



Polskie Towarzystwo
Materiałów Kompozytowych
Polish Society of
Composite Materials

KSIĄŻKA ABSTRAKTÓW **BOOK OF ABSTRACTS**

XXV Sympozjum **“KOMPOZYTY – Teoria i praktyka”**

XXV Symposium
"COMPOSITES - Theory and practice"

31.05-2.06
Brenna 2023



Politechnika Śląska
Wydział Inżynierii Materiałowej



Komitet
Inżynierii Materiałowej
i Metalurgii PAN



Redakcja materiałów konferencyjnych / Editors of conference materials

Tomasz Maciąg & Anna Janina Dolata

**© Copyright by PTMK „Polskie Towarzystwo Materiałów
Kompozytowych”**

© Copyright by PTMK "Polish Society of Composite Materials"

ISBN 978-83-7880-882-4

*Przygotowano na podstawie tekstów dostarczonych przez Autorów. Redakcja nie
ponosi odpowiedzialności za treść zamieszczonych abstraktów.*

*Prepared on the basis of texts provided by the authors. Editors are not responsible for
the content of the abstracts posted.*

ORGANIZATOR KONFERENCJI / CONFERENCE ORGANIZER

Polskie Towarzystwo Materiałów Kompozytowych (PTMK)
Polish Society of Composite Materials (PTMK)

z udziałem / with the participation of

Komitetu Inżynierii Materiałowej i Metalurgii PAN
PAN Materials Engineering and Metallurgy Committee

Wydziału Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej
Faculty of Materials Engineering of the Silesian University of Technology



Polskie Towarzystwo
Materiałów Kompozytowych
Polish Society of
Composite Materials



Komitet Inżynierii
Materiałowej i Metalurgii



Wydział Inżynierii Materiałowej
Politechniki Śląskiej

KOMITET ORGANIZACYJNY / ORGANIZING COMMITTEE

Przewodnicząca / Chairwoman

dr hab. inż. Anna Janina Dolata, prof. PŚ

Członkowie / Members

dr hab. inż. Waldemar Pichór, prof. AGH

dr hab. inż. Maciej Dyzia

dr inż. Rafał Kozera

dr inż. Paweł Kurtyka

dr inż. Tomasz Maciąg

dr inż. Natalia Ryłko

dr inż. Paweł Szymański

dr inż. Jakub Wieczorek

mgr inż. Aleksander Peryt

mgr inż. Krzysztof Stępień

KOMITET NAUKOWY / SCIENTIFIC COMMITTEE

dr hab. inż. Mateusz Barczewski, prof. PP
dr hab. inż. Wojciech Błażejowski, prof. PWr
prof. dr hab. inż. Anna Boczkowska, PW
prof. dr hab. inż. Katarzyna Braszczyńska-Malik, PCz
dr hab. inż. Anna Janina Dolata, prof. PŚ
dr hab. inż. Agata Dudek, prof. PCz
dr hab. inż. Agnieszka Gubernat, prof. AGH
prof. dr hab. inż. Vladimir Mityushev, PK
dr hab. inż. Dariusz Oleszak, prof. PW
dr hab. inż. Waldemar Pichór, prof. AGH
dr hab. inż. Sandra Paszkiewicz, prof. ZUT
dr hab. inż. Damian Przestacki, prof. PP
dr hab. inż. Iwona Sulima, prof. UP
prof. dr hab. inż. Barbara Surowska, PL
prof. dr hab. inż. Maria Trzaska, SBŁ
dr hab. inż. Magdalena Ziąbka, prof. AGH

PARTNERZY & SPONSORZY / EVENT PARTNER & SPONSORS



HARMONOGRAM KONFERENCJI

CONFERENCE TIMETABLE

Dzień 1 / Day 1 31.05.2023	
Godzina / Time	Wydarzenie / Event
10:00-14:00	Rejestracja uczestników / Participant registration
13:00-14:30	Obiad / Lunch
14:45-15:15	Otwarcie konferencji / Opening of the conference Referat plenarny / Plenary speech Wspólne zdjęcie uczestników / Group photo
15:15-16:15	Sesja 1: Kompozyty metalowe I Session 1: Metal composites I
16:15-16:30	Przerwa / Coffee break
16:30-17:30	Sesja 2: Kompozyty ceramiczne I Session 2: Ceramic composites I
19:30	Uroczysta kolacja / Gala dinner

Dzień 2 / Day 2 1.06.2023	
Godzina / Time	Wydarzenie / Event
9:00-17:00	Prezentacja dealer BMW i Mini Sikora Sikora BMW and Mini dealer presentation
8:00-10:00	Śniadanie / Breakfast
10:00-11:30	Sesja 3: Kompozyty metalowe II Session 3: Metal composites II Sesja 4: Kompozyty polimerowe I Session 4: Polymer composites I
11:30-13:30	Przerwa / Coffee break
13:30-15:00	Obiad / Lunch
16:30-19:30	Sesja posterowa / Poster session
19:30	Biesiada oraz wręczenie dyplomów i nagród za prezentację posteru Banquet and awards ceremony for poster presentation

Dzień 3 / Day 3 2.06.2023	
Godzina / Time	Wydarzenie / Event
8:00-10:00	Śniadanie / Breakfast
10:00-11:15	Sesja 5: Kompozyty polimerowe II Session 3: Polymer composites II Sesja 6: Kompozyty metalowe III Session 6: Metal composites III
11:15-11:30	Przerwa / Coffee break
11:30-12:45	Sesja 7: Kompozyty ceramiczne II Session 7: Ceramic composites II
12:45	Zakończenie konferencji oraz wręczenie dyplomów i nagród za referaty End of the conference and awards ceremony for lectures
13:00-14:30	Obiad / Lunch

SZCZEGÓŁOWY PROGRAM KONFERENCJI
DETAILED CONFERENCE PROGRAM



SPIS TREŚCI / TABLE OF CONTENTS

Autor i tytuł / Author and title	Strona / Page
REFERAT / LECTURE	
<i>Marcin Madej, Beata Leszczyńska-Madej, Anna Wąsik, Anna Kopeć-Surzyn, Dariusz Garbiec</i>	
WPŁYW PARAMETRÓW PROCESU WYTWARZANIA NA ZAGĘSZCZENIE, MIKROSTRUKTURĘ I WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW Al-SiC WYTWARZANYCH W PROCESIE SPS / EFFECT OF PRODUCTION PROCESS PARAMETERS ON DENSIFICATION, MICROSTRUCTURE AND SELECTED PROPERTIES OF SPARK PLASMA SINTERED Al-SiC COMPOSITES	16 / 17
<i>Vladimir Mityushev, Natalia Ryłko</i>	
EFEKTYWNE WŁASNOŚCI ROZPROSZONYCH LOSOWYCH KOMPOZYTÓW / EFFECTIVE PROPERTIES OF DISPERSED RANDOM COMPOSITES	18 / 19
<i>Agnieszka Gubernat, Zbigniew Pędzich, Dariusz Zientara, Łukasz Zych, Kamil Kornaus, Piotr Klimczyk, Marcin Podsiadło, Kamil Wojteczko, Wojciech Piekarczyk</i>	
KOMPOZYTY Z UKŁADU ZrB₂-HfB₂-MX (GDZIE: MX=SiC, B₄C, WC, MoSi₂ i CrSi₂) PRZEZNACZONE DO ZASTOSOWAŃ WYSOKOTEMPERATUROWYCH / ZrB₂-HfB₂-MX COMPOSITES (WHERE: MX=SiC, B₄C, WC, MoSi₂ AND CrSi₂) FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS	20 / 21
<i>Sebastian Komarek, Agnieszka Wojteczko, Magdalena Ziąbka</i>	
SZACOWANIE CZASU PRZEŻYCIA KOMPOZYTÓW ZrO₂/HAp DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH / LIFETIME ESTIMATIONS OF THE ZrO₂/HAp COMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	22 / 23
<i>Paulina Szoldra, Maksymilian Frąc, Waldemar Pichór</i>	
KOMPOZYTY CEMENTOWE Z MIKROSFERAMI GLINOKRZEMIANOWYMI MODYFIKOWANYMI TiO₂ O PODWYŻSZONEJ EFEKTYWNOŚCI FOTOKATALITYCZNEGO ROZKŁADU ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA / CEMENT COMPOSITES WITH TiO₂-MODIFIED CENOSPHERES WITH INCREASED EFFICIENCY OF PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF AIR POLLUTANTS	24 / 25

Ewa Kapeluszna, Wojciech Szudek, Ilona Buchała

**DOMIESZKI OPÓŹNIAJĄCE WIĄZANIE CEMENTÓW WAPNIOWO
SIARCZANOGLINIANOWYCH / RETARDING ADMIXTURES FOR
CALCIUM SULFOALUMINATE CEMENTS**

26 / 27

Jan Marosz, Magdalena Kawalec, Marcin Górny, Ewa Olejnik

**ŻELIWO AVGI JAKO KOMPOZYT ODLEWANY *IN SITU*
UMACNIANY FAZĄ CERAMICZNĄ TiC / AVGI CAST IRON AS AN
"IN SITU" CAST COMPOSITE REINFORCED WITH TiC CERAMIC
PHASE**

28 / 28

Adrianna Filipiak - Kaczmarek, Krzysztof Naplocha

**WPŁYW WZMOCNIENIA Ti NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE
KOMPOZYTU NA BAZIE AZ91 / EFFECT OF Ti REINFORCEMENT
ON MECHANICAL PROPERTIES OF AZ91 – BASED COMPOSITE**

29 / 30

Michał Szymański, Damian Przestacki, Paweł Szymański

**WPŁYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH SKRAWANIA NA
SIŁĘ CAŁKOWITĄ ORAZ ZUŻYCIE OSTRZA SKRAWAJĄCEGO
PODCZAS TOCZENIA KOMPOZYTU HMMC / INFLUENCE OF
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MACHINING ON THE
CUTTING FORCE AND TOOL WEAR DURING TURNING OF HMMC
COMPOSITE**

31 / 32

Magda Droździel-Jurkiewicz, Patryk Jakubczak, Jarosław Bieniaś

**OCENA MOŻLIWOŚCI POPRAWY WYTRZYMAŁOŚCI
POŁĄCZENIA NA POWIERZCHNI ROZDZIAŁU METAL-
KOMPOZYT W LAMINATACH METALOWO-WŁÓKNISTYCH /
EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE
ADHESION STRENGTH AT THE METAL-COMPOSITE INTERFACE
IN FIBRE-METAL LAMINATES**

33 / 34

Piotr Drygaś

**MODELOWANIE LOSOWYCH KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH /
MODELING OF RANDOM FIBER COMPOSITES**

35 / 36

Joanna Aniśko, Mateusz Barczewski, Paulina Kosmela

**POPRAWA STABILNOŚCI TERMOKSYDACYJNEJ
KOMPOZYTÓW KSZTAŁTOWANYCH W PROCESIE ODLEWANIA
ROTACYJNEGO / IMPROVING THERMO-OXIDATIVE STABILITY
OF COMPOSITES SHAPED BY ROTATIONAL MOLDING
TECHNOLOGY**

37 / 38

Mateusz Barczewski, Joanna Aniśko, Paweł Piaskowski, Aleksander Hejna, Olga Mysiukiewicz, Paulina Kosmela, Adam Piasecki

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ODPADÓW POCHODZENIA ROŚLINNEGO DO STABILIZACJI POLIMERÓW FORMOWANYCH W PROCESIE ODLEWANIA ROTACYJNEGO / POSSIBILITIES OF USING WASTE OF PLANT ORIGIN AS ACTIVE FILLERS OF COMPOSITES FORMED IN THE PROCESS OF ROTATIONAL MOLDING	39 / 40
---	----------------

Łukasz Gorycki, Piotr Zagulski

ANALIZA WPŁYWU WYMIARÓW PRÓBKI NA RZETELNOŚĆ OTRZYMANYCH WYNIKÓW BADAŃ / ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE SAMPLE DIMENSIONS ON THE RELIABILITY OF THE OBTAINED TEST RESULTS	41 / 42
--	----------------

Michał Sałaciński, Paweł Orzechowski, Piotr Smoraj, Dawid Olesiński

NAPRAWA WĘZŁA ZAWIESZENIA KLAPY ZASKRZYDŁOWEJ SAMOŁOTU MIG-29 Z WYKORZYSTANIEM KOMPOZYTÓW TECHNOLOGII KLEJENIA / REPAIR OF RIGHT FLAP BRACKET OF MIG-29 AIRCRAFT WITH THE USE OF BONDING TECHNOLOGY COMPOSITES	43 / 44
---	----------------

Marian Klasztorny, Daniel Nycz

SYMULACJA WYBRANYCH PROCESÓW REOLOGICZNYCH W KOMPOZYTACH UFRT / SIMULATION OF SELECTED RHEOLOGICAL PROCESSES IN UFRT COMPOSITES	45 / 46
--	----------------

Sandra Paszkiewicz, Konrad Walkowiak, Izabela Irska, Elżbieta Piesowicz, Paweł Figiel, Agnieszka Kochmańska

HYBRYDOWE BIONANOKOMPOZYTY POLIMEROWE OPARTE NA POCHODNYCH FURANOWYCH Z DODATKIEM NANOCZĄSTEK MINERALNYCH / POLYMER HYBRID BIONANOCOMPOSITES BASED ON FURAN DERIVATIVES CONTAINING MINERAL NANOFILLERS	47 / 48
---	----------------

Izabela Marchewka, Ewa Downar-Zapolska, Waldemar Pichór

WPŁYW METODY PRZYGOTOWANIA ORAZ IMPREGNACJI ŻYWICĄ POLIMEROWĄ NA STABILNOŚĆ KOMPOZYTÓW PERLIT EKSPANDOWANY/PARAFINA / EFFECT OF METHOD PREPARATION AND POLYMER RESIN IMPREGNATION ON FORM STABILITY OF EXPANDED PERLITE/PARAFIN COMPOSITE	49 / 50
--	----------------

*Kamil Dydek, Konrad Żochowski, Bogna Sztorch, Szymon Demski,
Rafał Kozera, Robert Przekop, Anna Boczkowska*

**MODYFIKACJA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW
POLIMEROWYCH WZMACNIANYCH WŁÓKNEM WĘGLOWYM /
MODIFICATION OF SELECTED PROPERTIES OF CARBON FIBRE
REINFORCED POLYMERS**

51 / 52

*Kamila Sałasińska, Mateusz Barczewski, Mikelis Kirpluks,
Anna Boczkowska*

**UKŁADY UNIEPALNIAJĄCE NA BAZIE SKŁADNIKÓW
ROŚLINNYCH DO ZASTOSOWANIA W NOWYCH POLIMERACH /
FLAME RETARDANT SYSTEMS BASED ON PLANT INGREDIENTS
FOR USE IN A NEW POLYMERS**

53 / 54

Anna Czajka, Radosław Bulski, Andrzej Plichta, Joanna Ryszkowska

**ESTRYFIKOWANY NAPEŁNIACZ NATURALNY
O ZWIĘKSZONEJ ADHEZJI DO BIODEGRADOWALNEJ OSNOWY /
ESTERIFIED NATURAL FILLER WITH INCREASED
ADHESION TO BIODEGRADABLE POLYMER MATRIX**

55 / 56

Jakub Smoleń

**WPŁYW PROMIENIOWANIA ULTRAFIOLETOWEGO NA
WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW CFRP STARZONYCH
W ŚRODOWISKU WODNYM / INFLUENCE OF ULTRAVIOLET
RADIATION ON PROPERTIES OF CFRP COMPOSITES AGED IN
WATER ENVIRONMENT**

