytowych o podwyższonej stabilności termicznej i polepszonych właściwościach mechanicznych co kwalifikuje otrzymane materiały do zastosowań w kablownictwie jako materiały na ekrany półprzewodzące.

*Dofinansowano ze środków finansowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy nr DWD/7/0047/2023. Program: **Doktorat wdrożeniowy 2023** VII Edycja „Ocena wpływu hybrydowego układu napełniaczy na właściwości przetwórcze oraz przewodnictwo mieszanek PP dedykowanych na ekrany półprzewodzące w kablach średniego napięcia”.*

## Literatura:

1. Liu W., Cheng L., Li S., Composites Communications 2018, 10, 221-225
2. Wang Y, Weng G.J., Electrical Conductivity of Carbon Nanotube- and Graphene-Based Nanocomposites. In: Meguid, S., Weng, G. (eds) Micromechanics and Nanomechanics of Composite Solids. Springer, Cham 2018

# WPŁYW BIOPOCHODNYCH SYSTEMÓW UNIEPALNIAJĄCYCH NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE I PALNOŚĆ PA11

Daria **RUTKOWSKA**<sup>1</sup>, Kamila **SALAŚIŃSKA**<sup>1</sup>, Michał **MISIAK**<sup>1</sup>, Mateusz **BARCZEWSKI**<sup>2</sup>, Aleksander **HEJNA**<sup>2</sup>,  
Olga **MYSIUKIEWICZ**<sup>2</sup>, Jacek **ANDRZEJEWSKI**<sup>2</sup>, Mateusz **DUDZIAK**<sup>3</sup>, Bernhard **SCHARTEL**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, Polska

<sup>2</sup>Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Poznańska, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, Polska

<sup>3</sup>Federal Institute for Materials Research and Testing, Technical Properties of Polymeric Materials, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, Germany

E-mail: daria.rutkowska3.dokt@pw.edu.pl

Ograniczenie palności jest jednym z kluczowych aspektów dotyczących polimerów stosowanych w aplikacjach technicznych. W związku z regulacjami prawnymi, takimi jak rozporządzenie REACH, Konwencja Sztokholmska oraz dyrektywa RoHS, zaleca się eliminację większości skutecznych uniepalniaczy halogenowych. Konsekwencją tych zmian jest powstanie istotnej luki w globalnej produkcji substancji ograniczających palność. Ze względu na swoje właściwości poliamid 11 (PA 11) stanowi jedno z kluczowych termoplastycznych tworzyw konstrukcyjnych wykorzystywanych w produkcji trwałych komponentów maszyn pracujących w podwyższonych temperaturach. Odgrywa istotną rolę w przemyśle elektrycznym i elektronicznym, gdzie musi spełniać określone wymagania dotyczące zarówno wytrzymałości mechanicznej, jak i odporności na palność [1].

Połączenie bezhalogenkowych uniepalniaczy z materiałami pochodzenia roślinnego może prowadzić do efektu synergicznego, zwiększając efektywność składników syntetycznych [2]. Takie rozwiązanie pozwala na redukcję ilości uniepalniaczy syntetyzowanych w procesach wymagających stosowania substancji niebezpiecznych. Pomimo obaw związanych z niską stabilnością termiczną wypełniaczy roślinnych, celuloza i lignina charakteryzują się wyższą temperaturą rozkładu niż temperatury przetwórstwa stosowane w przypadku większości polimerów konstrukcyjnych. Ich odpowiednia modyfikacja termiczna umożliwi kontrolowany rozkład oraz eliminację składników o niewystarczającej odporności termicznej.

W celu oceny wpływu biopochodnych systemów uniepalniających na właściwości mechaniczne PA 11 (Rilsan BMN O TLD NATURAL) przeprowadzono badania odporności materiału na złamanie przy obciążeniu dynamicznym, ocenę twardości materiału, analizę gęstości oraz testy wytrzymałości na rozciąganie. Dodatkowo w celu określenia wpływu zastosowanych systemów uniepalniających na palność PA 11, wykonano badania wskaźnika tlenowego (LOI).

Praca finansowana przez Naukowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu **LIDER13/0095/2022 „bioFIRE: Innowacyjne zastosowanie surowca lignocelulozowego jako składnika układu ograniczającego palność wyrobów polimerowych do zastosowań w przemyśle elektrycznym i elektromobilności”**.

## References

[1] Deopura, B.L.; Alagirusamy, R.; Joshi, M.; Gupta, B. Polyesters and Polyamides; Woodhead Publishing Limited: Boca Raton, FL, USA, 2008. [Google Scholar]

[2] Battig A, Sanchez-Olivares G, Rockel D, Maldonado-Santoyo M, Schartel B. Waste not, want not: The use of leather waste in flame retarded EVA. *Materials & Design* 2021; 210:110100

# BADANIE DEGRADACJI POLIMEROWYCH MATERIAŁÓW OCHRONNYCH POD WPŁYWEM CIEKŁYCH SUBSTANCJI CHEMICZNYCH WEDŁUG PN-EN ISO 374-4:2020-03 JAKO NARZĘDZIE SZACUJĄCE BEZPIECZNY CZAS UŻYTKOWANIA RĘKAWIC (*END-OF-SERVICE-LIFE*)

Klaudia HALICKA<sup>1</sup>, Emilia IRZMAŃSKA<sup>1</sup>, Paulina KROPIDŁOWSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zakład Środków Ochrony Indywidualnej, Pracownia Ochron Rąk i Nóg,  
Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy (CIOP-PIB) ul. Wierzbowa 48, Łódź 90-133.

E-mail: emirz@ciop.lodz.pl

W środowisku pracy, podczas użytkowania polimerowych materiałów ochronnych, ważne jest określenie stopnia degradacji chemicznej w wyniku działania substancji chemicznych [1,2]. Aktualnie, metoda wyznaczania odporności na degradację chemiczną (wg PN-EN ISO 374-4:2020-03 [3]) znajduje się w zakresie akredytacji AB 038 CIOP-PIB z dnia 20.08.2024 r.

W ujęciu poza standardowym możliwe jest badanie materiałów polimerowych o innym przeznaczeniu (np. na obuwiu ochronne), a także modelowanie takich parametrów jak: rodzaj ciekłej substancji chemicznej, czas kontaktu, warunki klimatyczne kondycjonowania próbek czy przygotowanie materiału do badań (np. po symulowanym lub rzeczywistym użytkowaniu). Podejście takie kwalifikuje metodę jako skuteczne narzędzie szacujące bezpieczny czas użytkowania materiałów ochronnych na stanowiskach pracy (*end-of-service-life*).

W pracy zaprezentowano wyniki degradacji chemicznej dla rękawic polimerowych (nitrylowych, chloroprenowych, butylowych), dla materiału na obuwiu ochronne (z polichloroku winylu z dodatkiem napełniaczy węglowych) oraz tkaniny aramidowej powlekanej polimerem z dodatkiem napełniacza węglowego o przeznaczeniu na rękawice strażackie. W celu obserwacji zmian zachodzących na powierzchni materiału po kontakcie z substancją chemiczną (w czasie od 10 minut do 6 godzin) oraz obserwacji miejsc po przekłuciu w zakresie propagacji uszkodzenia, za pomocą mikroskopii optycznej wykonano zdjęcia próbek poddanych degradacji chemicznej pod wpływem acetonu, n-heptanu i oleju mineralnego. Przedstawione wyniki badań potwierdzają użyteczność metody wyznaczania odporności na degradację chemiczną do szacowania bezpiecznego czasu użytkowania (*end-of-service-life*) polimerowych materiałów rękawic oraz obuwia stosowanego na stanowiskach pracy.

Źródło finansowania:

Zrealizowano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego pn. „**Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy**”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Zadanie nr: 1.ZS.06 pod tytułem: „Metoda wyznaczania odporności na degradację chemiczną w odniesieniu do polimerowych rękawic ochronnych, w tym medycznych podwójnego zastosowania z uwzględnieniem wymagań normy europejskiej PN-EN ISO 374-4:2020-03”. Projekt nr I.PN.04 pod tytułem: „Kompozytowe materiały polimerowe wzmacniane funkcjonalizowanym grafenem przeznaczone na elementy obuwia do zastosowań zawodowych”. Projekt nr I.PN.05 pod tytułem: „Hybrydowe materiały włóknotwórcze modyfikowane grafenem przeznaczone na rękawice strażackie”. Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

## Bibliografia

- [1] A. Smejda-Krzewicka, E. Irzmańska, K. Mrozowski, A. Adamus-Włodarczyk, N. Litwicka, K. Strzelec, M. Szynkowska-Jóźwik, *Molecules*, 29:6 (2024) 1306.
- [2] E. Irzmańska, N. Litwicka, K. Halicka, P. Kropidłowska, *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 3:121 (2024) 149–157
- [3] PN-EN ISO 374-4:2020-03 - *Rękawice chroniące przed niebezpiecznymi substancjami chemicznymi i mikroorganizmami*

# BADANIA (BIO)DEGRADACJI KOMPOZYTÓW POLIESTROWYCH Z CYKLODEKSTRYNĄ

Joanna RYDZ<sup>1</sup>, Khadar DUALE<sup>1</sup>, Wanda SIKORSKA<sup>1</sup>, Marta MUSIOŁ<sup>1</sup>, Henryk JANECEK<sup>1</sup>, Andrzej MARCINKOWSKI<sup>1</sup>, Marek KOWALCZUK<sup>1</sup>, Darinka CHRISTOVA<sup>2</sup>

E-mail: jrydz@cmpw-pan.pl

Polimery takie jak poli(adypinian-ko-tereftalan butylenu) (PBAT), polilaktyd (PLA) czy ich mieszaniny przyciągają uwagę ze względu na ich dobrą (bio)degradowalność. Cyklodekstryny (CDs) to rozpuszczalne w wodzie cykliczne oligosacharydy, które mają zarówno hydrofobową wnękę, jak i hydrofilową powierzchnię zewnętrzną. Wprowadzenie CD do polimeru nie tylko poprawia jego hydrofilowość, ale także wpływa na jego krystalizację, degradację i termostabilność, ponieważ wnęki hydrofobowe ograniczają ruch łańcuchów makrocząsteczki i zwiększają stopień usieciowania. Bezpośrednie dodanie CD (nie jako kompleksu inkluzyjnego) do poli(3-hydroksymaślanu) (PHB) lub PLA zwiększa zarodkowanie i promuje krystalizację PHB i PLA, oraz zwiększa potencjał przetwarzania i odporność cieplną tych poliestrów, w zależności od ilości dodanej CD [1]. Co więcej, dodatek CD poprawia krystaliczność a co za tym idzie zmienia ogólne właściwości polimerów, a także może generować właściwości ciekłokrystaliczne w niektórych materiałach poliestrowych.

Celem prowadzonych prac było zbadanie zmian właściwości materiałów w szczególności właściwości ciekłokrystalicznych, przetwórczych, zmian stabilności, a przede wszystkim szybkości (bio)degradacji, które w perspektywie mogą rozszerzyć zastosowanie poliestrów w kierunku bardziej innowacyjnych obszarów. Kompleksowa charakterystyka kompozytów opartych na poliestrach i CD pozwala na dokładniejsze określenie ich możliwości wykorzystania np., jako filamenty do druku 3D. Natywne cząsteczki CD nie są zdolne do tworzenia termotropowych ciekłych kryształów (LC) ale wprowadzając CD do matrycy PLA, możliwe jest uzyskanie mezofazy, poprzez odpowiednią kontrolę temperatury, czasu ogrzewania i siły nacisku.

## Podziękowania

Praca była współfinansowana z programu badań naukowych i innowacji "Horyzont 2020" Unii Europejskiej w ramach umowy o grant Marie Skłodowska-Curie nr 872152, projekt GREEN-MAP oraz projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. „PMW” w latach 2020-2024; umowa nr 5092/H2020/2020/2. Badania prowadzone były również w ramach dwóch projektów bilateralnych w ramach porozumienia o współpracy naukowej między Polską Akademią Nauk i Rumuńską Akademią Nauk na lata 2023-2025 „Poliestry do zastosowań specjalnych zawierające cyklodekstrynę oraz amidowe fragmenty strukturalne” oraz między Polską Akademią Nauk i Bułgarską Akademią Nauk na lata 2024-2025 „Szyte-na-miarę zielone systemy polimerowe do zaawansowanych zastosowań medycznych i opakowaniowych”.

## Literatura

[1] Y. He, Y. Inoue, *J. Polym. Sci. B Polym. Phys.* 42 (2004) 3461–3469.

# BIODEGRADOWALNE FOLIE POLIMEROWE Z NATURALNYMI DODATKAMI ANTYBAKTERYJNYMI

Aneta **RASZKOWSKA-KACZOR**<sup>1</sup>, Lauren **SZYMAŃSKA**<sup>1,2</sup>, Krzysztof **MORACZEWSKI**<sup>2</sup>,  
Katarzyna **ŁUBIECH**<sup>2</sup>, Magdalena **STĘPCZYŃSKA**<sup>2</sup>, Krzysztof **BAJER**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, M. Skłodowskiej-Curie 55, 87-100, Toruń

<sup>2</sup> Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, J.K. Chodkiewicza 30, 85-064, Bydgoszcz

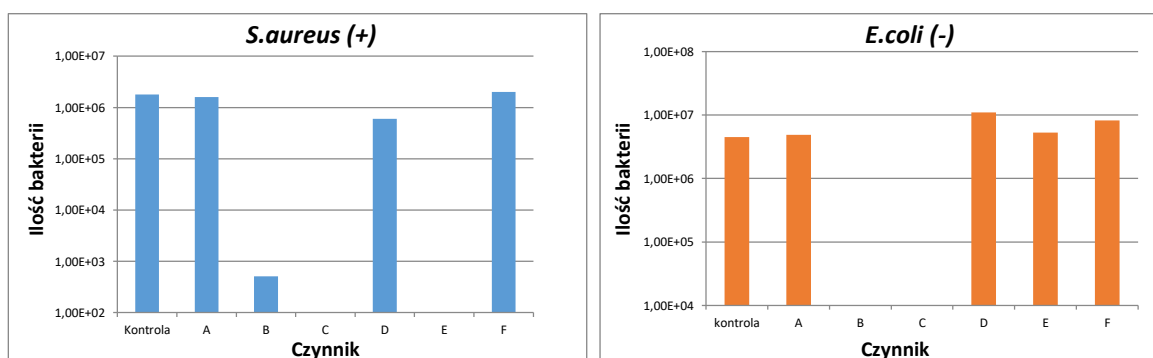
Email: aneta.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl

Znaczny wzrost oporności bakterii na konwencjonalne syntetyczne antybiotyki [1] i brak nowych skuteczniejszych antybiotyków [2] doprowadziły do potrzeby poszukiwania alternatywnych środków antybakteryjnych. Przebadano środki pochodzenia roślinnego i zwierzęcego i uznano je za skuteczne [3,4]. Celem badań było wybranie odpowiednich środków pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego do zastosowania w foliach polimerowych i określenie ich skuteczności działania.