57 / 58

*Monika Ostapiuk, Jarosław Bieniaś, Monica V. Louriero,
Ana C. L. Marques*

**ANALIZA LAMINATÓW TYPU FML W ŚRODOWISKU
KOROZYJNYM W ASPEKCIE WYSTĘPOWANIA ZJAWISKA
SAMO-NAPRAWY / ANALYSIS OF FIBER METAL LAMINATES IN
CORROSION ENVIRONMENT WITH SELF-HEALING ABILITY**

59 / 60

*Piotr Podolak, Magda Drożdziel-Jurkiewicz, Patryk Jakubczak,
Jarosław Bieniaś*

**PROPAGACJA USZKODZEŃ W WYNIKU ŚCISKANIA OSIOWEGO
LAMINATÓW METALOWO-WŁÓKNISTYCH NA BAZIE
ALUMINIUM PO UDERZENIU / DAMAGE PROPAGATION IN
AXIAL-COMPRESSED ALUMINIUM-BASED FIBRE METAL
LAMINATES AFTER IMPACT**

61 / 62

Paweł Hyjek, Iwona Sulima

REAKCYJNE SPIEKANIE KOMPOZYTÓW **63 / 64**
Z WYKORZYSTANIEM METODY FAST/SPS / REACTIVE
SINTERING OF COMPOSITES USING THE FAST/SPS METHOD

Iwona Sulima, Paweł Hyjek, Marcin Podsiadło

WYTWARZANIE I WŁAŚCIWOSCI KOMPOZYTÓW Cu/ZrB₂ **65 / 66**
WYTWARZANYCH METODĄ ISKROWEGO SPIEKANIA /
MANUFACTURING AND PROPERTIES OF THE Cu/ZrB₂
COMPOSITES PRODUCED BY SPARK PLASMA SINTERING

*Dawid Kozień, Karolina Krygowska, Paulina Żeliszewska,
Bożena Szermer-Olearnik, Anna Wróblewska,
Agnieszka Szczygieł, Katarzyna Węgierek-Ciura,
Jagoda Mierzejewska, Elżbieta Pajtasz-Piasecka, Zbigniew Pędzich*

FUNKCJONALIZACJA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK WĘGLIKA **67 / 68**
BORU I OCENA ICH POTENCJALNEGO ZASTOSOWANIA JAKO
NOŚNIKA W TERAPII BOROWO-NEUTRONOWEJ /
FUNCTIONALIZATION OF THE SURFACE OF BORON-RICH
BORON CARBIDE NANOPARTICLES AND ASSESSMENT OF THEIR
POTENTIAL APPLICATION AS A CARRIER IN BORON-NEUTRON
THERAPY

Natalia Rażny, Krzysztof Naplocha

OCHRONNE POWŁOKI WIELOWARSTWOWE DO **69 / 70**
ZASTOSOWANIA W MAGAZYNOWANIU ENERGII CIEPLNEJ /
PROTECTIVE MULTILAYER COATINGS FOR USE IN THERMAL
ENERGY STORAGE

Piotr Zagulski, Łukasz Gorycki

WPŁYW TEMPERATURY NA EKSPLOATACJĘ MATERIAŁÓW **71 / 72**
KOMPOZYTOWYCH O OSNOWIE POLIMEROWEJ /
TEMPERATURE INFLUENCE ON THE EXPLOITATION OF
POLYMER MATRIX COMPOSITE MATERIALS

POSTER / POSTER

Michał Barcikowski, Wojciech Błazejewski, Michał Stosiak, Grzegorz Lesiuk, Marek Lubecki, Paweł Stabla, Michał Smolnicki, Paweł Bury, Krzysztof Towarnicki, Joanna Warycha, Szymon Duda, Zuzanna Pacholec, Karolina Paczkowska, Monika Mszyca

73 / 74

**BADANIA CIŚNIENIOWE INTELIGENTNEGO ZBIORNIKA
KOMPOZYTOWEGO Z UCHYLNĄ DENNICĄ / PRESSURE TESTING
OF AN INTELLIGENT COMPOSITE TANK WITH A LARGE
OPENING**

Zuzanna Pacholec, Wojciech Błazejewski, Michał Barcikowski, Michał Stosiak, Grzegorz Lesiuk, Paweł Stabla, Michał Smolnicki, Paweł Bury, Krzysztof Towarnicki, Joanna Warycha, Szymon Duda, Michał Krzysztoporski, Karolina Paczkowska, Monika Mszyca

75 / 76

**DOŚWIADCZALNA ANALIZA ROZWIĄZAŃ OPŁOTU DENNIC
KOMPOZYTOWYCH ZBIORNIKÓW CIŚNIENIOWYCH /
EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BRAIDING SOLUTIONS FOR
DOMES OF COMPOSITE PRESSURE VESSELS**

Maciej Dyzia, Anna Janina Dolata, Rafał Burdzik, Łukasz Konieczny, Adam Mańka

**OCENA ZNISZCZENIA PANELU O STRUKTURZE
KOMPOZYTOWEJ PRZEZNACZONEGO DO ZABUDOWY
MOBILNEJ PRACOWNI MRI /**

77 / 78

**ASSESSMENT OF FAILURE MECHANISM OF A COMPOSITE
PANEL INTENDED FOR INSTALLATION AT THE MOBILE MRI
LAB**

Anna Janina Dolata, Maciej Dyzia, Aleksander Peryt

**ASPEKTY TECHNOLOGICZNE INFILTRACJI POROWATYCH
STRUKTUR CERAMICZNYCH STOPAMI METALI LEKKICH /
TECHNOLOGICAL ASPECTS OF POROUS CERAMIC NETWORKS
INFILTRATED WITH LIGHT METAL ALLOYS**

79 / 80

*Simona Furgoł, Natalia Biernat, Damian Kiełkiewicz,
Anna Janina Dolata*

**WITRYMERY EPOKSYDOWE Z KOWALENCYJNYMI WIĄZANIAM
ADAPTACYJNYMI JAKO OSNOWA KOMPOZYTÓW / EPOXY
VITRIMERS WITH COVALENT ADAPTIVE NETWORKS AS A
MATRIX FOR COMPOSITES**

81 / 82

*Goftila Gudeta Sirata, Krzysztof Wacławiak, Anna Janina Dolata,
Maciej Dyzia*

**OCENA STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH
KOMPOZYTU $\text{AlSi12CuNiMg}/10\text{SiC}_p$ / EVALUATION OF THE
STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE
 $\text{AlSi12CuNiMg}/10\text{SiC}_p$ COMPOSITE** 83 / 84

Wiktoria Kanciak, Dorota Czarnecka-Komorowska, Cezary Jędrzycka

**ZASTOSOWANIE SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ DO
ROZDZIELANIA MIESZANINY Z TWORZYW SZTUCZNYCH / THE
APPLICATION OF ELECTROSTATIC SEPARATION TO SEPARATE
THE MIXED POLYMER WASTE** 85 / 86

*Kamil Kornaus, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara,
Natalia Skorupa, Zbigniew Pędzich*

**WPŁYW KRZEMKÓW MeSi_2 ($\text{Me} = \text{Cr}, \text{Mo}$) NA SPIEKANIE
I WŁAŚCIWOŚCI DWUBORKU TYTANU / EFFECT OF MeSi_2
($\text{Me} = \text{Cr}, \text{Mo}$) SILICIDES ON THE SINTERING AND PROPERTIES
OF TITANIUM DIBORIDE** 87 / 88

*Anna Łabęda, Rafał Kozera, Bartłomiej Przybyszewski,
Donata Kuczyńska-Zemła, Jarosław Pura, Halina Garbacz,
Anna Boczkowska*

**USUWANIE POWŁOK POLIURETANOWYCH Z KOMPONENTÓW
ALUMINIOWYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI LASEROWEJ /
REMOVAL OF POLYURETHANE COATINGS FROM ALUMINIUM
COMPONENTS USING LASER TECHNIQUE** 89 / 90

*Dorota Słupska, Krzysztof Błasiak, Andrzej Słupski,
Jakub Wieczorek, Tomasz Maciąg*

**TECHNOLOGIA RECYKLINGU ZGARÓW SOLNYCH POWSTAŁYCH
W PROCESIE PRODUKCJI ALUMINIOWYCH, WTÓRNYCH
STOPÓW ODLEWNICZYCH / TECHNOLOGY FOR THE RECYCLING
OF SALT SLAGS FROM THE SECONDARY CASTING ALUMINIUM
ALLOYS PRODUCTION** 91 / 92

*Elżbieta Piesowicz, Sandra Paszkiewicz, Izabela Irska,
Krzysztof Pypeć, Weronika Kościukiewicz, Agnieszka Bil, Katarzyna
Pokwicka-Croucher*

**WPŁYW KROTNOŚCI PRZETWÓRSTWA I WARUNKÓW
STARZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE
RECYKLATOWYCH KOMPOZYTÓW POLIOLEFINOWO
GUMOWYCH / INFLUENCE OF MULTIPLE PROCESSING AND
AGING CONDITIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF
RECYCLATE POLYOLEFIN RUBBER COMPOSITES** 93 / 94

*Maria Sajdak, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara,
Kamil Kornaus*

**KOMPOZYTY Z UKŁADU TiB_2 – $MoSi_2$ – C /
 TiB_2 - $MoSi_2$ - C COMPOSITES** 95 / 96

*Kamila Sałasińska, Magda Jurczyk-Kowalska, Paulina Kozera,
Paulina Latko-Durałek, Michał Kubiś, Karol Pietrak, Piotr Łapka,
Anna Boczkowska*

**PALNOŚĆ POLIETYLENU USIECZOWANEGO (PEX_b)
MODYFIKOWANEGO DODATKAMI PRZEWODZĄCYMI /
FLAMMABILITY OF CROSS-LINKED POLYETHYLENE (PEX_b)
MODIFIED WITH CONDUCTIVE ADDITIVES** 97 / 98

*Michał Szymański, Damian Przestacki, Paweł Szymański,
Paweł Popielarski, Paulina Szwacka*

**WPŁYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH SKRAWANIA NA
STRUKTURĘ GEOMETRYCZNĄ POWIERZCHNI WARSTWY
OBROBIONEJ KOMPOZYTU HMMC / INFLUENCE OF
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF CUTTING ON THE
GEOMETRIC STRUCTURE OF THE SURFACE OF THE MACHINED
LAYER OF THE MACHINED HMMC COMPOSITE** 99 / 100

*Beata Tryba, Piotr Miądlicki, Piotr Rychtowski,
Bartłomiej Prowans, Rafał Wróbel*

**ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW TiO_2 /PIANKA NIKŁOWA DO
OCZYSZCZANIA POWIETRZA / APPLICATION OF TiO_2 /NICKEL
FOAM COMPOSITES FOR AIR PURIFICATION** 101 / 102

*Maria Trzaska, Anna Mazurek, Mariusz Skóra, Grzegorz Cieślak,
Anna Gajewska-Midziałek, Katarzyna Skroban, Marta Gostomska*

**NANOKOMPOZYTOWE POWŁOKI Ni/GRAFEN WYTWARZANE
NA STYKACH ELEKTRYCZNYCH METODĄ
ELEKTROKRYSZTAŁIZACJI / NANOCOMPOSITE Ni/GRAPHENE
COATINGS PRODUCED ON ELECTRICAL CONTACTS BY
ELECTROCRYSTALLIZATION** **103 / 104**

Jakub Wieczorek, Tomasz Maciąg, Paweł Uthke, Mateusz Wesółowski

**OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA CERAMICZNYCH
MATERIAŁÓW POCHODZĄCYCH Z RECYKLINGU JAKO FAZY
WZMACNIAJĄCEJ W KOMPOZYTACH / ANALYSIS OF THE
POSSIBILITIES OF RECYCLED CERAMIC MATERIAL USE AS A
REINFORCING PHASE IN COMPOSITE MATERIALS** **105 / 106**

Agnieszka Wojteczko, Sebastian Komarek, Magdalena Ziąbka

**PREPARATYKA PROSZKÓW ORAZ STRUKTURA KOMPOZYTÓW
Z UKŁADU ZrO_2 /Hap / POWDER PREPARATION AND STRUCTURE
OF ZrO_2 /HAp COMPOSITES** **107 / 108**

WPŁYW PARAMETRÓW PROCESU WYTWARZANIA NA ZAGĘSZCZENIE, MIKROSTRUKTURĘ I WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW Al-SiC WYTWARZANYCH W PROCESIE SPS

Marcin Madej^{1*}, Beata Leszczyńska-Madej², Anna Wąsik², Anna Kopeć-Surzyn¹, Dariusz Garbicz³, *mmadej@agh.edu.pl

¹ – Akademia Górniczo-Hutnicza im St. Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Kraków, Polska

² – Akademia Górniczo-Hutnicza im St. Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych; Kraków, Poland

³ – Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny, Poznań, Polska

W prezentacji przedstawiono wyniki badań właściwości kompozytów Al-SiC wytwarzanych metodą spiekania iskrowo-plazmowego SPS. Przygotowano kompozyty o zawartości fazy umacniającej 50 i 70 % mas. SiC. Proces spiekania prowadzono w piecu do spiekania plazmowego HP D 25/3 w atmosferze próżni, przy temperaturze spiekania 600 °C i ciśnieniu zagęszczania odpowiednio 50 i 80 MPa. Szybkość nagrzewania wynosiła 100 °C/min, a czas wytrzymania izotermicznego w temperaturze spiekania 10 min. W przypadku kompozytów zawierających 50 % mas. SiC, niezależnie od zastosowanego ciśnienia zagęszczania, uzyskano materiał o gęstości zbliżonej do gęstości teoretycznej. Gęstość kompozytów o zawartości 70 % mas. SiC była niższa i wynosiła odpowiednio 90,68% i 92,72% dla kompozytów wytworzonych przy zastosowaniu ciśnienia zagęszczania 50 i 80 MPa. Ponadto wyższą gęstością charakteryzowały się kompozyty wytworzone przy wyższym ciśnieniu zagęszczania (80 MPa). Wartości twardości określone metodą Brinella korelują z pomiarami gęstości. Zastosowanie wyższego ciśnienia zagęszczania spowodowało zwiększenie twardości. Dodatkowo twardość kompozytów z dodatkiem 50 % mas. SiC ($80 \div 89$ HB_w) była wyższa niż twardość spiekanych kompaktów z 70 % mas. SiC ($65 \div 88$ HB_w). Równomierne rozmieszczenie cząstek fazy wzmacniającej i zapobieganie powstawaniu aglomeratów SiC było możliwe dzięki zastosowaniu fazy wzmacniającej SiC o wielkości cząstek zbliżonej do wielkości cząstek aluminium zastosowanego jako materiał osnowy, a także dzięki dodatkowemu mieszaniu proszków w mieszalniku typu Turbula T2F. Lokalnie, zwłaszcza w kompozytach z 70 % mas. SiC, widoczne są pory. Niezależnie od ciśnienia zagęszczania i zawartości SiC, spiekane kompozyty charakteryzowały się dobrym połączeniem na styku Al/SiC.