Po przeprowadzeniu obszernego przeglądu literatury wybrano siedem potencjalnych dodatków: dihydrat kwercetyny (A), chlorowodorek berberyny (B), kwas kawowy (C), chitozan (D), chmiel (E) kurkumina (F) i waniliny) do wstępnych badań i charakterystyki. Stabilność termiczną dodatków określoną stosując technikę badawczą TGA. Pomiar stabilności termicznej wykonano w celu uniknięcia degradacji termicznej dodatków, które w późniejszym etapie badań zostaną poddane działaniu podwyższonych temperatur w procesie wytłaczania dwuślimakowego. Na podstawie przeprowadzonych badań TG odrzucono dodatki, których temperatura rozkładu była niższa niż 150°C. Waniliny wykazywał stabilność niższą niż 150°C i został odrzucony w dalszych badaniach. Pozostałe dodatki odznaczały się stabilnością termiczną powyżej 150°C.

Zmodyfikowane badanie aktywności polegało na inkubacji zawiesiny komórek bakteryjnych (gram-ujemnie oraz gram-dodatnie) w obecności PBSA zawierającego 10% każdego badanego dodatku oraz czystej folii polimerowej PBSA (próbka kontrolna). Po inkubacji oznaczano ilość bakterii wykonując posiewy mikrobiologiczne na podłożu PCA (Plate Count Agar). Zaobserwowano zmiany liczby komórek bakteryjnych w zależności od rodzaju dodatku. Aktywność antybakteryjną i biobójczą zaobserwowano w próbkach B, C i E – odpowiednio chlorowodoru berberyny, kwasu kawowego i chmielu.

## Rys1: Wyniki ilości bakterii po inkubacji zawiesiny bakteryjnej



## References

- [1] MA. Salam, MY. Al-Amin, MT, Salam i in., *Healthcare*, 11, (2023), 1946.
- [2] MA. Farha, MM. Tu, ED. Brown, *Current Opinion in Microbiology*, 83 (2025), 102562.
- [3] L. Pinto, MR. Tapia-Rodríguez, F. Baruzzi i in., *Foods*, 12, (2023), 2315.
- [4] CL. Ke, FS. Deng, CY. Chuang i in., *Polymers*, 13 (2021), 904.
- [5] Ł. Łopusiewicz, M. Zdanowicz, S. Macieja i in., *Polymers*, 13, (2021), 1798.

Powyższe badania są częścią doktoratu wdrożeniowego finansowanego przez MEiN/DWD/7/0153/2023

## BIOKOMPOZYTY NAPEŁNIANE FUSAMI Z KAWY

**Daniel KACZOR, Volodymyr KRASINSKYI, Lauren SZYMAŃSKA, Krzysztof BAJER**

*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, 87-100 Toruń*

E-mail: daniel.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl

Celem badań było określenie sposobu wytwarzania biodegradowalnych koncentratów termoplastycznych, których głównym składnikiem są odpady konsumpcyjne – fusy kawowe. Określono konfigurację ślimaków oraz parametry wytłaczania koncentratów na wytłaczarce dwuślimakowej współbieżnej. Jako lepiszcze dla odpadów zastosowano poli(bursztynian butylenu) PBS i skrobię termoplastyczną TPS. Wytworzono szereg mieszanek o różnej zawartości lepiszcza oraz dodatków poprawiających ich hydrofobowość (SiO<sub>2</sub>, zeolit). Uzyskane koncentraty poddano badaniu wytrzymałości na rozciąganie, określono masowy wskaźnik płynięcia oraz chłonności wilgoci z powietrza. Część kompozytów zawierająca TPS, SiO<sub>2</sub> i zeolit nie nadawała się do wykonania próbki badawczej, co uniemożliwiło jej pomiar wytrzymałości. Można jednak zauważyć, że wraz ze wzrostem zawartości fusów obniża się mocno wytrzymałość kompozytów i ich współczynnik płynięcia, a wzrasta chłonność wilgoci. TPS powoduje wzrost chłonności wilgoci z powietrza, a dodatki krzemionki i zeolitu w niewielkim stopniu ją ograniczają. Wybrane koncentraty poddano prasowaniu i otrzymano demonstracyjne wyroby w formie talerzyka. Część z nich charakteryzowała się dobrą trwałością, bez pęknięć i o trwałych, zakładanych kształtach.

## **BIOPRODUKT PRZYSPIESZAJĄCY ROZKŁAD BIODEGRADOWALNYCH MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH W KOMPOŚCIE – PROJEKT POL-KOMP**

Katarzyna **JANCZAK**<sup>1</sup>, Daria **LISEWSKA**<sup>1</sup>, Alicja **MAZURYK**<sup>1</sup>, Oksana **KRASINSKA**<sup>1</sup>,  
Lauren **SZYMAŃSKA**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń*

E-mail: [daria.lisewska@impib.lukasiewicz.gov.pl](mailto:daria.lisewska@impib.lukasiewicz.gov.pl)

W ramach **Projektu POL-KOMP** opracowano innowacyjny bioprodukt przyspieszający biodegradację polilaktydu (PLA), a także innych materiałów biodegradowalnych w warunkach kompostowania. Bioprodukt opiera się na zastosowaniu nośnika w postaci granulatu skrobiowego wzbogaconego w wyselekcjonowane szczepy bakterii, enzymy hydrolityczne oraz mikro- i makroelementy wspomagające. Unikalność rozwiązania polega na synergistycznym działaniu składników, które przyspieszają proces biodegradacji i jednocześnie poprawiają właściwości nawozowe końcowego kompostu. W ramach projektu przeprowadzono badania w warunkach laboratoryjnych, w kompostownikach przydomowych oraz w skali przemysłowej, potwierdzając skuteczność bioproduktu. Opracowanie to wpisuje się w ideę gospodarki cyrkularnej, wspierając recykling biologiczny biodegradowalnych polimerów i ich praktyczne wykorzystanie w rekultywacji terenów oraz w ogrodnictwie.

Praca powstała w ramach projektu **pt. „Bioprodukt przyspieszający rozkład biodegradowalnych materiałów polimerowych w kompoście” (nr LIDER/48/0247/L-12/20/NCBR/2021) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.**

## INNOWACYJNY BIOPRODUKT POL-KOMP JAKO ROZWIĄZANIE WSPIERAJĄCE BIODEGRADACJĘ PLA W WARUNKACH KOMPOSTOWANIA

Katarzyna JANCZAK<sup>1</sup>, Alicja MAZURYK<sup>1</sup>, Daria LISEWSKA<sup>1</sup>, Oksana KRASINSKA<sup>1</sup>,  
Lauren SZYMAŃSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń*

E-mail: alicja.mazuryk@impib.lukasiewicz.gov.pl

Bioprodukt POL-KOMP stanowi nowatorskie podejście do problemu efektywnej biodegradacji polilaktydu (PLA) i innych materiałów biodegradowalnych w kompoście. Skład bioproduktu obejmuje granulowany nośnik skrobiowy, wzbogacony w żywe mikroorganizmy o udowodnionej zdolności do rozkładu PLA, enzymy hydrolityczne oraz substancje wspomagające w postaci mikro- i makroelementów. Przeprowadzone badania laboratoryjne oraz testy w warunkach domowych i przemysłowych wykazały, że POL-KOMP znacząco skraca czas rozkładu materiałów biodegradowalnych, jednocześnie zwiększając wartość nawozową uzyskanego kompostu. Unikalna struktura nośnika zapewnia wysoką przeżywalność mikroorganizmów i efektywne działanie w różnych warunkach kompostowania. Wyniki badań wskazują na możliwość zastosowania produktu w rekultywacji terenów oraz w ogrodnictwie, stanowiąc istotny krok w kierunku zrównoważonej gospodarki odpadami.

Praca powstała w ramach projektu *pt. „Bioprodukt przyspieszający rozkład biodegradowalnych materiałów polimerowych w kompoście” (nr LIDER/48/0247/L-12/20/NCBR/2021) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.*

# INNOWACYJNY KOMPOZYT SKROBIOWY JAKO NOŚNIK MIKROORGANIZMÓW I SUBSTANCJI AKTYWNYCH W PROCESIE KOMPOSTOWANIA

Katarzyna JANCZAK<sup>1</sup>, Oksana KRASINSKA<sup>1</sup>, Alicja MAZURYK<sup>1</sup>, Daria LISEWSKA<sup>1</sup>,  
Lauren SZYMAŃSKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń*

E-mail: oksana.krasinska@impib.lukasiewicz.gov.pl

Zastosowanie kompozytu skrobiowego jako nośnika dla mikroorganizmów i substancji aktywnych stanowi innowacyjne rozwiązanie wspierające proces biodegradacji tworzyw polimerowych w kompoście. Kompozyt ten składa się z naturalnych składników, takich jak skrobia, fusy z kawy oraz makuchy lniane, co zapewnia jego biodegradowalność i przyjazność dla środowiska. Porowata struktura materiału ułatwia adaptację mikroorganizmów do nowych warunków, jednocześnie zwiększając ich przeżywalność dzięki zdolności do absorpcji wilgoci i dostarczaniu niezbędnych mikro- i makroelementów. W ramach badań oceniono skuteczność kompozytu jako nośnika dla wyselekcjonowanych szczepów bakterii przyspieszających biodegradację polilaktydu (PLA). Testy laboratoryjne i polowe wykazały, że zastosowanie tego rozwiązania nie tylko wspomaga proces rozkładu tworzyw biodegradowalnych, ale także pozytywnie wpływa na rozwój roślin, zwiększając wartość nawozową uzyskanego kompostu. W badaniach fitotoksyczności potwierdzono, że kompozyt skrobiowy może być bezpiecznie stosowany jako dodatek poprawiający właściwości podłoża glebowego. Uzyskane wyniki wskazują na potencjał komercyjny tego rozwiązania, szczególnie w sektorze ogrodnictwa i rekultywacji terenów zdegradowanych. Innowacyjność opracowanego kompozytu polega na jego wszechstronności, możliwości dostosowania składu do specyficznych warunków aplikacyjnych oraz synergicznym działaniu mikroorganizmów i substancji aktywnych, co czyni go atrakcyjnym rozwiązaniem dla przyszłych zastosowań w biotechnologii środowiskowej.

Praca powstała w ramach projektu pt. „Bioprodukt przyspieszający rozkład biodegradowalnych materiałów polimerowych w kompoście” (nr **LIDER/48/0247/L-12/20/NCBR/2021**) finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

# THE STUDY OF THE IMPACT OF FEED OPENING SHAPE AND SIZE ON THE THROUGHPUT OF THE FEED OPENING SECTION OF A SINGLE-SCREW EXTRUDER

**Volodymyr KRASINSKYI<sup>1</sup>, Krzysztof BAJER<sup>1</sup>, Adrian BARTNICKI<sup>1</sup>, Ludmila DULEBOVA<sup>2</sup>, Ivan GAJDOS<sup>2</sup>, Marcin BUCZAJ<sup>3</sup> and Povilas PADLECKAS<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Łukasiewicz Research Network – Institute of Polymer Materials, Torun, Poland;* <sup>2</sup>*Department of Technologies, Materials and Computer Aided Production, Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Košice, Letná 9, Košice, Slovakia;* <sup>3</sup>*Lublin University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Electrical Engineering and Smart Technologies, Nadbystrzycka 38A, 20-618 Lublin, Poland ;* <sup>4</sup>*Dirmeta, UAB, Draugystės g. 19, LT-51230 Kaunas, Lithuania*

E-mail: [volodymyr.krasinskyi@impib.lukasiewicz.gov.pl](mailto:volodymyr.krasinskyi@impib.lukasiewicz.gov.pl)

The impact of the geometry of the feed opening section (FOS) on the efficiency of the extrusion process is a rarely discussed issue and, as a result, insufficiently studied. The geometric features of the FOS affect the ease of polymer transfer from the hopper to the screw channel in the plasticizing section, as well as the filling level of the screw channel. This influences the operation of other sections within the plasticizing unit, the overall efficiency of the extrusion process, and also has an indirect effect on the properties of the extrudate. The impact of the design of the hopper, feed opening, barrel, and screw in these zones is discussed in numerous scientific publications. However, these studies do not fully address the topic of this project, nor do they provide universal or comprehensive correlations and solutions. The literature often presents ambiguous recommendations regarding the shape, position, and dimensions of the feed opening. The aim of this study was to investigate the impact of the feed opening shape and size, as well as the hopper shape, on the throughput capacity of the Feed Opening Section (FOS). Based on these findings, a universal FOS design for a single-screw extruder was developed. To achieve this goal, four different FOS models were designed and fabricated using 3D printing from polycarbonate. These models had the same feed opening width (equal to the screw diameter,  $D = 45$  mm), hopper height (335 mm) and inclination angle ( $70^\circ$ ). The models varied in feed opening length (ranging from  $1.5D$  to  $2D$ ) as well as feed opening and hopper shape (ranging from rectangular to rounded-rectangular). At this stage, the throughput capacity of these four physical FOS models was tested using a specialized setup (without a screw and barrel) with bio(nano)composite granules of different sizes. The results indicated that the FOS throughput capacity is significantly influenced by granule size and feed opening length, while it is largely unaffected by the feed opening and hopper shape.

## **Acknowledgments**

This research was funded by the European Union's programme for research and innovation Horizon Europe under **the Marie Skłodowska-Curie Action grant agreement No 101129698–PROMATAI– Horizon–MSCA–2022–SE–01**. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Research Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

# RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE COLOR MASTERBATCHES CONTAINING PIGMENT RED 122 ( 2,9-DIMETHYLQUINACRIDONE) MODIFIED BY SILANES USING PULVERIZATION METHOD.

**Magdalena LIPIŃSKA<sup>1</sup>, Magdalena KOZŁOWSKA<sup>1</sup>, Magdalena GACA<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Lodz University of Technology, Institute of Polymer and Dye Technology, Stefanowskiego 16, 90-537 Łódź*

E-mail: magdalena.lipinska@p.lodz.pl

Polyethylene color masterbatches containing pigment Red 122, 2,9-dimethylquinacridone, ((2,9-dimethyl-5,12-dihydroquinolino[2,3-b]acridine-7,14-dione) modified by pulverization method in ball mills were obtained. As pigment modifying agents the isobutyltrimethoxysilane IBTMS and octyltriethoxysilane OTES were used. The viscoelastic properties of prepared masterbatches were investigated by using oscillation-rotational rheometer. The impact of the 2% wt. of coloring masterbatch on the rheological behavior of polyethylene during processing at 170°C was analyzed. Storage shear modulus  $G'$ , loss shear modulus  $G''$ , complex viscosity  $\eta^*$  and loss factor  $\tan \delta$  were analyzed. Modification prevent the agglomeration of modified pigment particles in masterbatch leading to the significant increase of the storage shear modulus  $G'$ . The analysis of the continuous relaxation models showed that modified pigment influenced on the relaxation of melted polyethylene. The tendency of silane modified pigment to create "own structure" in polyethylene carrier via particles-particles interactions was estimated based on rotational tests at low and high shear rate. The larger area of viscosity loops confirmed stronger structurization of modified pigment particles in melted at 170°C masterbatches. The Carreau and Carreau-Yasuda viscosity models were applied to analyze the flow curve and the changes of viscosity as a function of shear rate. The influence of modified pigments on the crystallization of polyethylene and its thermal stability was investigated. The temperatures of melting  $T_m$  were determined.