Słowa kluczowe: kompozyty, SPS, węgiel krzemu, aluminium

EFFECT OF PRODUCTION PROCESS PARAMETERS ON DENSIFICATION, MICROSTRUCTURE AND SELECTED PROPERTIES OF SPARK PLASMA SINTERED Al-SiC COMPOSITES

Marcin Madej^{1*}, Beata Leszczyńska-Madej², Anna Wąsik², Anna Kopeć-Surzyn¹, Dariusz Garbiec³, *mmadej@agh.edu.pl

¹ - AGH-University of Science and Technology, Faculty of Metals Engineering and Industrial Computer Science, Kraków, Poland

² - AGH -University of Science and Technology, Faculty of Non-Ferrous Metals; Kraków, Poland

³ - Łukasiewicz Research Network – Metal Forming Institute, Poznań, Poland

The paper presents the results of a study of the properties of Al-SiC composites produced by SPS spark-plasma sintering. Composites were prepared with a reinforcing phase content of 50 and 70 wt.%. SiC. The sintering process was carried out in an HP D 25/3 plasma sintering furnace in a vacuum atmosphere, with a sintering temperature of 600 °C and a densification pressure of 50 and 80 MPa, respectively. The heating rate was 100 °C/min and the isothermal holding time at the sintering temperature was 10 min. For composites containing 50 wt.%. SiC, regardless of the densification pressure used, a material with a density close to the theoretical density was obtained. The density of composites containing 70 wt.%. SiC was lower and was 90.68% and 92.72% for composites produced with compaction pressure of 50 and 80 MPa compaction pressure, respectively. Furthermore, the composites produced at a higher compaction pressure (80 MPa) had a higher density. The hardness values determined by the Brinell method correlate with the density measurements. The use of a higher compaction pressure increased the hardness. In addition, the hardness of the composites with the addition of 50 wt.%. SiC (80 ÷ 89 HBW) was higher than the hardness of the sintered compacts with 70 wt.%. SiC (65 ÷ 88 HBW). Uniform particle distribution of the reinforcing phase and prevention of SiC agglomerates was possible due to the use of a SiC reinforcing phase with a particle size close to that of the aluminium used as matrix material, as well as additional mixing of the powders in a Turbula T2F type mixer. Locally, especially in composites with 70 wt.%. SiC, pores are visible. Irrespective of the compaction pressure and SiC content, the sintered composites showed good bonding at the Al/SiC interface.

Keywords: composites, SPS, silicon carbide, aluminium

EFEKTYWNE WŁASNOŚCI ROZPROSZONYCH LOSOWYCH KOMPOZYTÓW

Vladimir Mityushev, Natalia Ryłko

*Politechnika Krakowska, Kraków, Polska
vladimir.mitiuszew@pk.edu.pl*

Niniejszy referat koncentruje się na uzasadnionych analitycznych, dokładnych i asymptotycznych wzorach na makroskopowe tensory przewodności i sprężystości dwuwymiarowych rozproszonych kompozytów z fazami izotropowymi. Uzyskane wyniki są rozszerzone na piezoelektryczne kompozyty włókniste oraz trójwymiarowe kompozyty przewodzące. Proponujemy efektywną obliczeniowo metodę sum strukturalnych badania rozproszonych kompozytów. Uzyskane wyniki dają nowe analityczne wzory asymptotyczne wysokiego rzędu dokładności względem parametrów kontrastu i koncentracji wtrąceń [1, 2]. Wprowadzamy i uzasadniamy ilościowe charakterystyki losowości, klasteryzacji, stopnia anizotropii i inne dla kompozytów losowych.

Słowa kluczowe: efektywne stałe, włókniste kompozyty, losowe kompozyty, RVE, sumy strukturalne

Literatura:

1. P. Drygaś, S. Gluzman, V. Mityushev, W. Nawalaniec: "Applied Analysis of Composite Media. Analytical and Computational Results for Materials Scientists and Engineers", Elsevier (2020).
2. S. Gluzman, V. Mityushev, W. Nawalaniec: "Computational Analysis of Structured Media", Elsevier (2018).
3. V. Mityushev, N. Ryłko: "Effective properties of two-dimensional dispersed composites. Part I. Schwarz's alternating method", Comput. Math. Appl. 111 (2022) 50-60.

EFFECTIVE PROPERTIES OF DISPERSED RANDOM COMPOSITES

Vladimir Mityushev, Natalia Ryłko

Politechnika Krakowska, Kraków, Polska
wladimir.mitiuszew@pk.edu.pl

The present talk focuses on justified analytical exact and asymptotic formulas for the effective conductivity and elasticity tensors of 2D dispersed composites with isotropic phases. The obtained results are extended to piezoelectric fibrous composites and to 3D conducting composites. We propose the computationally effective method of structural sums coinciding with the lattice sums for regular composites. The obtained results yield new high order analytical asymptotic formulas in contrast parameters and on concentration of inclusions for the effective constants of random composites. We introduce and justify quantitative characteristics of randomness, clustering, degree of anisotropy for random composites.

Keywords: effective constants, fibrous composite, random composite, RVE, structural sums

References:

1. P. Drygaś, S. Gluzman, V. Mityushev, W. Nawalaniec: "Applied Analysis of Composite Media. Analytical and Computational Results for Materials Scientists and Engineers", Elsevier (2020).
2. S. Gluzman, V. Mityushev, W. Nawalaniec: "Computational Analysis of Structured Media", Elsevier (2018).
3. V. Mityushev, N. Ryłko: "Effective properties of two-dimensional dispersed composites. Part I. Schwarz's alternating method", Comput. Math. Appl. 111 (2022) 50-60.

KOMPOZYTY Z UKŁADU ZrB_2 - HfB_2 -MX (GDZIE: MX= SiC , B_4C , WC , $MoSi_2$ i $CrSi_2$) PRZEZNACZONE DO ZASTOSOWAŃ WYSOKOTEMPERATUROWYCH

Agnieszka Gubernat¹, Zbigniew Pędzich¹, Dariusz Zientara¹, Łukasz Zych¹, Kamil Kornaus¹,
Piotr Klimczyk², Marcin Podsiadło², Kamil Wojteczko¹, Wojciech Piekarczyk¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska; gubernat@agh.edu.pl

² Krakowski Instytut Technologiczny, Sieć Badawcza Łukasiewicz, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, Polska

Borki metali 4 grupy układu okresowego pierwiastków chemicznych typu AlB_2 zaliczane do ceramiki UHTC (Ultra High Temperature Ceramics) należą do materiałów trudnospiekalnych. Bezpośrednimi powodami trudności są: dominujące w strukturze borków wiązanie kowalencyjne i obecność pasywacyjnych warstw tlenkowych na cząstkach borków. Dzięki połączeniu fizycznej i chemicznej aktywacji spiekania wytworzenie gęstych kompozytów stało się możliwe. Za pomocą różnych dodatków: SiC , B_4C , WC , $MoSi_2$, $TiSi_2$ czy $TaSi_2$ aktywowane są efektywne dla spiekania mechanizmy transportu masy. Ze względu na wysokotemperaturowe zastosowanie kompozytów dobór dodatków poprawiających spiekalność wymaga specjalnego podejścia. Dodatki te oprócz poprawy spiekalności nie powinny pogarszać właściwości termomechanicznych kompozytów ZrB_2 - HfB_2 .

W pracy wytworzono kompozyty o składzie 40% obj. ZrB_2 - 40% obj. HfB_2 - 20% obj. MX (gdzie MX: SiC , B_4C , WC , $MoSi_2$ i $CrSi_2$). Kompozyty otrzymano za pomocą spiekania pod ciśnieniem HP, spiekania wysokociśnieniowego-wysokotemperaturowego HPHT i spiekania iskrowego SPS. Spiekanie prowadzono w temperaturze dostosowanej do składu wyjściowego z zakresu 1400 - 2100°C. Na podstawie pomiarów gęstości i obserwacji mikrostruktury stwierdzono, że dzięki połączeniu chemicznej i fizycznej aktywacji spiekania możliwe jest wytworzenie gęstych kompozytów. Na próbkach otrzymanych techniką HP przeprowadzono badania właściwości fizyko-chemicznych. Ustalono, że dodatkami pozwalającymi otrzymać gęste kompozyty, o dobrych właściwościach są: SiC , $MoSi_2$ i $CrSi_2$. Na uwagę zasługuje rzadko stosowany dodatek krzemku chromu, który pozwala otrzymać kompozyty o dobrych parametrach, w niskiej jak na ceramikę borkową temperaturze 1500°C.

Praca finansowana w ramach projektu IDUB AGH o numerze 501.D4.II.696.7996

Słowa kluczowe: UHTC, borki typu AlB_2 , HP, HPHT, SPS, właściwości fizyko-chemiczne

Literatura:

1. W.G. Fahrenholtz, G. E. Hilmas, I.G. Talmy, J.A. Zaykoski, Refractory Diborides of Zirconium and Hafnium, J. Am. Ceram. Soc., 90 (2007) 1347–1364. doi: 10.1111/j.1551-2916.2007.01583.x
2. B.R. Golla, A. Mukhopadhyay, B. Basu, S.K. Thimmappa, Review on ultra-high temperature boride ceramics, Prog. Mater. Sci. 111 (2020) 100651. doi:10.1016/j.pmatsci.2020.100651

ZrB₂-HfB₂-MX COMPOSITES (WHERE: MX=SiC, B₄C, WC, MoSi₂ AND CrSi₂) FOR HIGH TEMPERATURE APPLICATIONS

Agnieszka Gubernat¹, Zbigniew Pędzich¹, Dariusz Zientara¹, Łukasz Zych¹, Kamil Kornaus¹,
Piotr Klimczyk², Marcin Podsiadło², Kamil Wojteczko¹, Wojciech Piekarczyk¹

¹ AGH University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics,
Mickiewicza Av. 30, 30-059 Krakow, Poland; gubernat@agh.edu.pl.

² Łukasiewicz Research Network – Krakow Institute of Technology,
ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków, Poland.

UHTC (Ultra High Temperature Ceramics) based on metal borides such as ZrB₂ and HfB₂ belong to the group of materials which are difficult to sinter. In this case, the selection of additives for improving the sinterability requires a special approach. These additives, apart from improving sinterability, should not deteriorate the properties of ZrB₂-HfB₂ composites, i.e. high melting point (3200-3400°C), high thermal conductivity (up to 100 W/(m·K)) and good mechanical parameters, as well as should not decrease oxidation resistance (1200-1400°C). Some of the additives (SiC and MoSi₂), as reported in the literature data [1,2], contribute to the chemical resistance of composites.

In this work, was conducted sinterability research on composites 40% vol. ZrB₂- 40% vol. HfB₂- 20 vol. MX. Two sintering techniques were used: hot pressing HP, high pressure-high temperature HPHT, as well as pressure and electric field assisted sintering SPS. Carbides (SiC, B₄C, WC) and silicides (MoSi₂ and CrSi₂) were used as MX sintering additives. Sintering was carried out at a temperature adjusted to the starting composition, which ranged from 1400 to 2000°C. On the basis of density measurements and microstructure observations (SEM, TEM) the effectiveness of the additives was determined and all sintering techniques were compared. It was found that a promising additive is chromium silicide, which was rarely used in this type of study.

The work was carried out under the project Excellence Initiative - Research University (AGH-University of Science and Technology, Krakow, Poland) of number: 501.D4.II.696.7996.

Keywords: UHTC, AlB₂ type borides, HP, HPHT, SPS, physical and chemical properties

References:

1. W.G. Fahrenholtz, G. E. Hilmas, I.G. Talmy, J.A. Zaykoski, Refractory Diborides of Zirconium and Hafnium, J. Am. Ceram. Soc., 90 (2007) 1347–1364. DOI: 10.1111/j.1551-2916.2007.01583.x
2. B.R. Golla, A. Mukhopadhyay, B. Basu, S.K. Thimmappa, Review on ultra-high temperature boride ceramics, Prog. Mater. Sci. 111 (2020) 100651. doi:10.1016/j.pmatsci.2020.100651.

SZACOWANIE CZASU PRZEŻYCIA KOMPOZYTÓW ZrO₂/HAp DO ZASTOSOWAŃ BIOMEDYCZNYCH

Sebastian Komarek¹, Agnieszka Wojteczko¹, Magdalena Ziąbka¹

¹ AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

Kompozyty z układu dwutlenek cyrkonu (ZrO₂) oraz hydroksyapatyt (HAp) są powszechnie stosowane jako materiały na implanty kostne. Ceramika cyrkonowa (ZrO₂) charakteryzuje się doskonałą odpornością chemiczną, biogodnością oraz dobrymi właściwościami mechanicznymi (wysoką twardością i wytrzymałością na ściskanie), a dodatek hydroksyapatytu służy zapewnieniu bioaktywności w organizmie ludzkim. Ze względu na niską wytrzymałość i odporność na pękanie hydroksyapatytu konieczna jest poprawa jego właściwości mechanicznych poprzez projektowanie i wytwarzanie materiałów kompozytowych. Odmiana tetragonalna dwutlenku cyrkonu charakteryzuje się zwiększoną odpornością na pękanie, dzięki przemianie do fazy jednoskośnej w toku pęknięcia, czego efektem jest wzrost objętości materiału i zatrzymanie rozprzestrzeniania się pęknięcia. Natomiast, zjawiskiem na które należy zwrócić szczególną uwagę przy projektowaniu implantów kostnych jest pękanie podkrytyczne. Materiały tlenkowe, znajdujące się w wilgotnym środowisku oraz podlegające działaniu obciążeń przez dłuższy czas mogą ulegać korozji naprężeniowej, która prowadzi do rozrostu wad, a tym samym redukcji wytrzymałości materiału. Przeprowadzone prace obejmowały syntezę proszku tetragonalnego dwutlenku cyrkonu stabilizowanego itrem, otrzymanie kompozytów (ZrO₂ + 20 wag.% HAp oraz ZrO₂ + 40 wag.% HAp) za pomocą mieszania w attritorze, spiekanie oraz badania mikrostrukturalne (SEM), strukturalne (XRD, IR, Raman), odporności na kruche pękanie, twardości i wytrzymałości na zginanie w układzie dwuosiowym przy różnych prędkościach przyrostu naprężeń. Na podstawie badań wytrzymałościowych oszacowano czas przeżycia powyższych materiałów przy długotrwałym obciążaniu.

Słowa kluczowe: hydroksyapatyt, dwutlenek cyrkonu, pękanie podkrytyczne, implanty kostne

Praca finansowana w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej, numer projektów: ID 1449 i ID 4073 (Kierownik - M. Ziąbka).

LIFETIME ESTIMATIONS OF THE ZrO₂/HAp COMPOSITES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Sebastian Komarek¹, Agnieszka Wojteczko¹, Magdalena Ziąbka¹

¹ AGH - University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Ceramics and Refractory Materials, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

Composites made of zirconium dioxide (ZrO₂) and hydroxyapatite (HAp) are commonly used as materials for bone implants. Zirconia (ZrO₂) ceramics are characterized by excellent chemical resistance, biocompatibility and good mechanical properties (high hardness and compressive strength), while the addition of hydroxyapatite is used to provide bioactivity in human body. Due to the low strength and fracture toughness of hydroxyapatite, it is necessary to improve its mechanical properties through the design and manufacture of composite materials. The tetragonal form of zirconium dioxide is characterized by increased fracture toughness, due to the transformation to a monoclinic phase during cracking, resulting in an increase in the volume of the material and prevention of crack propagation. However, a phenomenon that needs to be carefully considered in the design of bone implants is subcritical cracking. Oxide materials, stored in a humid environment and subjected to long-term loading, can undergo stress corrosion, which leads to the growth of defects and thus reduces the strength of the material. The conducted work included the synthesis of tetragonal zirconia powder stabilized with yttrium, the production of composites (ZrO₂ + 20 wt.% HAp and ZrO₂ + 40 wt.% HAp) by mixing in an attritor mill, sintering, and examination of microstructure (SEM), structure (XRD, IR, Raman), fracture toughness, hardness and biaxial flexural strength testing at different stress rates. Based on the strength testing, the survival time of the above materials under long-term loading was estimated.

Keywords: hydroxyapatite, zirconium dioxide, subcritical cracking, bone implants

This work was supported by program "Excellence Initiative – Research University" for the AGH University of Science and Technology, grants ID 1449 and ID 4073 (PI - M. Ziąbka).