# POPRAWA ODPORNOŚCI SPOIW ORGANICZNYCH NA WARUNKI ATMOSFERYCZNE DZIĘKI PIGMENTACJI

**Ewa LANGER<sup>1</sup>, Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Grażyna KAMIŃSKA-BACH<sup>1</sup>, Bartosz KOPYCIŃSKI<sup>1,2</sup>,  
Leszek KOMOROWSKI<sup>3</sup>, Damian WOJDA<sup>3</sup>, Matthias WANNER<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń

<sup>2</sup>Szkoła Doktorów, Politechnika Śląska, Gliwice; <sup>3</sup>Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa

<sup>4</sup>Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Stuttgart, Germany

E-mail: ewa.langer@impib.lukasiewicz.gov.pl

Podstawową funkcją powłok ochronnych konstrukcji stalowych jest zapewnienie długotrwałej ochrony przed korozją oraz zachowanie walorów dekoracyjnych przez dłuższy okres użytkowania. Osiągnięcie tych celów jest możliwe dzięki odpowiedniemu doborowi powłok nawierzchniowych, tj. takich, które zapewniają trwałość kluczowych właściwości użytkowych podczas eksploatacji.

Głównym celem projektu jest zbadanie wpływu cyklicznych zmian temperatury, wilgotności i natężenia promieniowania UV na właściwości powłok nawierzchniowych. Sporządzono i przebadano farby na bazie dwóch spoiw stosowanych w farbách poliuretanowych, pigmentowanych w różnych odcieniach żółtego, czerwonego i niebieskiego. Zarówno spoiwa jak i pigmenty różniły się od siebie odpornością na działanie czynników atmosferycznych. Za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), goniometru, połyskomierza i kolorymetru oceniano: stabilność barwy, połysk, kąt zwilżania wodą i energię powierzchniową powłok podczas ekspozycji na lampy ksenonowe i UV oraz po testach w komorach klimatycznych.

Na podstawie wyników badań zaobserwowano, że zmiana barwy i połysku jest najbardziej zależna od promieniowania UV, a zachowanie właściwości dekoracyjnych silnie zależy od rodzaju pigmentów w każdej grupie kolorystycznej. Mniejsze zmiany koloru i połysku są spowodowane zmianą wilgotności i temperatury bez wpływu promieniowania UV. Stwierdzono również, że dobór pigmentacji może mieć wpływ na trwałość zastosowanego spoiwa organicznego. Bardziej odporna na działanie czynników atmosferycznych pigmentacja pozwala ochronić spoiwo przed degradacją.

## **Podziękowania:**

Badania wykonano w ramach projektu **ColourTune CORNET/31/20/2022** pt. „*Tuning the colour of topcoats – method for selection of pigments and safeguarding colour stability*” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR).

## WPŁYW DODATKÓW BIOBÓJCZYCH NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOMECHANICZNE POWŁOK PRZEZNACZONYCH NA KOMPOZYTY

Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Ewa LANGER<sup>1</sup>, Sebastian JURCZYK<sup>1</sup>, Grażyna KAMIŃSKA-BACH<sup>1</sup>, Barbara PILCH-PIERA<sup>2</sup>, Katarzyna POJNAR<sup>2</sup>, Ewa CISZKOWICZ<sup>2</sup>, Michał KĘDZIERSKI<sup>3</sup>, Leszek KOMOROWSKI<sup>4</sup>, Damian WOJDA<sup>4</sup>, Izabela KUNCE<sup>4</sup>, Katarzyna KRAWCZYK<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń; <sup>2</sup>Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemii, Zakład Polimerów i Biopolimerów; <sup>3</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej; <sup>4</sup>Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa; <sup>5</sup>Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Stuttgart, Germany

E-mail: malgorzata.zubielewicz@impib.lukasiewicz.gov.pl

W celu nadania powierzchniom materiałów kompozytowych właściwości przeciwdrobnoustrojowych stosuje się obecnie najczęściej powłoki dekoracyjno-ochronne z udziałem srebra. Przykładem mogą być farby rozpuszczalnikowe o wysokiej zawartości lotnych związków organicznych, co generuje duże ilości odpadów i ma niekorzystny wpływ na środowisko.

Celem projektu jest opracowanie ekologicznych farb proszkowych zawierających jako składniki bioaktywne naturalne i syntetyczne substancje, w tym pochodne chitozanu, aminokwasy i peptydy, które dodatkowo są immobilizowane na nośnikach warstwowych, takich jak monmorylonit i haloizyt. Do badań wytypowano środki o najlepszej skuteczności biobójczej – pojedyncze i w mieszaninach. Stwierdzono, że zastosowane dodatki nie wpływają niekorzystnie na właściwości fizykomechaniczne powłok, a otrzymane farby mogą być ekologiczną alternatywą dla rozpuszczalnikowych farb przeciwdrobnoustrojowych zawierających srebro

### **Podziękowania:**

Badania są wykonywane w ramach **międzynarodowego projektu CORNET/34/5/2022 pt. Novel antimicrobial protection in powder coating for composite materials finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.**

# EKOLOGICZNE WYROBY LAKIEROWE UTWARDZANE UV NA PODŁOŻA METALOWE – WYNIKI BADAŃ WSTĘPNYCH

**Ewa LANGER<sup>1</sup>, Bartosz KOPYCIŃSKI<sup>1,3</sup>, Małgorzata ZUBIELEWICZ<sup>1</sup>, Małgorzata GNUS<sup>1</sup>,  
Leszek KOMOROWSKI<sup>2</sup>, Izabela KUNCE<sup>2</sup>, Damian WOJDA<sup>2</sup>, Norbert PIETSCHMANN<sup>4</sup>,  
Marc ENTENMANN<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Materiałów Polimerowych, Toruń; <sup>2</sup>Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa; <sup>3</sup>Szkoła Doktorów, Politechnika Śląska, Gliwice; <sup>4</sup>Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA, Stuttgart, Germany

E-mail: ewa.langer@impib.lukasiewicz.gov.pl

Technologia utwardzania promieniowaniem UV jest szeroko stosowana w przemyśle meblarskim, tworzyw polimerowych i poligraficznym. Rosnące zainteresowanie tą techniką utwardzania wynika z jej licznych zalet, w tym niskiego zużycia energii, niemal zerowej zawartości lotnych związków organicznych (LZO), dużej szybkości produkcji itp. Zastosowanie produktów utwardzanych UV na podłożach metalowych jest nadal bardzo ograniczone, pomimo wielu postępów poczynionych w ostatnich latach. Głównymi problemami są brak przyczepności do podłoża lub ograniczona odporność na korozję.

Podjęto próby opracowania wyrobów lakierowych niepigmentowanych utwardzanych UV stosowanych na podłoża metalowe. W kompozycjach zastosowano wytypowane promotory adhezji dostępne na rynku oraz nowe, opracowane i zsyntezowane w ramach niniejszego projektu. Oznaczono podstawowe właściwości wyrobów lakierowych, w tym: gęstość, lepkość, zawartość lotnych związków organicznych. Przebadano również otrzymane powłoki lakierowe pod kątem między innymi ich usieciowania i przyczepności do podłoża.