KOMPOZYTY CEMENTOWE Z MIKROSFERAMI GLINOKRZEMIANOWYMI MODYFIKOWANYMI TiO_2 O PODWYŻSZONEJ EFEKTYWNOŚCI FOTOKATALITYCZNEGO ROZKŁADU ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Paulina Szoldra¹, Maksymilian Frąc¹, Waldemar Pichór¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Kraków, Polska, szoldra@agh.edu.pl

Rozwój gospodarczy i urbanistyczny miast powoduje coraz większe zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Ogromnym problemem jest znaczne pogorszenie jakości powietrza spowodowane emisją szkodliwych związków z różnych sektorów przemysłu i transportu. Tlenki azotu (NO_x) mają szczególnie negatywny wpływ na zdrowie ludzi i klimat. Jedną z technik usuwania zanieczyszczeń jest fotokataliza, wykazująca duży potencjał do oczyszczania środowiska, poprzez degradację i mineralizację szkodliwych związków chemicznych. Ze względu na swoje właściwości i wysoką stabilność chemiczną znaczącą rolę jako fotokatalizator odgrywa ditlenek tytanu (TiO_2) [1-3].

Przeprowadzono badania fotodegradacji zanieczyszczeń gazowych w obecności kompozytów cementowych z dodatkiem mikrowypełniacza w postaci mikrosfer glinokrzemianowych z powłokami TiO_2 . Efektywność fotokatalityczna kompozytów z eksponowanymi centrami aktywnymi została sprawdzona podczas badań oczyszczania strumienia powietrza z tlenków azotu. Uzyskane wyniki wskazują, że otrzymany materiał ma potencjał do oczyszczania środowiska.

Słowa kluczowe: kompozyt cementowy, mikrosfery glinokrzemianowe, ditlenek tytanu, fotokataliza, degradacja zanieczyszczeń

Literatura:

1. Boonen E, Beeldens A. Photocatalytic roads: from lab tests to real scale applications. Eur Transp Res Rev. 2013;5:79-89.
2. Chen T M, Kuschner W G, Gokhale J, Shofer S. Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects. Am J Med Sci. 2007;333(4):249–256.
3. Hoffmann M R, Martin S T, Choi W, Bahnemann D W. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. Chem Rev. 1995;95(1):69–96.

CEMENT COMPOSITES WITH TiO_2 -MODIFIED CENOSPHERES WITH INCREASED EFFICIENCY OF PHOTOCATALYTIC DECOMPOSITION OF AIR POLLUTANTS

Paulina Szoldra¹, Maksymilian Frąć¹, Waldemar Pichór¹

¹ AGH University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Krakow, Poland, szoldra@agh.edu.pl

The economic and urban development of cities results in an increasing pollution of the natural environment. Significant deterioration of air quality caused by the emission of harmful compounds from various sectors of industry and transport is a major problem. Nitrogen oxides (NO_x) have a particularly negative impact on human health and climate. Photocatalysis, one of the pollutant removal techniques, shows a great potential for environmental purification through the degradation and mineralization of harmful chemical compounds. Titanium dioxide (TiO_2) plays a significant role as a photocatalyst due to its properties and high chemical stability [1-3].

Photodegradation of gas pollutants was carried out in the presence of cementitious composites with the addition of microfillers in the form of aluminosilicate microspheres with TiO_2 coatings. The photocatalytic efficiency of composites with exposed active centers was examined during tests of the removal of nitrogen oxides from gas streams. The results indicate that the composite material has the potential to clean the environment.

Keywords: cementitious composite, aluminosilicate cenospheres, titanium dioxide, photocatalysis, pollution degradation

References:

1. Boonen E, Beeldens A. Photocatalytic roads: from lab tests to real scale applications. *Eur Transp Res Rev.* 2013;5:79-89.
2. Chen T M, Kuschner W G, Gokhale J, Shofer S. Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects. *Am J Med Sci.* 2007;333(4):249–256.
3. Hoffmann MR, Martin S T, Choi W, Bahnemann D W. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chem Rev.* 1995;95(1):69–96.

DOMIESZKI OPÓŹNIAJĄCE WIĄZANIE CEMENTÓW WAPNIOWO SIARCZANOGLINIANOWYCH

Ewa Kapeluszn¹ Wojciech Szudek¹ Ilona Buchała¹

¹ *Katedra Technologii Materiałów Budowlanych, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Polska
ewak@agh.edu.pl*

Celem prezentowanej pracy było określenie wpływu zawartości CSA na właściwości spoiw mieszanych CSA/OPC. Ponadto zbadano wpływ czterech domieszek opóźniających wiązanie cementu (kwas cytrynowy, kwasu winowy, glukonianu sodu i boraks) na hydratację i właściwości użytkowe takich cementów. Wykonano analizę kinetyki wydzielania ciepła oraz składu fazowego dla zaczynów cementowych z użyciem technik instrumentalnych takich jak dyfrakcja rentgenowska i analiza termiczna. Wykonano także badania dla zapraw, które obejmowały pomiary konsystencji, czasu wiązania i wytrzymałości na ściskanie. Stwierdzono korelację między ilością CSA wprowadzonego do mieszanek cementowych a czasem ich wiązania, wydzielaniem ciepła i zawartością produktów hydratacji. Metody DTA/TG i XRD pozwoliły na jakościową i ilościową charakterystykę składu fazowego zaczynów po 2 i 24 godzinach hydratacji, ujawniając korelację pomiędzy ilością chemicznie związanej wody w próbkach a ich wytrzymałością na ściskanie. Wszystkie wybrane domieszki opóźniające wiązanie miały różny wpływ na hydratację i właściwości spoiw. Stwierdzono wydłużenie czasu ich wiązania, oraz zmienną ilość produktów powstających podczas hydratacji. W przypadku cementu CSA najskuteczniejszym opóźniaczem był boraks. Uzyskane wyniki poszerzają dotychczasową wiedzę na temat właściwości cementów CSA oraz mechanizmów działania opóźniaczy wiązania.

Słowa kluczowe: CSA, Ye'elimit, cement, hydratacja

Praca była częściowo finansowana przez Narodowe Centrum Nauki, Polska, projekt nr 2021/43/D/ST8/02603

RETARDING ADMIXTURES FOR CALCIUM SULFOALUMINATE CEMENTS

Ewa Kapeluszna¹, Wojciech Szudek ¹, Ilona Buchała¹

¹ *Katedra Technologii Materiałów Budowlanych, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Polska
ewak@agh.edu.pl*

The aim of the presented work was to determine the influence of CSA content on the properties of CSA/OPC blended binders. Moreover, the impact of four set retarders (citric acid, tartaric acid, sodium gluconate and borax) on the hydration and performance of such cements was investigated. X-ray diffraction, thermal and microcalorimetric analyses were carried out on cement pastes, followed by consistency, setting time and compressive strength measurements. A correlation was found between the amount of CSA introduced into the cement blends and their setting time, heat evolution and hydration products content. DTA/TG and XRD methods allowed for a qualitative and quantitative characterization of the phase composition of pastes after 2 and 24 hours of hydration, revealing a correlation between the amount of water chemically bound in the samples and their compressive strength. All of the selected set retarders had a different effect on the hydration and properties of the blended binders, not only increasing their setting times, but also affecting the amount and structure of products formed during their hydration. In the case of CSA cement. The obtained results extend the current knowledge of the properties of CSA cements and the action mechanisms of set retarders.

Keywords: CSA, Ye'elimite, cement, hydratacja

This research was partially funded by the National Science Centre, Poland, project no. 2021/43/D/ST8/02603

AVGI CAST IRON AS AN “IN SITU” CAST COMPOSITE REINFORCED WITH TiC CERAMIC PHASE

Jan Marosz^{1*}, Magdalena Kawalec¹, Marcin Górny¹, Ewa Olejnik²

¹ AGH University of Science and Technology in Kraków, Poland.

*Corresponding address: marosz@agh.edu.pl.

² Innerco sp. z o. o, Kraków, Poland.

This paper presents a novel method for producing a new generation casting material, which is an “in situ” composite on an AVGI (*Austempered Vermicular Graphite Iron*) matrix, reinforced with a TiC ceramic phase. The synthesis of the TiC ceramic phase, occurred as a result of a liquid metal-initiated, self- propagating exothermic reaction of the type "solid Ti" - "solid C" SHS (*Self-propagating High-temperature Synthesis*). This method, named SHSB (*Self-propagating High-temperature Synthesis in Bath*), allowed the synthesis of a cast composite based on vermicular iron and, after subsequent heat treatment, the transformation of this material into AVGI iron. The greatest advantage of 'in situ' composites is that they are formed in a one-step metallurgical process and are characterized by, among other things: high thermodynamic stability, small size of ceramic particles with the possibility to control their dimensions by reaction kinetics parameters during the synthesis process, synthesis of a reinforcing phase in a metal bath. The paper presents the results of metallographic studies of the obtained composite in the state before and after heat treatment, using light and scanning microscopy. The results of functional properties tests are also included: Miller wear test, Vickers hardness test, chemical composition by X-ray spark fluorescence XRF were performed.

Keywords: AVGI cast iron, “in situ” composites, titanium carbide, SHS reaction, microstructures, heat treatment, Miller test, tribological properties, hardness test

WPLYW WZMOCNIENIA Ti NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE KOMPOZYTU NA BAZIE AZ91

Adrianna Filipiak - Kaczmarek¹, Krzysztof Naplocha¹

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Elementów Lekkich,
Odlewnictwa i Automatyki, wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27 50 – 370 Wrocław
adrianna.filipiak@pwr.edu.pl

Lekkie metale są coraz częściej stosowane w inżynierii biomedycznej, można je spotkać w ortopedii (śruby, implanty), stomatologii, kardiologii (stenty) oraz jako scaffoldy. Stopy magnezu charakteryzują się niską gęstością (1,74 g/cm³), która jest bardzo zbliżona do gęstości kości (1,75 g/cm³), a także wysoką biokompatybilnością oraz są biodegradowalne. Niestety ich wadą jest niska odporność na korozję w organizmie ludzkim, co dodatkowo powoduje pogorszenie właściwości mechanicznych oraz fizycznych. Poprawę tych właściwości można uzyskać poprzez wykonanie kompozytu na osnowie magnezu – w zależności od dodanego wzmocnienia można uzyskać wymagane właściwości. W pracy przedstawiono wyniki badań w zakresie wytworzenia kompozytu na osnowie magnezowej ze wzmocnieniem tytanowym. Badania obejmowały próby zginania trójpunktowego, z której jednoznacznie wynika że wprowadzenie wzmocnienia w postaci Ti poprawia wytrzymałość na zginanie próbek. Dodatkowo próbki zostały zanurzone w płynie SBF (Simulated Body Fluid) na 2, 4, 8, 12 i 24 godziny, w celu określenia stopnia degradacji kompozytu Mg – Ti.

Słowa kluczowe: AZ91, kompozyt, wzmocnienie tytanowe, SBF

EFFECT OF Ti REINFORCEMENT ON MECHANICAL PROPERTIES OF AZ91 – BASED COMPOSITE

Adrianna Filipiak – Kaczmarek¹, Krzysztof Naplocha¹

¹ *Wroclaw University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Lightweight Elements Engineering, Foundry and Automation.
adrianna.filipiak@pwr.edu.pl*

Lightweight metals are increasingly used in biomedical engineering, and can be found in orthopedics (screws, implants), stomatology, cardiology (stents) and as scaffolds. Magnesium alloys have a low density (1.74 g/cm³), which is very close to that of bone (1.75 g/cm³), as well as high biocompatibility and are biodegradable. Unfortunately, their disadvantage is their low resistance to corrosion in the human body, which further causes deterioration of mechanical and physical properties. Improvement of this properties can be achieved by making the composite on magnesium matrix - depending on the reinforcement added, the required properties can be obtained. This paper presents the results of a study on the extrusion of a magnesium matrix composite with titanium reinforcement. The study included three-point bending tests, from which it is clear that the introduction of Ti reinforcement improves the bending strength of the specimens. In addition, the samples were immersed in SBF (Simulated Body Fluid) for 2, 4, 8, 12 and 24 hours to determine the degradation of the Mg – Ti composite.

Keywords: AZ91, composite, titanium reinforcement, SBF

WPŁYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH SKRAWANIA NA SIŁĘ CAŁKOWITĄ ORAZ ZUŻYCIE OSTRZA SKRAWAJĄCEGO PODCZAS TOCZENIA KOMPOZYTU HMMC

Michał Szymański¹, Damian Przestacki², Paweł Szymański¹

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Polska, michal.s.szymanski@put.poznan.pl

² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Mechanicznej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Polska

Metalowe kompozyty hybrydowe (HMMC), ze względu na swoje właściwości mechaniczne i tribologiczne znajdują zastosowanie w różnych obszarach przemysłu [1]. Badany materiał został wykonany metodą infiltracji podciśnieniowej, polegającej na nasycaniu preformy ceramicznej ciekłym aluminium w warunkach wytworzonej próżni. Faza wzmacniająca składała się ze spieku ceramicznego zawierającego elektrokorund i włókno glinokrzemianowe. Ze względu na charakter metod odlewniczych, które w tym przypadku nie mogą być ostatecznym etapem kształtowania materiału, konieczne jest opracowanie procesu wykańczającego powierzchnię w oparciu o procesy obróbki skrawaniem [2]. Podczas przeprowadzonych prób zbadano wpływ parametrów technologicznych toczenia w warunkach konwencjonalnych z użyciem płytek skrawających wykonanych z regularnego azotku boru (CBN) i polikrystalicznego diamentu (PCD) na powstającą podczas procesu siłę skrawania oraz zużycie narzędzi skrawających. Badania pozwoliły określić wpływ właściwości materiału oraz jego składu i struktury na efekty procesu skrawania.

Słowa kluczowe: HMMC, toczenie HMMC, infiltracja próżniowa, wartość sił skrawania, zużycie ostrza

Literatura:

1. A. A. Ahmadi, M. R. Toroghinejad, i A. Najafizadeh, „Evaluation of microstructure and mechanical properties of Al/Al₂O₃/SiC hybrid composite fabricated by accumulative roll bonding process”, *Materials & Design*, t. 53, s. 13–19, sty. 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.06.064.
2. Czechowski, K.; Stós, J.; Wronska, I. Development of machining—Part IX. In *Machinability of Metal Matrix Composites*; Stal Metale & Nowe Technologie: 2015.; pp. 39–42; Katowice, Poland

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MACHINING ON THE CUTTING FORCE AND TOOL WEAR DURING TURNING OF HMMC COMPOSITE

Michał Szymański¹, Damian Przestacki², Paweł Szymański¹

¹ *Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Material Technology, Poznan University of Technology, Piotrowo Street 3, 61-138 Poznan, Poland, michal.s.szymanski@put.poznan.pl*

² *Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Mechanical Technology, Poznan University of Technology, Piotrowo Street 3, 61-138 Poznan, Poland*

Metal matrix hybrid composites (HMMC), due to their mechanical and tribological properties are used in various areas of industry [1]. The tested material was made using the vacuum infiltration method, which involves saturating a ceramic preform with liquid aluminum under the conditions of a created vacuum. The reinforcement phase consists of a ceramic sinter containing Al_2O_3 and $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ fiber. Due to the nature of casting methods, which in this case cannot be the final stage of material processing, it is necessary to develop a surface finishing process based on machining processes [2]. During the tests, the impact of the technological parameters of turning under conventional conditions using CBN and PCD inserts on the cutting force generated during the process and on the wear of cutting tools was investigated. The research allowed to determine the impact of material properties, composition and structure on the effects of the cutting process.

Keywords: HMMC, machining HMMC, vacuum infiltration, cutting force, tool wear

References:

1. A. A. Ahmadi, M. R. Toroghinejad, i A. Najafizadeh, „Evaluation of microstructure and mechanical properties of Al/ Al_2O_3 /SiC hybrid composite fabricated by accumulative roll bonding process”, *Materials & Design*, t. 53, s. 13–19, sty. 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.06.064.
2. Czechowski, K.; Stós, J.; Wronska, I. Development of machining—Part IX. In *Machinability of Metal Matrix Composites*; Stal Metale & Nowe Technologie: 2015.; pp. 39–42; Katowice, Poland

OCENA MOŻLIWOŚCI POPRAWY WYTRZYMAŁOŚCI POŁĄCZENIA NA POWIERZCHNI ROZDZIAŁU METAL- KOMPOZYT W LAMINATACH METALOWO- WŁÓKNISTYCH

Magda Drożdziel-Jurkiewicz¹, Patryk Jakubczak¹, Jarosław Bieniaś¹

¹ Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej, Nadbystrzycka 36,
20-618 Lublin, Polska

Rosnące wymagania w odniesieniu do materiałów stosowanych w przemyśle lotniczym, wymuszają poszukiwanie lekkich, wysokowydajnych materiałów o wysokiej tolerancji na uszkodzenia. Laminaty metalowo-włókniste, które składają się z warstw metalu i kompozytu polimerowo-włóknistego stanowią odpowiedź na rosnące zapotrzebowanie przemysłu lotniczego i są jednym z głównych trendów w zakresie materiałów konstrukcyjnych w ostatnich latach. Charakteryzują się odpornością na uderzenia, wysoką wytrzymałością zmęczeniową, cechuje je niska gęstość, a także są odporne na działanie warunków środowiska. Kształtowanie powierzchni rozdziału metal-kompozyt w laminatach stanowi niezwykle istotną kwestię, bowiem powierzchnia rozdziału pełni decydującą rolę w przenoszeniu naprężeń pomiędzy warstwą metalu, a kompozytu polimerowo-włóknistego. Ponadto, wpływa na otrzymane właściwości mechaniczne oraz na uzyskaną odporność na uderzenia. Zastosowanie skutecznego procesu modyfikacji powierzchni pozwala na otrzymanie odpowiedniej topografii i morfologii powierzchni oraz właściwości fizykochemicznych, co w rezultacie wpływa na otrzymanie połączenia o wysokiej trwałości i wytrzymałości w laminatach metalowo-włóknistych.

Celem pracy była ocena wpływu modyfikacji powierzchni metalu, w zależności od różnych metod obróbki, na wytrzymałość połączenia metal-kompozyt w testach oddzierania. Ponadto, celem była analiza zniszczenia ze szczególnym uwzględnieniem powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Testy odrywania przeprowadzono w oparciu o normę ASTM D1876 w celu określenia odporności na pękanie międzywarstwowe w warunkach I sposobu pękania. Badane laminaty składały się z warstw tytanu GRADE 2 oraz kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknem węglowym. Powierzchnię metalu modyfikowano z wykorzystaniem metod mechanicznych oraz chemicznych. Ponadto, analizowano wpływ zastosowania warstw pośrednich typu primer i zol-żel. Odnotowano, że wytrzymałość połączenia ściśle zależy od otrzymanej topografii i morfologii powierzchni. Zaobserwowano, korzystny wpływ zastosowania warstw zol-żel na wytrzymałość adhezyjną na powierzchni rozdziału metal-kompozyt. Zauważono, że odporność na pękanie międzywarstwowe w warunkach I sposobu pękania była ściśle skorelowana z rodzajem mechanizmu zniszczenia.

Słowa kluczowe: Laminaty metalowo-włókniste, adhezja, modyfikacja powierzchni, włókna węglowe

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF IMPROVING THE ADHESION STRENGTH AT THE METAL-COMPOSITE INTERFACE IN FIBRE-METAL LAMINATES

Magda Drożdziel-Jurkiewicz¹, Patryk Jakubczak¹, Jarosław Bienias¹

¹ *Lublin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Materials Engineering, Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland*

Currently, increasing demands on materials used in the aerospace industry are forcing the search for lightweight, high-performance materials with high damage tolerance. Fibre-metal laminates, which consist of layers of metal and a polymer-fibre composite, are the answer to the growing demand of the aerospace industry and are one of the main trends in structural materials in recent years. They are characterised by impact resistance, high fatigue strength, have low density and are resistant to environmental conditions. The formation of the metal-composite interface in laminates is an extremely important issue, as the interface plays a decisive role in the stress transfer between the metal layer and the polymer-fibre composite. It also influences the mechanical properties obtained and the impact resistance achieved. The application of an effective surface modification process makes it possible to obtain the appropriate topography and surface morphology or physicochemical properties, resulting in a joint with high durability and strength in fibre-metal laminates.

The aim of the study was to evaluate the effect of metal surface modification according to different methods on the strength of the metal-composite joint in peel tests. In addition, the aim was to analyse the failure with a particular focus on the metal-composite interface. Peel tests were carried out based on ASTM D1876 standard to determine the interlaminar fracture energy in mode I conditions. The laminates tested consisted of GRADE 2 titanium layers and a carbon fibre-reinforced polymer composite. The metal surface was modified using mechanical and chemical methods. In addition, the effect of using primer and sol-gel intermediate layers was analysed. It was noted that the strength of the joint closely depends on the topography and surface morphology obtained. A favourable effect of sol-gel interlayers on the adhesion strength at the metal-composite interface was observed. It was noted that the interlaminar fracture toughness under mode I fracture conditions was closely correlated with the type of failure mechanism.

Keywords: Fibre metal-laminates, adhesion, surface modification, carbon fibres

MODELOWANIE LOSOWYCH KOMPOZYTÓW WŁÓKNISTYCH

Piotr Drygaś¹

¹ *Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów, Polska, pdrygas@ur.edu.pl*

W badaniach inżynierii materiałowej zachodzi potrzeba wyznaczania modułów sprężystości poprzecznej i modułu odkształcalności objętościowej dla kompozytów włóknistych. Ustalenie ich wartości w zależności od koncentracji włókien oraz rozmieszczenia jest kosztowne. Dlatego badania teoretyczne za pomocą technik analitycznych i numerycznych mają szczególne znaczenie. Zostaną przedstawione rozważania teoretyczne mające na celu uwzględnienie niskiej i wysokiej koncentracji wtrąceń. Pierwszy typ jest kontrolowany przez dolne granice Hashin-Shtrikman, podczas gdy drugi jest kontrolowany przez osobliwość pierwiastkową. Wzory analityczne na efektywne wartości modułów sprężystości poprzecznej i modułu odkształcalności objętościowej w postaci wyrażeń wymiennych z wysoką dokładnością zostały wyprowadzone metodą równań funkcyjnych. Otrzymane wzory zawierają stałe sprężystości składników w postaci symbolicznej oraz koncentracji f . Ogólny schemat oparty na przekształceniach asymptotycznie równoważnych opracowano w celu rozszerzenia otrzymanych wzorów analitycznych na krytyczne stężenie stykających się włókien. Dokonano również porównania z metodą numeryczną MES. Istnieje możliwość wykorzystania wyników do badania stanów naprężeń krytycznych.

Słowa kluczowe: Hashin-Shtrikman, kompozyt włóknisty, moduł sprężystości poprzecznej, moduł odkształcalności objętościowej, pole lokalne naprężeń.

Literatura:

1. P. Drygaś, S. Gluzman, V. Mityushev, W. Mawalaniec: „Applied Analysis of Composite Media: Analytical and Computational Results for Material Scientists and Engineers”, Woodhead Publishing (2020).
2. T. Czaplinski, P. Drygaś, S. Gluzman [et al.] „Elastic properties of a unidirectional composite reinforced with hexagonal array of fibers”, Archives of Mechanics **70** (2018) 207-239.

MODELING OF RANDOM FIBER COMPOSITES

Piotr Drygaś¹

¹ *University of Rzeszow, Rzeszów, Poland, pdrygas@ur.edu.pl*

In materials engineering research, there is a need to determine the transverse elasticity moduli and volumetric strain moduli for fiber-reinforced composites. Determining their values as a function of fiber concentration and distribution is costly, so theoretical studies using analytical and numerical techniques are particularly important. Theoretical considerations aimed at taking into account low and high inclusions concentrations will be presented. The first type is controlled by the Hashin-Shtrikman lower bounds, while the second is controlled by the root singularity. Analytical formulas for effective values of the transverse elasticity moduli and volumetric strain moduli in the form of rational expressions with high accuracy were derived using the functional equations method. The obtained formulas contain elasticity constants of the components in symbolic form and the concentration f . A general scheme based on asymptotically equivalent transformations has been developed to extend the obtained analytical formulas to the critical concentration of contacting fibers. A comparison with the numerical FEM method was also carried out. The results can be used to investigate critical stress states.

Keywords: Hashin-Shtrikman, fiber-reinforced composite, bulk modulus, shear modulus, local stress field.

References:

1. P. Drygaś, S. Gluzman, V. Mityushev, W. Mawalaniec: „Applied Analysis of Composite Media: Analytical and Computational Results for Material Scientists and Engineers”, Woodhead Publishing (2020).
2. T. Czaplinski, P. Drygaś, S. Gluzman [et al.] „Elastic properties of a unidirectional composite reinforced with hexagonal array of fibers”, *Archives of Mechanics* **70** (2018) 207-239.

POPRAWA STABILNOŚCI TERMOOKSYDACYJNEJ KOMPOZYTÓW KSZTAŁTOWANYCH W PROCESIE ODLEWANIA ROTACYJNEGO

Joanna Aniśko¹, Mateusz Barczewski¹, Paulina Kosmela²

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Materiałów, Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Polska,
joanna.anisko@put.poznan.pl.

² Politechnika Gdańska, Katedra Technologii Polimerów, Narutowicza 11/12 80-233 Gdańsk, Polska

W technice odlewania rotacyjnego materiał jest utrzymywany w podwyższonej temperaturze w stanie stopionym przez stosunkowo długi czas, co może powodować utlenianie polimeru [1]. W celu zbadania właściwości antyoksydacyjnych odpadów z czarnej herbaty otrzymano kompozyty na osnowie bio-polietylenu małej gęstości (bioLDPE) kształtowane w procesie jednoosiowego odlewania rotacyjnego. Przed przystąpieniem do odlewania rotacyjnego zbadany został czas indukcji tlenowej dla wytłoczonych materiałów. Dodatek 10 % mas. odpadu czarnej herbaty (BTW) powoduje dwukrotne wydłużenie tego czasu w stosunku do czystego bioLDPE. Analizując wyniki badań spektroskopowych w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) dla odlewanych kompozytów wynika, że dodatek 10 % mas. odpadów czarnej herbaty przeciwdziała powstawaniu związków karbonylowych w polietylenie, a dodatek 5 % mas. i więcej zapobiega pojawieniu się piku odpowiadającego rozciąganiu C-O związanego z degradacją LDPE [2]. Poziom utlenienia niestabilizowanego polietylenu mierzony wskaźnikiem karbonylowym przekracza 1,5 i stopniowo maleje wraz z dodatkiem BTW [3]. Zbadane zostały również właściwości napełniacza poddanego działaniu temperatury takiej jak podczas rotowania, co nie wpłynęło na zmianę składu chemicznego analizując wyniki FTIR, jedyną wykrytą zmianą sugerującą degradację jest zmiana barwy, której całkowity parametr zmiany barwy (ΔE) wynosi 25. Dodatek odpadowego napełniacza nie wpływa na właściwości topnienia bioLDPE; temperatura topnienia i krystalizacji pozostają niezmienione. Dodatek BTW pogarsza za to właściwości mechaniczne kompozytu, w tym moduł Younga i wytrzymałość na rozciąganie, w porównaniu z czystym bioLDPE.

Słowa kluczowe: Odlewanie rotacyjne, bio-polietylen, właściwości antyoksydacyjne,

Literatura:

1. Crawford, R.J.; Throne, J.L. *Rotational Molding Technology*; 2002; ISBN 1884207855.
2. Lomonte, J.N. Integrated Absorption Standardization for Infrared Determination of Ester Content in Oxidized Polyethylene. *Anal. Chem.* **1964**, *36*, 192–194, doi:10.1021/ac60207a060.
3. Almond, J.; Sugumaar, P.; Wenzel, M.N.; Hill, G.; Wallis, C. Determination of the Carbonyl Index of Polyethylene and Polypropylene Using Specified Area under Band Methodology with ATR-FTIR Spectroscopy. *E-Polymers* **2020**, *20*, 369–381, doi:10.1515/epoly-2020-0041.

IMPROVING THERMO-OXIDATIVE STABILITY OF COMPOSITES SHAPED BY ROTATIONAL MOLDING TECHNOLOGY

Joanna Aniśko¹, Mateusz Barczewski¹, Paulina Kosmela²

¹ Poznań University of Technology, Institute of Materials Technology, Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Poland, joanna.anisko@put.poznan.pl.

² Gdansk University of Technology, Department of Polymer Technology, Narutowicza 11/12 80-233 Gdańsk, Poland

In the rotational molding technique, the material is kept at an elevated temperature in a molten state for a relatively long time, which can cause oxidation of the polymer [1]. In order to investigate the antioxidant properties of black tea waste, bio-based low-density polyethylene (bioLDPE) matrix composites shaped by uniaxial rotational molding were obtained. Prior to rotational molding, the oxygen induction time for the extruded materials was investigated. The addition of 10 wt. % black tea waste (BTW) results in a doubling of this time compared to pure bioLDPE. Proceeding to the analysis of the results of Fourier transform infrared spectroscopic studies (FTIR) for the rotomolded composites, it appears that the addition of 10 wt. % black tea waste prevents the formation of carbonyl compounds in polyethylene, while the addition of 5 wt. % or more prevents the appearance of a peak corresponding to C-O stretching associated with LDPE degradation [2]. The oxidation level of unstabilized polyethylene as measured by the carbonyl index exceeds 1.5 and gradually decreases with the addition of BTW [3]. The properties of the filler subjected to temperatures such as during rotational molding were also investigated, which did not change the chemical composition by analyzing the FTIR results; the only detected change suggesting degradation is the color change, whose total color change parameter (ΔE) is 25. The addition of the waste filler does not affect the melting properties of bioLDPE; the melting and crystallization temperatures remain stable. Instead, the addition of BTW deteriorates the mechanical properties of the composite, including Young's modulus and tensile strength, compared to pure bioLDPE.

Keywords: Rotational molding, bio-polyethylene, antioxidant properties

References:

1. Crawford, R.J.; Throne, J.L. *Rotational Molding Technology*; 2002; ISBN 1884207855.
2. Lomonte, J.N. Integrated Absorption Standardization for Infrared Determination of Ester Content in Oxidized Polyethylene. *Anal. Chem.* **1964**, *36*, 192–194, doi:10.1021/ac60207a060.
3. Almond, J.; Sugumaar, P.; Wenzel, M.N.; Hill, G.; Wallis, C. Determination of the Carbonyl Index of Polyethylene and Polypropylene Using Specified Area under Band Methodology with ATR-FTIR Spectroscopy. *E-Polymers* **2020**, *20*, 369–381, doi:10.1515/epoly-2020-0041

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ODPADÓW POCHODZENIA ROŚLINNEGO DO STABILIZACJI POLIMERÓW FORMOWANYCH W PROCESIE ODLEWANIA ROTACYJNEGO

Mateusz Barczewski¹, Joanna Aniśko¹, Paweł Piaskowski¹, Aleksander Hejna¹, Olga Mysiukiewicz¹, Paulina Kosmela², Adam Piasecki³

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, Poznań, Polska. mateusz.barczewski@put.poznan.pl

² Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Polimerów, Gdańsk, Polska.

³ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Instytut Inżynierii Materiałowej, Poznań, Polska.