## **Podziękowania:**

Badania wykonano w ramach projektu **BiBACoM 01/36/CORNET/BIBACoM** "Bio-Based UV-Curable Anti-Corrosion Coatings for Metal Substrates" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR)

# CHARAKTERYSTYKA KOMPOZYTU WĘGLOWO-POLIMEROWEGO DO DRUKU 3D FDM DLA ZASTOSOWAŃ W UZDATNIANIU WODY

**Adam ZABROWARNY<sup>1,2</sup>, Mieczysław CIESZKO<sup>1</sup>, Marek MACKO<sup>1</sup>, Andrzej SWINAREW<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz, Jana Karola Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz, Poland*

<sup>2</sup> *Development department, Partner Systems sp. z o.o., Jerzego z Dąbrowy 5d, 77-300 Człuchów, Poland*

<sup>3</sup> *Faculty of Science and Technology, University of Silesia, 75 Pułku Piechoty 1A, 41-500 Chorzów, Poland*

E-mail: adam@partnersystems.pl

Węgiel, w formie włókien lub nanocząstek, jest powszechnie stosowany jako wzmocnienie w kompozytach polimerowych w celu poprawy ich właściwości mechanicznych, takich jak wytrzymałość na rozciąganie, sztywność lub odporność zmęczeniowa. W ostatnich latach obserwuje się rosnące zainteresowanie filamentami do druku 3D wzbogaconymi o dodatkowe właściwości funkcjonalne. Przykładem są filamenty przewodzące prąd elektryczny, które umożliwiają tworzenie elementów elektronicznych bezpośrednio w procesie druku 3D. Innym przykładem są filamenty o obniżonym współczynniku tarcia, które znajdują zastosowanie w produkcji komponentów mechanicznych o zwiększonej trwałości i mniejszym zużyciu. Takie materiały rozszerzają możliwości technologii druku 3D, pozwalając na tworzenie bardziej zaawansowanych i funkcjonalnych komponentów. Funkcjonalizacja kompozytów polimerowych najczęściej polega na nadaniu matrycy właściwości dziedziczonych od fazy rozproszonej. W przypadku zastosowania węgla aktywnego możliwe jest uzyskanie zdolności sorpcyjnych względem wybranych zanieczyszczeń chemicznych. W ramach niniejszego opracowania opracowano i wytworzono kompozyt polimerowy przeznaczony do druku 3D w technologii FDM, zawierający ABS i węgiel aktywny DTX.

Przeprowadzone badania obejmowały ocenę zdolności sorpcyjnej materiału względem wolnego chloru zawartego w wodzie surowej. Równolegle przeprowadzono badania biostatyczności, wskazujące na ograniczoną podatność materiału na kolonizację mikroorganizmami, co potwierdza jego zwiększoną odporność biologiczną. Analiza mikrostruktury kompozytu została wykonana z wykorzystaniem mikrotomografii komputerowej, zarówno dla filamentu, jak i dla gotowych elementów wydrukowanych metodą FDM. Uzyskane obrazy tomograficzne umożliwiły ocenę jakości dyspersji fazy węglowej oraz identyfikację ewentualnych defektów wewnętrznych i wtrąceń.

Opracowany materiał kompozytowy wykazuje potencjał aplikacyjny w pasywnych systemach uzdatniania wody oraz cechuje się właściwościami umożliwiającymi jego wdrożenie w technologii przyrostowej.

***Badania wykonane w ramach realizacji programu Doktorat Wdrożeniowy (Temat: Opracowanie urządzenia do uzdatniania wody ze skażeń celowych w technologii przepływowej w warunkach polowych).***

# **LISTA UCZESTNIKÓW**

## LISTA UCZESTNIKÓW, 2025r.

Krzysztof <b>BAJER</b> dr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej - Curie 55, 87-100 Toruń Krzysztof.bajer@impib.lukasiewicz.gov.pl
Agnieszka <b>BERESKA</b> dr inż.	<b>NOMA RESINS sp. z o. o.</b> ul. Sowińskiego 5, 44-121 Gliwice a.bereska@noma.com.pl
Anna <b>BOCZKOWSKA</b> prof. dr hab. inż.	<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa <a href="mailto:anna.boczowska@pw.edu.pl">anna.boczowska@pw.edu.pl</a>
Stanisław <b>BŁĄŻEWICZ</b> prof. dr hab. inż.	<b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; <b>PTW</b> <a href="mailto:blazew@agh.edu.pl">blazew@agh.edu.pl</a>
Mariola <b>BODZEK-KOCHEL</b> dr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach, Chorzowska 50a, 44-100 Gliwice <a href="mailto:mariola.bodzek-kochel@impib.lukasiewicz.gov.pl">mariola.bodzek-kochel@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Krzysztof <b>BODZYŃSKI</b> mgr inż.	<b>Firma MOULD, Gliwice</b> <a href="mailto:krzysztof.budzynski@mould.pl">krzysztof.budzynski@mould.pl</a>
Darinka <b>CHRISTOVA</b> prof. dr	<b>INSTITUTE of POLYMERS – BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES</b> Akad.G. Bonchev St., bl. 103A , 1113 Sofia, Bulgaria <a href="http://www.polymer.bas.bg">www.polymer.bas.bg</a> <a href="mailto:dchristo@polymer.bas.bg">dchristo@polymer.bas.bg</a>
Szymon <b>DEMSKI</b> mgr inż.	<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa <a href="mailto:szymon.demski.dokt@pw.edu.pl">szymon.demski.dokt@pw.edu.pl</a>
Marcel <b>DWORCZAK</b> mgr inż.	<b>ANTON PAAR POLAND Sp. z o.o.</b> ul. Hołubcowa 123; 02-854 Warszawa <a href="mailto:damian.grywinski@anton-paar.com">damian.grywinski@anton-paar.com</a>
Justyna <b>DZIADOSZ</b> dr inż.	<b>NOMA RESINS sp. z o. o.</b> Ul. Sowińskiego 5, 44-121 Gliwice a.bereska@noma.com.pl
Kamil <b>DYDEK</b> dr inż.	<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa <a href="mailto:kamil.dydek@pw.edu.pl">kamil.dydek@pw.edu.pl</a>
Aneta <b>FRĄCZEK-SZCZYPTA</b> dr hab. inż.	<b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA</b> im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Katedra Biomateriałów i Kompozytów Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-962 Kraków <a href="mailto:afraczek@agh.edu.pl">afraczek@agh.edu.pl</a>
Sylwester <b>FURMANIAK</b> dr hab., prof. ANS	<b>AKADEMIA NAUK STOSOWANYCH</b> Im. Stanisława Staszica w PILE, ul. Podchorążych 10, 64-920 Piła <a href="mailto:s.furmaniak@ans.pila.pl">s.furmaniak@ans.pila.pl</a>
Piotr A. <b>GAUDEN</b> dr hab., prof. UMK	<b>UNIwersytet MIKOŁAJA KOPERNIKA</b> , Wydział Chemii, Katedra Chemii Materiałów, Adsorpcji i Katalizy, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń <a href="mailto:gaudi@umk.pl">gaudi@umk.pl</a>
Magdalena <b>GACA</b> dr inż.	<b>POLITECHNIKA ŁÓDZKA INSTYTUT TECHNOLOGII POLIMERÓW i BARWNIKÓW</b> , ul. Stefanowskiego16, 90-537 Łódź <a href="mailto:Magdalena.gaca@p.lodz.pl">Magdalena.gaca@p.lodz.pl</a>
Anna <b>GAWRON</b> mgr inż.	<b>CENTRUM MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH i WĘGLOWYCH PAN</b> ul. M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze <a href="mailto:agawron@cmpw-pan.pl">agawron@cmpw-pan.pl</a>
Małgorzata <b>GNUS</b> dr. Inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach, Chorzowska 50a, 44-100 Gliwice <a href="mailto:malgorzata.gnus@impib.lukasiewicz.gov.pl">malgorzata.gnus@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Grażyna <b>GRYGLEWICZ</b> prof. dr hab. inż.	<b>POLITECHNIKA WROCŁAWSKA</b> , Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław <a href="mailto:grazyna.gryglewicz@pwr.edu.pl">grazyna.gryglewicz@pwr.edu.pl</a>
Maciej <b>GUBERNAT</b> dr inż.	<b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA</b> im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-962 Kraków <a href="mailto:maciej.gubernat@agh.edu.pl">maciej.gubernat@agh.edu.pl</a>
Damian <b>GWIRZYŃSKI</b> dr	<b>ANTON PAAR POLAND Sp. z o.o.</b> ul. Hołubcowa 123; 02-854. Warszawa <a href="mailto:damian.grywinski@anton-paar.com">damian.grywinski@anton-paar.com</a>