Technologia odlewania rotacyjnego ze względu na możliwość jednoetapowego kształtowania wielkogabarytowych wyrobów o złożonych kształtach, stała się w ostatnich latach jedną z najdynamiczniej rozwijających się metod przetwarzania materiałów polimerowych. Działania podejmowane w celu zmniejszenia oddziaływania środowiskowego tworzyw polimerowych uwzględniają wywarzanie kompozytów polimerowych zawierających w swej strukturze napełniacze pochodzenia naturalnego. W ramach prowadzonych prac badawczych oceniono możliwości zastosowania odpadowej czarnej herbaty jako napełniacza funkcjonalnego umożliwiającego stabilizację antyoksydacyjną struktury kompozytu o osnowie z polietylenu o dużej gęstości (HDPE). W celu oznaczenia trwałości efektów oddziaływania substancji aktywnej migrującej z napełniacza roślinnego do osnowy polimerowej, przy jednoczesnym uwzględnieniu wpływu degradacji termicznej frakcji lignocelulozowej napełniacza, kompozyty kształtowano w technologii odlewania rotacyjnego, przy zastosowaniu dwóch metod wstępnego przygotowania kompozycji oraz wysokociśnieniowego prasowania. W wyniku prowadzonych prac wykazano, że osnowy kompozytów o stałej zawartości napełniacza (10% mas.) charakteryzowały się zróżnicowanym stopniem degradacji frakcji lignocelulozowej, spowodowanej długotrwałym obciążeniem termicznym w warunkach procesowych, przy jednoczesnym widocznym efekcie stabilizacji polietylenu.

Słowa kluczowe: polietylen, odlewanie rotacyjne, napełniacze roślinne, degradacja

Praca realizowana w ramach projektu „Badania wpływu warunków kształtowania kompozytów polimerowych na stabilizujące oddziaływanie funkcjonalnych napełniaczy pochodzenia roślinnego”, SONATA-17 2021/43/D/ST8/01491.

POSSIBILITIES OF USING WASTE OF PLANT ORIGIN AS ACTIVE FILLERS OF COMPOSITES FORMED IN THE PROCESS OF ROTATIONAL MOLDING

Mateusz Barczewski¹, Joanna Aniśko¹, Paweł Piaskowski¹, Aleksander Hejna¹, Olga
Mysiukiewicz¹, Paulina Kosmela², Adam Piasecki³

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, Poznań,
Polska. mateusz.barczewski@put.poznan.pl

² Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Katedra Technologii Polimerów, Gdańsk, Polska.

³ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Instytut Inżynierii
Materiałowej, Poznań, Polska.

Due to the possibility of one-stage shaping of large-size thin-walled products with complex shapes, rotational molding has become one of the most dynamically developing polymer processing technology. Actions taken to reduce the environmental impact of polymers include the production of polymer composites containing fillers of natural origin in their structure. As part of the research, the possibilities of using waste black tea as a functional filler enabling antioxidant stabilization of the high-density polyethylene-based composite were assessed. To determine the efficiency of the active substance migrating from the plant filler to the polymer matrix while taking into account the impact of thermal degradation of the lignocellulosic fraction of the filler, the composites were formed by the rotational molding technology, using two pre-processing procedures and the compression molding. The results of the complex analysis showed that the matrices of composites with a residual filler content (10 wt.%) were characterized by a differentiated degree of degradation of the lignocellulosic fraction caused by the long-term thermal load in process conditions, with a visible effect of polyethylene stabilization.

Keywords: polyethylene, rotational molding, plant based fillers, degradation

The authors are grateful to the Polish National Science Centre for financial support under Contract No. SONATA-17 2021/43/D/ST8/01491.

ANALIZA WPŁYWU WYMIARÓW PRÓBKI NA RZETELNOŚĆ OTRZYMANYCH WYNIKÓW BADAŃ

Łukasz Gorycki, Piotr Zagulski

*Politechnika Świętokrzyska, aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska
E-mail: lgorycki@tu.kielce.pl*

Artykuł poświęcony jest zbadaniu wpływu parametrów geometrycznych próbek na rzetelność uzyskanych wyników badań. W oparciu o normę ISO 527 wybrano kształt próbek (typ 2) i ich wymiary oraz sposób wykonania badań. Zestawiono ze sobą skrajne wymiary próbek dla zobrazowania różnic w wynikach pomiarów wytrzymałości na rozciąganie.

Słowa kluczowe: kompozyt, wytrzymałość, wymiar, statystyka, dokładność

Literatura:

1. D. Aczel: "Statystyka w zarządzaniu", Edycja 2. Wydawnictwo Naukowe PWN
2. Muciek: "Wyznaczanie modeli matematycznych z danych eksperymentalnych", Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2012
3. R. Chatys, K. Piernik: "Modelowanie właściwości mechanicznych wyrobów lotniczych wytworzonych z kompozytów wzmocnionych włóknami", Przetwórstwo Tworzyw, 2015
4. R. Chatys: "Application of the Markov chain theory in estimating the strength of fiber-layered composite structures with regard to manufacturing aspects", Advances in Science and Technology. Research Jurnal, 2020

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE SAMPLE DIMENSIONS ON THE RELIABILITY OF THE OBTAINED TEST RESULTS

Łukasz Gorycki, Piotr Zagulski

*Politechnika Świętokrzyska, aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Poland
E-mail: lgorycki@tu.kielce.pl*

This paper is devoted to investigating the influence of geometrical parameters of the specimens on the reliability of the test results obtained. Based on ISO 527, the shape of the specimens (type 2) and their dimensions were chosen, as well as the test method. The extreme dimensions of the specimens are juxtaposed to illustrate the differences in tensile strength results.

Keywords: composite, strength, dimension, statistics, accuracy

References:

1. A. D. Aczel: "Statystyka w zarządzaniu", Edycja 2. Wydawnictwo Naukowe PWN
2. A. Muciek: "Wyznaczanie modeli matematycznych z danych eksperymentalnych", Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2012
3. R. Chatys, K. Piernik: "Modelowanie właściwości mechanicznych wyrobów lotniczych wytworzonych z kompozytów wzmocnionych włóknami", Przetwórstwo Tworzyw, 2015
4. R. Chatys: "Application of the Markov chain theory in estimating the strength of fiber-layered composite structures with regard to manufacturing aspects", Advances in Science and Technology. Research Jurnal, 2020

NAPRAWA WĘZŁA ZAWIESZENIA KLAPY ZASKRZYDŁOWEJ SAMOŁOTU MIG-29 Z WYKORZYSTANIEM KOMPOZYTÓW TECHNOLOGII KLEJENIA

Michał Sałaciński¹, Paweł Orzechowski¹, Piotr Smoraj¹, Dawid Olesiński²

¹ Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa, Polska. michal.salacinski@itwl.pl

² Flying Bisons, Warszawa, Polska.

Podczas okresowych obsług samolotu MiG-29, na jednym z głównych elementów skrzydła, jakim jest węzeł zawieszenia klapy, wykryto pęknięcie. Element ten wykonany jest w postaci odlewu ze stopu aluminium. Zgodnie z dokumentacją producenta samolotu, technologia naprawy polegała na wykonaniu metalowego wzmocnienia przynitowanego do uszkodzonego elementu. Wymagało by to wykonanie otworów na nity, co dodatkowo osłabiłoby element. W trakcie analizy możliwości wykonania takiej naprawy, uznano, że będzie ona nieefektywna, a nawet szkodliwa.

W związku z powyższym zaproponowano naprawę z wykorzystaniem kompozytu oraz techniki klejenia.

W artykule zawarto istotne informacje dotyczące procesu projektowania naprawy wraz z obliczeniami inżynierskimi. Ponadto zawarto aspekty technologiczne związane z naprawą.

Słowa kluczowe: kompozyty, naprawa, badania NDT, lotnictwo

REPAIR OF RIGHT FLAP BRACKET OF MIG-29 AIRCRAFT WITH THE USE OF BONDING TECHNOLOGY COMPOSITES

Michał Sałaciński¹, Paweł Orzechowski¹, Piotr Smoraj¹, Dawid Olesiński²

¹ *Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warsaw, Poland. michal.salacinski@itwl.pl*

² *Flying Bisons, Warsaw, Poland.*

During periodic maintenance of the MiG-29 aircraft, a crack was detected on one of the main elements of the wing, which is the flap bracket. This element is made as aluminium alloy casting. According to the aircraft manufacturer's documentation, the repair should be made using metal doubler riveted to the damaged element. This method would require holes for rivets, which would further weaken the component. During the analysis of this way of repair, it was shown that it would be ineffective and even harmful.

In connection with the above, the composite patch bonding repair was proposed.

The article contains important information about the repair design process along with engineering calculations. Moreover technological aspects related to the repair are included.

Keywords: composites, composites repair, NDT, aerospace

SYMULACJA WYBRANYCH PROCESÓW REOLOGICZNYCH W KOMPOZYTACH UFRT

Marian Klasztorny¹, Daniel Nycz¹

¹ Uczelnia Państwowa im. Jana Grodka w Sanoku, Sanok, Poland. E-mail: m.klasztorny@gmail.com

Rozpatrywany jest homogenizowany kompozyt wzmocniony jednokierunkowo włóknem na osnowie termoutwardzalnej (UFRT). Procesy sprężysto-lepkosprężyste w tych kompozytach są opisane przez sprzężone standardowe/odwrotne reologiczne równania konstytutywne odpowiadające modelowi reologicznemu H–R/H. Model ten, opublikowany niedawno przez autorów w *Composite Theory and Practice*, został opracowany przy następujących głównych założeniach: a) kompozyt jest materiałem nowym (niestarzonym) w pełni odprężonym od naprężeń residualnych wywołanych procesami wytwarzania; b) osnowa termoutwardzalna jest liniowo lepkosprężystym materiałem izotropowym opisanym pojedynczą wykładniczą ułamkową funkcją tworzącą; c) włókno jest liniowo sprężystym materiałem monotropowym; d) włókna są ułożone w schemacie heksagonalnym; e) homogenizowany kompozyt jest liniowo lepkosprężystym materiałem monotropowym; f) rozważa się quasi-statyczne, długotrwałe, izotermiczne, odwracalne procesy reologiczne w warunkach normalnych.

Równania konstytutywne przekształcono do postaci aplikacyjnej w celu symulacji podstawowych procesów reologicznych: pełzanie, wielokrotne pełzanie-pełzanie wsteczne, relaksacja, wielokrotna relaksacja-relaksacja wsteczna. Uwzględniono 6 stanów naprężenia/odkształcenia: rozciąganie w kierunku prostopadłym do włókien, ścinanie w płaszczyźnie izotropii poprzecznej, ścinanie w płaszczyźnie monotropii, odkształcenie normalne w kierunku prostopadłym do włókien, odkształcenie postaciowe w płaszczyźnie izotropii poprzecznej, odkształcenie postaciowe w płaszczyźnie monotropii.

Cele badań numerycznych są następujące: a) analiza jakościowa i ilościowa przebiegów czasowych składowych stanu odkształcenia/naprężenia odpowiadających modelowi H–R/H; b) porównanie przebiegów czasowych składowych stanu odkształcenia/naprężenia odpowiadających modelowi H–R/H oraz porównawczemu standardowemu modelowi reologicznemu H–K/H.

Symulacje reologiczne przeprowadzono przy użyciu autorskiego programu REOLOG[®] napisanego w języku Pascal. Symulacje przeprowadzono m.in. dla wybranego kompozytu epoksydowo-węglowego UFRT. Czasy procesów wynosiły 40000 min (około 28 dni). Wyniki przedstawiono graficznie (przebiegi czasowe odkształceń/naprężeń) oraz numerycznie (przyrosty, pozostałości, odchylenia). Wykazano, że wpływy lepkosprężyste kompozytu UFRT mogą być znaczne, powinny być zatem uwzględnione w normach projektowania konstrukcji wykonanych z tego typu kompozytów.

Słowa kluczowe: kompozyt włókno węglowe/matryca epoksydowa, procesy reologiczne, symulacja

SIMULATION OF SELECTED RHEOLOGICAL PROCESSES IN UFRT COMPOSITES

Marian Klasztorny¹, Daniel Nycz¹

¹ Jan Grodek State University in Sanok, Sanok, Poland. E-mail: m.klasztorny@gmail.com

A homogenized unidirectional fibre-reinforced thermoset matrix (UFRT) composite is considered. The elastic-viscoelastic processes in these composites are governed by the coupled standard/inverse rheological constitutive equations corresponding to the H–R/H rheological model. This model, recently published by the authors in *Composite Theory and Practice*, was developed under the following main assumptions: a) a composite is a new (unaged) material fully relaxed from the residual stresses induced by the manufacturing processes; b) a thermoset matrix is a linearly viscoelastic isotropic material described by a single fractional exponential generic function; c) a fibre is a linearly elastic monotropic material; d) fibres are unidirectionally aligned in a hexagonal scheme; e) a homogenized composite is a linearly viscoelastic monotropic material; f) quasi-static, long-term, isothermal, reversible rheological processes under the normal conditions are considered.

The rheological constitutive equations were transformed into the application form to simulate the following fundamental rheological processes: a) creep; b) multiple creep-reverse creep; c) relaxation; d) multiple relaxation-reverse relaxation. The following simple stress/strain states were considered: a) tension in direction perpendicular to the fibres; b) shear in the transverse isotropy plane; c) shear in the monotropy plane; d) normal strain in direction perpendicular to the fibres; e) shear strain in the transverse isotropy plane; f) shear strain in the monotropy plane.

The objectives of the numerical study are as follows: a) qualitative and quantitative analysis of time courses of the strain/stress state components corresponding to the H–R/H rheological model; b) comparison of time courses of the strain/stress state components corresponding to the H–R/H rheological model and the comparative standard H–K/H rheological model.

The simulations were performed using a proprietary software REOLOG[®] written in Pascal. The rheological simulations were carried out for, among others, the selected UFRT carbon/epoxy composite. The process times were 40000 min. (approximately 28 days). The results are presented graphically (time courses of strains/stresses) and numerically (increases, deviations, residuals). It has been shown that the viscoelastic effects in the UFRT composite can be significant and should therefore be considered in the design standards for structures made of this type of composites.

Keywords: carbon-fibre/epoxy-matrix composite, rheological processes, simulation

HYBRYDOWE BIONANOKOMPOZYTY POLIMEROWE OPARTE NA POCHODNYCH FURANOWYCH Z DODATKIEM NANOCZĄSTEK MINERALNYCH

Sandra Paszkiewicz, Konrad Walkowiak, Izabela Irska, Elżbieta Piesowicz, Paweł Figiel,
Agnieszka Kochmańska

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i
Mechatroniki, Katedra Technologii Materiałowych, Szczecin, Polska, spasziewicz@zut.edu.pl*

Bionanokompozyty na bazie poli(trimetyleno-2,5-furanodikarboksylanu)-blok-poli(tlenku tetrametyleny) (PTF-b-F-PTMO) z różną zawartością nanonapełniaczy mineralnych tj. nanokrzemionki ($nSiO_2$), organofilowego krzemianu warstwowego (CLOISITE C20A) i nanorurek haloizytowych (HNT), oraz ich układów hybrydowych otrzymano metodą polimeryzacji *in situ* zgodnie z procedurą opublikowaną w [1]. Dyspersję nanocząstek w nanokompozytach określono za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Jednocześnie zbadano oddziaływania międzyfazowe na granicy nanonapełniacz-osnowa polimerowa za pomocą spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR). Właściwości termiczne zbadano za pomocą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC) i analizy termogravimetrycznej (TGA). Przeanalizowano również właściwości mechaniczne podczas próby statycznego i cyklicznego rozciągania. Zsyntetyzowane nanokompozyty polimerowe przetworzone metodą formowania wtryskowego, wykazały właściwości mechaniczne elastomerów, co wskazuje, że otrzymane materiały są w rzeczywistości elastomerami termoplastycznymi (TPE). W porównaniu z nienapełnioną osnową (PTF-b-F-PTMO 50/50) wprowadzenie nanocząstek wpłynęło na temperatury przemian fazowych i spowodowało wzrost wartości modułu sprężystości przy rozciąganiu (E). Tak wzmocnione bionanokompozyty są szczególnie interesujące z aplikacyjnego punktu widzenia, gdyż mogą być stosowane jako elementy układów paliwowych, zderzaków czy uchwytów na kubki.

Słowa kluczowe: hybrydowe nanokompozyty, polimeryzacja *in situ*, nanonapełniacze mineralne, bionanokompozyty na bazie pochodnych furanowych

Literatura:

1. Walkowiak K., Irska I., Kochmanska A., Dydek K., Boczkowska A., Stanik R., Gude M., Linares A., Ezquerra T.A., Paszkiewicz S., Furan-based bionanocomposites reinforced with a hybrid system of carbon nanofillers, Adv. Eng. Mater. (2023) in press.

POLYMER HYBRID BIONANOCOMPOSITES BASED ON FURAN DERIVATIVES CONTAINING MINERAL NANOFILLERS

Sandra Paszkiewicz, Konrad Walkowiak, Izabela Irska, Elżbieta Piesowicz, Paweł Figiel,
Agnieszka Kochmańska

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Katedra Technologii Materiałowych, Szczecin, Polska, spasziewicz@zut.edu.pl*

Bionanocomposites based on poly(trimethylene 2,5-furandicarboxylate)-block-poly(tetramethylene oxide) (PTF-b-F-PTMO) with various contents of mineral nanofillers, i.e., nanosilica (nSiO₂), organophilic phyllosilicate (CLOISITE C20A) and halloysite nanotubes (HNTs), and a hybrid system of these nanoparticles were synthesized via *in situ* polymerization following the procedure published in [1]. The dispersion of nanoparticles in the nanocomposites was determined using a scanning electron microscope (SEM). At the same time, interfacial interactions between nanofillers and the polymer matrix have been studied via Fourier-Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis. The thermal properties were studied employing differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA). Mechanical properties, through static and cyclic tests, were also analyzed. The synthesized polymer nanocomposites were processed using injection molding and displayed mechanical properties of elastomers during mechanical testing, which indicates that the obtained materials are, in fact, thermoplastic elastomers (TPE). Compared to a neat matrix (PTF-b-F-PTMO 50/50), the incorporation of nanoparticles affected the phase transition temperatures and caused an increase the value of the tensile modulus values (E). Such reinforced bionanocomposites are especially interesting from an applicative point of view since they can be applied as components of fuel systems, bumpers, or cupholders.

Keywords: hybrid nanocomposites, *in situ* polymerization, mineral nanofillers, furan-based bionanocomposites

References:

1. Walkowiak K., Irska I., Kochmanska A., Dydek K., Boczkowska A., Stanik R., Gude M., Linares A., Ezquerro T.A., Paszkiewicz S., Furan-based bionanocomposites reinforced with a hybrid system of carbon nanofillers, Adv. Eng. Mater. (2023) in press.

WPŁYW METODY PRZYGOTOWANIA ORAZ IMPREGNACJI ŻYWICĄ POLIMEROWĄ NA STABILNOŚĆ KOMPOZYTÓW PERLIT EKSPANDOWANY/PARAFINA

Izabela Marchewka¹, Ewa Downar-Zapolska¹, Waldemar Pichór²

¹ *Lakma SAT, Cieszyn, Poland, izabela.marchewka@lakma.com*

² *Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland*

Obserwuje się stale wzrastające zainteresowanie zastosowaniem materiałów zmiennofazowych w materiałach budowlanych. Problemem jest natomiast opracowanie efektywnej metody ich wprowadzania. Wyzwaniem stanowi uzyskanie stabilnych kompozytów o dużej możliwości akumulacji ciepła. W niniejszej pracy zaproponowano perlit ekspandowany jako potencjalny nośnik materiału zmiennofazowego (parafiny). Porównano skuteczność dwóch technik impregnacji – próżniowej oraz zanurzeniowej. Przygotowano kompozyty z różnym udziałem parafiny, a następnie scharakteryzowano ich właściwości. Wykazano, że metodą impregnacji próżniowej można uzyskać kompozyty o lepszej stabilności kształtu. Mimo to przy dużych udziałach parafiny obserwowano jej wyciekanie. Udowodniono także, że bez względu na metodę impregnacji, naniesienie cienkiej powłoki z dyspersji polimerowej może skutecznie zabezpieczyć kompozyt przed wyciekaniem materiału zmiennofazowego. Dzięki zastosowaniu żywicy epoksydowej uzyskano stabilny kompozyt o udziale parafiny wynoszącym ponad 80% wagowych. Brak duża zawartość PCM oraz brak efektu wyciekania podczas przemiany fazowej sprawiają, że prezentowany kompozyt przejawia duży potencjał do wielu różnorodnych zastosowań.

Słowa kluczowe: materiały zmiennofazowe, perlit ekspandowany, kompozyty perlit/parafina, zapobieganie wyciekom, impregnacja żywicą polimerową

EFFECT OF METHOD PREPARATION AND POLYMER RESIN IMPREGNATION ON FORM STABILITY OF EXPANDED PERLITE/PARAFIN COMPOSITE

Izabela Marchewka¹, Ewa Downar-Zapolska¹, Waldemar Pichór²

¹ *Lakma SAT, Cieszyn, Poland, izabela.marchewka@lakma.com*

² *Faculty of Materials Science and Ceramics, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland*

Interest in the use of phase change materials in construction materials is constantly increasing. However, the problem is to develop an effective method to introduce them. The challenge is to obtain shape-stabilized composites with high heat storage capacity. In this paper, expanded perlite was proposed as a potential carrier of phase-change material (paraffin). The effectiveness of two impregnation techniques, vacuum and immersion - was compared. Composites with various amounts of paraffin were prepared, and then their properties were characterized. It has been shown that the vacuum impregnation method can be used to obtain composites with better shape stability. Despite this, leakage was observed in high proportions of paraffin. It has also been proven that, regardless of the impregnation method, the application of a thin polymer dispersion coating can effectively protect the composite against leakage of the phase change material. Thanks to the use of epoxy resin, a stable composite was obtained with a paraffin content of over 80% by weight. High PCM content and no leakage effect during the phase transition, make the presented composite show great potential for many different applications.

Keywords: phase change materials, expanded Perlite, perlite/paraffin composite, leakage prevention, polymer resin impregnation

MODYFIKACJA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH WZMACNIANYCH WŁÓKNEM WĘGLOWYM

Kamil Dydek¹, Konrad Żochowski¹, Bogna Sztorch², Szymon Demski¹, Rafał Kozera¹, Robert Przekop²,
Anna Boczkowska¹

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, Polska,
kamil.dydek@pw.edu.pl

² Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Centrum Zaawansowanych Technologii, ul. Uniwersytetu
Poznańskiego 10, 61-614 Poznań, Polska

Jednym z kierunków modyfikacji polimerowych kompozytów wzmacnianych włóknem węglowym (*Carbon Fibre Reinforced Polymers, CFRPs*) jest ich poprawa właściwości mechanicznych i elektrycznych. Można to osiągnąć poprzez wprowadzenie do struktury kompozytu nanorurek węglowych (*Carbon Nanotubes, CNTs*), które znane są ze swoich doskonałych właściwości. W ramach pracy zastosowano jedno- (*Single-Walled Carbon Nanotubes, SWCNTs*) i wielościenne nanorurki węglowe (*Multi-Walled Carbon Nanotubes, MWCNTs*), które wprowadzono do termoplastycznej żywicy akrylowej Elium® (Arkema, Francja). Żywica ta posiada bardzo niską lepkość, jest mało toksyczna, a po procesie przetwórstwa może zostać poddana recyklingowi. Równolegle jako drugą modyfikację zastosowano termoplastyczne włókniny domieszkowane MWCNTs.

Celem zbadania wpływu przeprowadzonych modyfikacji na właściwości elektryczne i mechaniczne CFRPs, wykonano laminaty techniką infuzji. W celu uzyskania odpowiedniej dyspersji CNTs w osnowie akrylowej użyto działu ultradźwiękowego. Zbadano skrośną przewodność elektryczną w poprzek grubości laminatów oraz przeprowadzono obserwacje ich mikrostruktury. Wyznaczono wytrzymałość na ścinanie międzywarstwowe, odporność na obciążenia dynamiczne oraz przeprowadzono analizę dynamiczno-mechaniczną wytworzonych CFRPs.

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

Słowa kluczowe: CFRPs, CNTs, termoplastyczną żywicą akrylową, przewodność elektryczna, właściwości mechaniczne

MODIFICATION OF SELECTED PROPERTIES OF CARBON FIBRE REINFORCED POLYMERS

Kamil Dydek¹, Konrad Żochowski¹, Bogna Sztorch², Szymon Demski¹, Rafał Kozera¹, Robert Przekop², Anna Boczkowska¹

¹ Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, 141 Wołoska, 02-507 Warsaw, Poland, kamil.dydek@pw.edu.pl

² Centre for Advanced Technologies, Adam Mickiewicz University in Poznań, 10 Uniwersytetu Poznańskiego, 61-614 Poznań, Poland

Carbon Fibre Reinforced Polymers (CFRPs) can be modified to improve their electrical and mechanical properties. Carbon nanotubes (CNTs) can be used to achieve this by introducing them into composite structures, which are known for their excellent properties. In this work, Single-Walled Carbon Nanotubes (SWCNTs) and Multi-Walled Carbon Nanotubes (MWCNTs) were introduced into the thermoplastic acrylic resin Elium® (Arkema, France), which has a very low viscosity, low in toxicity, and can be recycled after processing. A second modification was the use of thermoplastic nonwovens doped with MWCNTs.

In order to examine the effect of the modifications carried out on the electrical and mechanical properties of CFRPs, laminates were fabricated using an infusion technique. Ultrasonic waves were used to obtain good dispersion of CNTs in the acrylic matrix. The volume electrical conductivity through-the-thickness of the laminates was investigated and their microstructure was observed. The interlaminar shear strength, impact resistance and dynamic-mechanical analysis of the fabricated CFRPs were determined.

The research was conducted under project no. LIDER/46/0185/L-11/19/NCBR/2020 funded by the National Center for Research and Development.

Keywords: CFRPs, CNTs, thermoplastic acrylic resin, electrical conductivity, mechanical properties

UKŁADY UNIEPALNIAJĄCE NA BAZIE SKŁADNIKÓW ROŚLINNYCH DO ZASTOSOWANIA W NOWYCH POLIMERACH

Kamila Sałasinska¹, Mateusz Barczewski², Mikelis Kirpluks³, Anna Boczkowska¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, Polska, kamila.salasinska@pw.edu.pl

² Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa, Polska

Ograniczenie palności jest jednym z kluczowych zadań i stanowi integralną część w procesie projektowania oraz produkcji wyrobów wykonanych z materiałów polimerowych. Zgodnie z zaleceniami (rozporządzenie REACH, konwencja sztokholmska, dyrektywa unijna RoHS) większość antypirenów halogenowych powinna zostać wycofana, tworząc tym samym lukę w światowej produkcji środków uniepalniających. Odpowiedzią na wyzwania jest opracowanie nowych bezhalogenowych substancji, które oprócz redukcji palności będą korzystnie wpływać na pozostałe cechy użytkowe materiałów i cenę. Konieczność poszukiwania nowych, bezpiecznych, jak również przyjaznych dla środowiska, rozwiązań stała się inspiracją do podjęcia prac naukowych w tym obszarze.

Opracowanie systemu uniepalniającego poprzez połączenie dostępnych na rynku uniepalniaczy bezhalogenowych oraz materiałów roślinnych o zdefiniowanym składzie i wielkości ziarna doprowadzi do wystąpienia między składnikami efektu synergii, a tym samym zwiększenia skuteczności składników syntetycznych. Pozwoli to na zmniejszenie ilości uniepalniaczy, powstających w wieloetapowych procesach produkcyjnych z wykorzystaniem substancji niebezpiecznych. Ponadto ograniczenie udziału komponentów syntetycznych na rzecz odpadów roślinnych jest zgodne z założeniami gospodarki o obiegu zamkniętym i pozytywnie wpłynie na szybko rosnące ceny uniepalniaczy, a także niedobory produktów na rynku spowodowane sytuacją gospodarczą wywołaną pandemią COVID-19 i atakiem Rosji na Ukrainę.

Słowa kluczowe: palność, układy uniepalniające na bazie substancji biopochodnych

FLAME RETARDANT SYSTEMS BASED ON PLANT INGREDIENTS FOR USE IN A NEW POLYMERS

Kamila Sałasinska¹, Mateusz Barczewski², Mikelis Kirpluks³, Anna Boczkowska¹

¹ *Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, ul. Wołoska 141, 02-507 Warsaw, Poland, kamila.salasinska@pw.edu.pl*

² *Faculty of Mechanical Engineering, Poznan University of Technology, Poznań,*

³ *Latvian State Institute of Wood Chemistry, 27 Dzerbenes St., 1006 Riga, Latvia*

Flammability reduction is one of the critical tasks and is an integral part of the design and production of products made of polymeric materials. According to the recommendations (the REACH regulation, the Stockholm Convention, the EU RoHS Directive), most halogen flame retardants should be withdrawn, thus creating a gap in the global production of flame retardants. The answer is to develop new halogen-free substances, which, apart from reducing flammability, will positively influence the other functional properties of the materials and price. The necessity to search for new, safe and environmentally friendly solutions became an inspiration to undertake scientific work in this area.

Developing a new generation flame retardant system by combining commercially available halogen-free flame retardants and plant materials with defined compositions and grain sizes will lead to a synergistic effect and increase the effectiveness of synthetic components. It will allow for the reduction of the amount of synthetic flame retardants, which are produced in multi-stage manufacturing processes using hazardous substances. In addition, limiting the share of synthetic components in favour of waste plant materials is in line with the assumptions of the Circular Economy and will positively affect the rapidly growing prices of flame retardants, as well as the shortages of products on the market caused by the economic situation induced by the COVID-19 pandemic and Russia's attack on Ukraine.

Keywords: flammability, flame retardant systems based on bio-based substances

ESTRYFIKOWANY NAPEŁNIACZ NATURALNY O ZWIĘKSZONEJ ADHEZJI DO BIODEGRADOWALNEJ OSNOWY

Anna Czajka¹, Radosław Bulski¹, Andrzej Plichta², Joanna Ryszkowska¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, Wołoska 141, 02-507 Warszawa,
anna.czajka2.dokt@pw.edu.pl

² Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, Noakowskiego 3, 00-664 Warszawa

W niniejszej pracy przedstawiono chemiczną modyfikację słomy pszennej (SP) z użyciem kwasu mlekowego (LAc). Celem modyfikacji jest zwiększenie adhezji pomiędzy napełniaczem a osnową. Grupy hydroksylowe mogą ulegać reakcji estryfikacji z użyciem LAc, ale również z jego oligomerami (OLAs) dzięki zdolności do jego polikondensacji. Wytworzono kompozyty o osnowie PLA zawierające 30% mas. zmodyfikowanej SP (SP-g-OLA). Przeprowadzono analizę termiczną (TGA i DSC) i termodynamiczną (DMA) kompozytów. Adhezja napełniacza do osnowy została określona na podstawie obserwacji mikroskopowych (SEM). Właściwości mechaniczne wyznaczono w statycznej próbie rozciągania. Została również oznaczona chłonność wody kompozytu w ciągu 24 h. Na zdjęciach SEM widoczne są mniejsze przestrzenie pomiędzy zmodyfikowanym napełniaczem a osnową, co potwierdza zwiększoną adhezję pomiędzy komponentami. Odporność termiczna kompozytu (5% ubytku masy) zmniejszyła się po modyfikacji, co jest związane z degradacją OLAs i LAc. Chłonność wody po 24 h ekspozycji w wodzie jest mniejsza w przypadku kompozytu ze zmodyfikowanym napełniaczem w porównaniu do kompozytu z napełniaczem niemodyfikowanym. Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu z SP-g-OLA wzrasta w stosunku do kompozytu z SP i osiąga wartość zbliżoną do niemodyfikowanego PLA.