Izabela <b>IRSKA</b> dr inż.	<b>ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY</b> , Instytut Inżynierii Materiałowej, Al. Piastów 17, 70-310 Szczecin <a href="mailto:izabela.irska@zut.edu.pl">izabela.irska@zut.edu.pl</a>
Emilia <b>IRZMAŃSKA</b> dr hab. inż.	<b>CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY-PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ZAKŁAD OCHRON OSOBISTYCH</b> , ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa <a href="mailto:emirz@ciop.lodz.pl">emirz@ciop.lodz.pl</a>
Regina <b>JEZIÓRSKA</b> dr hab. inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT CHEMII PRZEMYSŁOWEJ im. Profesora Ignacego Mościckiego</b> , ul. Rydygiera 8, 01-793 Warszawa <a href="mailto:regina.jeziorska@ichp.lukasiewicz.gov.pl">regina.jeziorska@ichp.lukasiewicz.gov.pl</a>
Agata <b>KANIA</b> mgr	<b>MERITUM Link Sp. z o.o.</b> , ul. Głogowska 104/3, 61-230 Poznań <a href="mailto:agata@linkplus.pl">agata@linkplus.pl</a> : <a href="mailto:biuro@filolodzy.pl">biuro@filolodzy.pl</a>
Daniel <b>KACZOR</b> mgr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń <a href="mailto:daniel.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl">daniel.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Grażyna <b>KAMIŃSKA-BACH</b> mgr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach, Chorzowska 50a, 44-100 Gliwice <a href="mailto:grazyna.kaminska-bach@impib.lukasiewicz.gov.pl">grazyna.kaminska-bach@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Mateusz <b>KEMPIŃSKI</b> dr inż. inż. UAM	<b>UNIWERSYTET ADAMA MICKIEWICZA</b> , Wydział Fizyki i Centrum NanoBioMedyczne Uniwersytetu, Umultowska 85, 61-614 Poznań, <a href="mailto:matt@amu.edu">matt@amu.edu</a>
Jerzy <b>KLIMCZAK</b> mgr inż.	<b>STOWARZYSZENIE INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW PRZEMYSŁU CHEMICZNEGO</b> , ul. Czackiego, Warszawa; <b>PRZEMYSŁ CHEMICZNY</b> - Redakcja czasopisma, Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa <a href="mailto:j.klimczak@sigma.not.pl">j.klimczak@sigma.not.pl</a>
Karolina <b>KORDEK-KHAIL</b> mgr inż.	<b>POLITECHNIKA WROCŁAWSKA</b> , Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław <a href="mailto:Karolina.kordek-KHAIL@PWR.EDU.PL">Karolina.kordek-KHAIL@PWR.EDU.PL</a>
Volodymyr <b>KRASINSKYI</b> dr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń <a href="mailto:Volodymyr.krasinskyi@impib.lukasiewicz.gov.pl">Volodymyr.krasinskyi@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Oksana <b>KRASINSKA</b> mgr	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń <a href="mailto:oksana.ksasinska@impib.lukasiewicz.gov.pl">oksana.ksasinska@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Paulina <b>KROPIDŁOWSKA</b> mgr inż.	<b>CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY-PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ZAKŁAD OCHRON OSOBISTYCH</b> , ul. Czerniakowska 16,00-701 Warszawa <a href="mailto:pakro@ciop.lodz.pl">pakro@ciop.lodz.pl</a>
Konrad <b>KURCIBACH</b> mgr inż.	<b>ANTON PAAR POLAND Sp. z o.o.</b> ul Hołubcowa 123; 02-854.Warszawa <a href="mailto:damian.grywinski@anton-paar.com">damian.grywinski@anton-paar.com</a>
Ewa <b>LANGER</b> dr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, Centrum Farb i Tworzyw w Gliwicach, Chorzowska 50a, 44-100 Gliwice <a href="mailto:ewa.langer@impib.lukasiewicz.gov.pl">ewa.langer@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Daria <b>LISEWSKA</b> dr	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu, ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń <a href="mailto:daria.lisewska@impib.lukasiewicz.gov.pl">daria.lisewska@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Adrian <b>LIPOWSKI</b> Inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT LOTNICTWA</b> al. Krakowska 110/114,02-256 Warszawa <a href="mailto:adrian.lipkowski@ilot.lukasiewicz.gov.pl">adrian.lipkowski@ilot.lukasiewicz.gov.pl</a>
Magdalena <b>LIPIŃSKA</b> dr hab.	<b>POLITECHNIKA ŁÓDZKA INSTYTUT TECHNOLOGII POLIMERÓW I BARWNIKÓW</b> , ul. Stefanowskiego16, 90-Łódź <a href="mailto:magdalena.gaca@p.lodz.pl">magdalena.gaca@p.lodz.pl</a>
Ewa <b>LORENC-GRABOWSKA</b> dr hab. inż.	<b>POLITECHNIKA WROCŁAWSKA</b> , Wydział Chemiczny ul. Gdańska 7/9, 50-370 Wrocław <a href="mailto:ewa.lorenc-grabowska@prw.edu.pl">ewa.lorenc-grabowska@prw.edu.pl</a>
Grażyna <b>KRÓL</b> mgr inż.	<b>STPChem</b> ; Górne Wały 25, 44-100 Gliwice <a href="mailto:sitpchem.gliwice@wp.pl">sitpchem.gliwice@wp.pl</a>
Lidia <b>KURZEJA</b> dr inż.	<b>PTW, STPChem, Gliwice</b> <a href="mailto:lidia.kurzeja@interia.pl">lidia.kurzeja@interia.pl</a>
Katarzyna <b>MARESZ</b> dr inż.	<b>INSTYTUT INŻYNIERII CHEMICZNEJ PAN</b> ul. Bałtycka 5,44-100 Gliwice <a href="mailto:maresz@iich.gliwice.pl">maresz@iich.gliwice.pl</a>

Alicja <b>MAZURYK</b> mgr	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń alicja.mazuryk@impib.lukasiewicz.gov.pl
Jerzy <b>MIŚKÓW</b> mgr inż.	<b>PHOENIX EQUIPMENT Polska</b> ul. Choinkowa 22, 43-340 Kozy <a href="mailto:optocup@opticup.com.pl">opticup@opticup.com.pl</a>
Daria <b>MINTA</b> dr inż.	<b>POLITECHNIKA WROCŁAWSKA</b> , Wydział Chemiczny, Katedra Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych, Wybrzeże Wyspiańskiego27, 50-370 Wrocław <a href="mailto:daria.minta@pwr.edu.pl">daria.minta@pwr.edu.pl</a>
Jerzy <b>MYALSKI</b> dr hab. inż. prof. PŚ	<b>POLITECHNIKA ŚLĄSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii, Instytut Nauki o Materiałach, Krasieńskiego 8, 40-019 Katowice <a href="mailto:Jerzy.Myalski@polsl.pl">Jerzy.Myalski@polsl.pl</a>
Piotr <b>MĄDRY</b> mgr inż.	<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa <a href="mailto:Piotr.madry.dokt@pw.edu.pl">Piotr.madry.dokt@pw.edu.pl</a>
Marta <b>MUSIOŁ</b> dr inż.	<b>CENTRUM MATERIAŁÓW POLIMEROWYCGH I WĘGLOWYCH</b> ul. M. Skłodowskiej- Curie 34 ,41-819 Zabrze <a href="mailto:mmusiol@cmpw-pan.pl">mmusiol@cmpw-pan.pl</a>
Agnieszka <b>NOSAL- WIERCIŃSKA</b> prof. dr .hab.	<b>UNIwersytet Marii Curie- SKŁODOWSKIEJ W LUBLINIE</b> , Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Katedra Radiometrii i Chemii Środowiskowej. Plac Marii Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin <a href="mailto:agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl">agnieszka.nosal-wiercinska@mail.umcs.pl</a>
Piotr <b>NOWICKI</b> dr hab. .prof. UAM	<b>UNIwersytet im. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU</b> , Wydział Chemii, Zakład Chemii <b>Stosowanej</b> . ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań <a href="mailto:piotr.nowicki@amu.edu.pl">piotr.nowicki@amu.edu.pl</a>
Olga <b>OLEJNIK</b> dr inż.	<b>CENTRALNY INSTYTUT OCHRONY PRACY-PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ZAKŁAD OCHRON OSOBISTYCH</b> , ul. Czerniakowska 16, ,00-701 Warszawa <a href="mailto:olgol@ciop.lodz.pl">olgol@ciop.lodz.pl</a>
Sandra <b>PASZKIEWICZ</b> dr inż. inż., inż. ZUT	<b>ZACHODNIOPOMORSKI UNIwersytet TECHNOLOGICZNY</b> Instytut Inżynierii Materiałowej,AL. Piastów 17, 70-310 Szczecin <a href="mailto:spaszkievicz@zut.edu.pl">spaszkievicz@zut.edu.pl</a>
Weronika <b>PAZDYK-SŁABY</b> mgr inż.	<b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki ,Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-962 Kraków <a href="mailto:wpazdyk@agh.edu.pl">wpazdyk@agh.edu.pl</a>
Mirosława <b>PAWŁYTA</b> Dr hab. inż., prof. PŚ	<b>POLITECHNIKA ŚĄSKA</b> , Wydział Mechaniczny Technologiczny, Laboratorium Badania Materiałów, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice <a href="mailto:Mirosława.pawlyta@polsl.pl">Mirosława.pawlyta@polsl.pl</a>
Robert <b>PIETRZAK</b> prof. dr hab.	<b>UNIwersytet im. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU</b> , Wydział Chemii, Zakład Chemii Stosowanej, ul. Uniwersytetu Poznańskiego 8, 61-614 Poznań <a href="mailto:robert.pietrzak@amu.edu.pl">robert.pietrzak@amu.edu.pl</a>
Jadwiga <b>PRZYLUCKA</b> mgr inż.	<b>BIURO PATENTOWE</b> ul. Wielkiej Niedźwiedzicy 17/4, 44-117 Gliwice <a href="mailto:jadwiga.przylucka@gmail.com">jadwiga.przylucka@gmail.com</a>
Aneta <b>RASZKOWSKIA- KACZOR</b> dr	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH</b> w Toruniu,ul. Marii Skłodowskiej-Curie 55, 87-100 Toruń <a href="mailto:Aneta.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl">Aneta.kaczor@impib.lukasiewicz.gov.pl</a>
Daria <b>RUTKOWSKA</b> mgr inż.	<b>POLITECHNIKA WARSZAWSKA</b> , Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa <a href="mailto:daria.rutkowska3.dokt@pw.edu.pl">daria.rutkowska3.dokt@pw.edu.pl</a>
Joanna <b>RYDZ-PAWLAK</b> dr	<b>CENTRUM MATERIAŁÓW POLIMEROWYCGH I WĘGLOWYCH PAN</b> ul. M. Skłodowskiej- Curie 34, 41-819 Zabrze <a href="mailto:jrydz@cmpw-pan.pl">jrydz@cmpw-pan.pl</a>
Piotr <b>SAFERNA</b> mgr inż.	<b>TECHPLAST sp. z o.o.</b> ul. Krakowska 83P, 34-120 Andrychów <a href="mailto:Piotr.saferna@techplast.net">Piotr.saferna@techplast.net</a>
Artur <b>SOWIŃSKI</b> mgr inż.	<b>UNIwersytet ŚLĄSKI</b> , ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice AWF Katowice
Karolina <b>STANKIEWICZ</b> mgr inż.	<b>SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ - INSTYTUT LOTNICTWA</b> , al. Krakowska 110/114,02-256 Warszawa <a href="mailto:karolina.stankiewicz@ilot.lukasiewicz.gov.pl">karolina.stankiewicz@ilot.lukasiewicz.gov.pl</a>
Andrzej <b>SWINAREW</b> dr hab. inż. prof. UŚ	<b>UNIwersytet ŚLĄSKI</b> , ul. Bankowa 12, 40-007 Katowice AWF Katowice <a href="mailto:andrzej.swinarew@us.edu.pl">andrzej.swinarew@us.edu.pl</a>

Urszula <b>SZELUGA</b> dr hab. inż., prof. PAN	<b>CENTRUM MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH i WĘGLOWYCH PAN</b> ul. M. Curie-Skłodowskiej 34, 41-819 Zabrze uszeluga@cmpw-pan.pl
Paweł <b>SZROEDER</b> dr hab., prof. UKW	<b>UNIwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy,</b> Instytut Fizyki, ul. Jana Karola Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz psz@ukw.edu.pl
Ryszard <b>WIELOWSKI</b> mgr inż.	<b>AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA im. Stanisława Staszica,</b> Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki ,Katedra Biomateriałów i Kompozytów Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-962 Kraków rwielows@agh.edu.pl
Małgorzata <b>WIŚNIEWSKA</b> prof. dr hab.	<b>UNIwersytet Marii Curie- Skłodowskiej w Lublinie,</b> Wydział Chemii, Instytut Nauk Chemicznych, Katedra Radiometrii i Chemii Środowiskowej algorzata.wisniewska@mail.umcs.pl
Piotr <b>ZAJĄCZKOWSKI</b> inż.	<b>A.P. INSTRUMENTS Sp. z o.o. Sp. k.,</b> ul. Transportowców 11, 02-858 Warszawa piotr.zajaczkowski@apinstruments.pl
Adam <b>ZABROWARNY</b> mgr Inż.	<b>PARTNER SYSTEMS Sp. z o.o.</b> Jerzego z Dąbrowy 5D, 77-300 Człuchów adam@partnersystems.pl

### **Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,**

Grzegorz <b>ROGOWSKI,</b> v-ce prezes mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Jacek <b>OGÓREK</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Amanda <b>KAŁUŻA-BOŻĘCKA</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Kamil <b>ŁĄCKI</b> mgr Inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Bartosz <b>NOWAK</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Krzysztof <b>PORĘBA</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Beata <b>PLEWA</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Dariusz <b>POCIECHA</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Janusz <b>TOMALA</b> mgr inż..	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz
Michalina <b>WYRWA</b> mgr inż.	<b>Tokai COBEX Polska. Sp. z o. o.,</b> ul. Piastowska 29,47-400 Racibórz