Wyniki badań wskazują, że modyfikacja chemiczna z użyciem LAc może być obiecującą metodą do produkcji biodegradowalnych kompozytów o polepszonych właściwościach mechanicznych i użytkowych w stosunku do kompozytów z niemodyfikowanym napełniaczem.

Słowa kluczowe: kompozyt biodegradowalny, modyfikacja chemiczna, PLA, lignoceluloza, słoma pszena

ESTERIFIED NATURAL FILLER WITH INCREASED ADHESION TO BIODEGRADABLE POLYMER MATRIX

Anna Czajka¹, Radosław Bulski¹, Andrzej Plichta², Joanna Ryszkowska¹

¹ Faculty of Materials Science and Engineering, *Warsaw University of Technology, Wołoska 141, 02-507 Warsaw, Poland*

anna.czajka2.dokt@pw.edu.pl

² Faculty of Chemistry, *Warsaw University of Technology, Noakowskiego 3, 00-664 Warsaw, Poland*

This paper presents the chemical modification of wheat straw (SP) using lactic acid (LAc). The purpose of the modification is to increase the adhesion between the filler and the polymer matrix. Hydroxyl groups can be esterified with LAc and its oligomers (OLAs) due to their polycondensation ability. Polylactide (PLA) matrix composites containing 30 wt. modified SP (SP-g-OLA). Thermal (TGA and DSC) and thermodynamic (DMA) analyses of the composites were performed. The adhesion of the filler to the matrix was determined based on microscopic observations (SEM). The mechanical properties were determined in a tensile test. The water absorption of the composite within 24 hours was also determined. The SEM images show smaller spaces between the modified filler and the matrix, which confirms the increased adhesion between the components. The thermal stability of the biocomposite (5% weight loss) decreased after modification, which is related to the degradation of OLAs and LAc. Water absorption after 24 h immersion in water is lower in the case of the composite with the modified filler compared to the composite with the unmodified filler. The tensile strength of the composite with SP-g-OLA increases compared to the composite with SP and reaches a value close to the neat PLA.

The research results indicate that chemical modification with the use of LAc can be a promising method for producing biodegradable composites with improved mechanical and functional properties in relation to composites with unmodified filler.

Keywords: biodegradable composite, chemical modification, PLA, lignocellulose, wheat straw

WPŁYW PROMIENIOWANIA ULTRAFIOLETOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI KOMPOZYTÓW CFRP STARZONYCH W ŚRODOWISKU WODNYM

Jakub Smoleń

¹ *Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej,
ul. Z. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice, Polska
e-mail: jakub.smolen@polsl.pl*

Jednym z podstawowych mechanizmów niszczenia kompozytów polimerowo włóknistych jest fotodegradacja spowodowana oddziaływaniem promieniowania ultrafioletowego i światła widzialnego na materiał. Badanie kompozytów w warunkach naturalnych jest najlepszym sposobem opisywania rzeczywistych przemian zachodzących w materiale, jednakże starzenie w warunkach naturalnych przebiega długotrwale. Dodatkowo w środowisku dochodzi do współwystępowania kilku czynników degradacyjnych jednocześnie np. obecność wilgoci. Fotodegradacja materiałów w warunkach laboratoryjnych pozwala na ocenę zmian w sposób przyspieszony i powtarzalny.

Przeprowadzono fotostarzenie kompozytów zbrojonych włóknem węglowym (CFRP) metodą normatywną oraz metodą nienormatywną, która ma na celu wykazać synergizm efektów niszczenia materiału pod wpływem promieniowania UV-A, UV-B i UV-C w środowisku wodnym. Fotostarzenie kompozytów obiema metodami prowadzono przez 1000 h.

Uzyskane wyniki wykazały, że promieniowanie UV-C i UV-B ma silnie niszczący charakter, a promieniowanie UV-A prowadzi do umiarkowanych zmian w materiale. Obserwowane zmiany mają charakter powierzchniowy i objawiają się zmianą barwy, utratą połysku oraz zwiększeniem chropowatości powierzchni w wyniku wykruszania osnowy i ekspozycji włókien na zewnątrz. Fotodegradacja prowadzona przez 1000 h nie powoduje znaczących zmian wytrzymałości na zginanie, wytrzymałości na rozciąganie, natomiast zmiana ulega temperaturze zeszklenia, która w wyniku degradacji ulega stopniowemu zmniejszaniu, co może potwierdzać pękanie wiązań wewnątrz kompozytu.

Słowa kluczowe: CFRP, kompozyty, fotodegradacja

INFLUENCE OF ULTRAVIOLET RADIATION ON PROPERTIES OF CFRP COMPOSITES AGED IN WATER ENVIRONMENT

Jakub Smoleń

¹ *Faculty of Materials Science, Silesian University of Technology,
Krasińskiego 8 street, Katowice, 40-019, Poland
e-mail: jakub.smolen@polsl.pl*

One of the basic mechanisms of destruction of polymer composite materials is photodegradation caused by the interaction of ultraviolet and visible light with the material. Studying composites under natural conditions is the best way to describe the real changes occurring in the material, however, aging in natural conditions is a long-term process. Additionally, in the environment, several degradation factors occur simultaneously, e.g. the presence of moisture. Photodegradation of materials under laboratory conditions allows for the evaluation of changes in an accelerated and repeatable way.

Carbon fiber-reinforced polymer composites (CFRP) were subjected to photodegradation using both normative and non-normative methods aimed at demonstrating the synergy of material degradation effects under the influence of UV-A, UV-B, and UV-C radiation in a water environment. The photodegradation of composites using both methods was carried out for 1000 hours.

The results obtained showed that UV-C and UV-B radiation have a strongly destructive character, while UV-A radiation leads to moderate changes in the material. The observed changes are surface-related and manifest as a change in color, loss of gloss, and an increase in surface roughness as a result of matrix erosion and fiber exposure. Photodegradation carried out for 1000 hours does not cause significant changes in flexural strength, tensile strength, while the glass transition temperature changes, which gradually decreases as a result of degradation, indicating the breaking of bonds inside the composite.

Keywords: CFRP, composites, photodegradation

ANALIZA LAMINATÓW TYPU FML W ŚRODOWISKU KOROZYJNYM W ASPEKcie WYSTĘPOWANIA ZJAWISKA SAMO-NAPRAWY

Monika Ostapiuk¹, Jarosław Bieniaś¹, Monica V. Louriero², Ana C. L. Marques²

¹ *Katedra Inżynierii Materiałowej, Politechnika Lubelska, Lublin, Polska*
e-mail autora do korespondencji: m.ostapiuk@pollub.pl

² *CERENA, DEQ, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal*

Inspiracją do opracowania laminatów metalowo-włóknistych (FML) składających się z arkuszy blach metalowych i warstw kompozytowych wzmocnionych włóknami wynikały z potrzeb ulepszania materiałów lotniczych. Laminaty FML charakteryzują się niską gęstością, dużą wytrzymałością zmęczeniową, wysoką odpornością na uderzenia. Obecnie trwają prace nad znalezieniem nowych rozwiązań, które będą zawierały warstwy CFRP ze stopami takimi jak magnez (Mg). Niemniej główne problemy związane z korozją są nadal nierozwiązane: szczególnie pomiędzy włóknami węglowymi a magnezem, a także samym stopem magnezu. Korozja może poważnie obniżyć wytrzymałość materiałów w trakcie eksploatacji, a w konsekwencji doprowadzić do skrócenia ich żywotności i ostatecznie wpłynąć na poziom bezpieczeństwa.

W pracy przedstawiono analizę odporności korozyjnej laminatów FML składających się z warstw Mg oraz CFRP. Dodatkowo głównym zadaniem była obserwacja korozji i zachowania zjawiska samo-naprawy laminatów. Zastosowano mikrokapsułki na bazie Pu/PUa. Analizowano wpływ MCs na strukturę laminatu w aspekcie odporności na korozję oraz występujących rodzajów i mechanizmów korozji. Przedmiotem badań były laminaty FML składające się z warstw magnezu AZ31 o grubości 0,5 mm. Laminaty metalowo-włókniste wykonano w układzie 2/1. W celu zapewnienia lepszej odporności na korozję na granicy rozdziału w FML zastosowano MCs. FML zostały wytworzone w procesie autoklawowym. Badania korozyjne FML przeprowadzono w formie przyspieszonych badań laboratoryjnych w komorze korozyjnej, teście potencjodynamicznym i EIS.

Badania FML wykazały złożoność procesu degradacji korozyjnej laminatów. Zaobserwowano jednak wpływ MCs jako zjawiska samo-naprawy, które wystąpiło w laminatach podczas badań korozyjnych.

Słowa kluczowe: Laminaty metalowo-włókniste, korozja, mikrokapsułki, samo-naprawa

ANALYSIS OF FIBER METAL LAMINATES IN CORROSION ENVIRONMENT WITH SELF-HEALING ABILITY

Monika Ostapiuk¹, Jarosław Bieniaś¹, Monica V. Louriero², Ana C. L. Marques²

¹ *Department of Materials Engineering, Lublin University of Technology, Lublin, Poland*
corresponding e-mail: m.ostapiuk@pollub.pl

² *CERENA, DEQ, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal*

Fibre Metal Laminates (FMLs) consisting of metal sheets and Fibre reinforced composite layers were initially developed from motivation of aerospace industry. FML laminates are characterized by low density, high fatigue strength, high static properties, high resistance to impacts and good corrosion resistance. Currently the efforts are made in order to find new solutions which will contain CFRP layers with metal like magnesium (Mg). But the major problems are still unsolved: the corrosion problem between carbon and magnesium and also magnesium alloy. The corrosion may seriously reduced the strength of materials during the service and consequently may lead to the reduction of their service life and finally affect the safety level.

This study presents the analysis of corrosion resistance of FML laminates consisting of magnesium and composite layers based on carbon fibers. Additionally, the main task was to observe the corrosion and behaviour of self-healing phenomena of laminates. It was applicated the Pu/PUa microcapsules (MCs). The impact MCs on laminate structure determined by the type of fibres and type metal in terms of corrosion resistance and occurring types and mechanisms of corrosion.

The subject of research encompassed FML laminates consisting of AZ31 magnesium layers of 0.5 mm thickness. Fibre metal laminates have been made in 2/1 layout arranged in configuration of CFRP layers 0°. In order to ensure better corrosion resistance on the interface between the FML's layers were applicate the MCs. The FMLs were produced in autoclave process. Corrosion testing of FML's was carried out in the form of accelerated laboratory tests of corrosion chamber, potentiodynamic and EIS.

The studies of FML demonstrated the complexity of corrosion degradation process of laminates. But the influence of MCs as a self-healing barrier was observed.

Keywords: Fiber Metal Laminates, corrosion, microcapsules, self-healing

PROPAGACJA USZKODZEŃ W WYNIKU ŚCISKANIA OSIOWEGO LAMINATÓW METALOWO-WŁÓKNISTYCH NA BAZIE ALUMINIUM PO UDERZENIU

Piotr Podolak¹, Magda Drożdziel-Jurkiewicz, Patryk Jakubczak, Jarosław Bieniaś¹

¹ *Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Materiałowej
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Polska*

Rozwój kompozytów polimerowo-włóknistych (FRP) przyczynił się do zwiększenia ich popularności w konstrukcjach lotniczych. Przez wrażliwość FRP na obciążenia pozapłaszczynowe, m.in. uderzenia o niskiej prędkości (LVI), rozważa się zastosowanie laminatów metalowo-włóknistych (FML) jako zamiennika. Podatność FRP na uderzenia jest szczególnie widoczna w aspekcie ich wytrzymałości resztkowej – w wyniku ściskania po uderzeniu (CAI), FRP posiada nawet 60% mniejszą wytrzymałość. Dotychczasowe prace uwzględniające ten czynnik dla FML wykazują mniejszą redukcję wytrzymałości w stosunku do FRP. Jednakże, rola propagacji uszkodzenia w odpowiedzi mechanicznej FML była pomijana bądź przedstawiana powierzchownie. Celem badań było określenie wytrzymałości resztkowej FML na bazie stopu aluminium, przedstawienie relacji wybranych parametrów wytrzymałościowych i energii uderzenia oraz szczegółowa analiza propagacji zniszczenia poprzez wykonanie procedury CAI nie tylko do stanu zniszczenia krytycznego, lecz również do wybranych udziałów procentowych obciążenia powodującego to zniszczenie, i następnie przeprowadzone badania nieniszczące.

Eksperyment udowodnił, że wytrzymałość resztkowa FML po uderzeniu oraz siła odpowiadająca wystąpieniu wyboczenia są silnie zależne od zastosowanej energii uderzenia. Wykazano również różnice pomiędzy odpowiedzią mechaniczną FML aluminium-włókno szklane (GLARE) oraz aluminium-włókno węglowe (CARALL). Dla GLARE i CARALL stwierdzono przy najwyższej energii uderzenia spadek wytrzymałości na ściskanie – odpowiednio – o 6% i 17%. Zaobserwowano również o 30% wyższą zdolność do rozpraszania sumarycznej energii z LVI i CAI przez CARALL, w stosunku do GLARE. Progresywna analiza deformacji poprzez cyfrowej korelacji obrazu (DIC) wykazała, że obecność uszkodzeń powstałych po uderzeniu wymusza kierunek rozwoju półfali oraz powoduje spiętrzenie naprężeń w otoczeniu punktu uderzenia. Badania nieniszczące wykazały, że w wyniku CAI obszar zniszczenia rośnie nawet 100-krotnie w stosunku do tego powstałego po LVI. Analizując przyjęte udziały procentowe siły maksymalnej wykazano, że do intensywnej propagacji uszkodzenia dochodzi dopiero przy wysokich udziałach (ok. 92.5%) siły powodującej zniszczenie krytyczne, co wskazuje na ciągłą akumulację energii przez materiał. Za dominujące mechanizmy pochłaniania energii przez materiał uznano odkształcenia plastyczne warstw metalowych oraz delaminacje.

Słowa kluczowe: laminaty metalowo-włókniste (FML); ściskanie po uderzeniu (CAI); analiza zniszczenia; cyfrowa korelacja obrazu (DIC); wytrzymałość resztkowa; tolerancja uszkodzeń

DAMAGE PROPAGATION IN AXIAL-COMPRESSED ALUMINIUM-BASED FIBRE METAL LAMINATES AFTER IMPACT

Piotr Podolak¹, Magda Drożdziel-Jurkiewicz, Patryk Jakubczak, Jarosław Bieniaś¹

¹ Lublin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Materials Engineering, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland

The development of fibre reinforced polymers (FRP) increased their popularity in aviation structures. Due to FRP's sensitivity to out-of-plane loads – among others, low velocity impact (LVI) – the application of fibre metal laminates (FML) as counterpart is considered. Susceptibility of FRP to LVI is particularly visible, when residual strength is considered – due to compression after impact (CAI), FRP possesses even 60% lower strength. Studies regarding this factor for FML so far proved the lower reduction of compressive strength in relation to FRP. Nevertheless, an effect of damage propagation in FML's mechanical response was omitted or presented superficially. The aim of study was assessment of aluminium-based-FML's residual strength, correlation of chosen parameters describing mechanical response with impact Energy, and detailed analysis of damage propagation through conduction of CAI not only to point of critical failure, but also for chosen shares of force causing this failure and consecutive performance of non-destructive testing.

The experiment proved that residual strength of FML after impact and force value equal to buckling occurrence are strongly correlated with applied impact energy. Also, the differences in mechanical response of aluminium-glass fibre (GLARE) and aluminium-carbon fibre (CARALL) FML were presented. For GLARE and CARALL, while the highest impact energy is considered, a drop by 6% and 17% respectively, was spotted. Moreover for CARALL, a 30% higher energy dissipation capacity from LVI and CAI together was observed, contrary to GLARE. Progressive deformation analysis by means of digital image correlation (DIC) showed that presence of post-impact damage enforces the direction of halfwave formation and causes stress concentration around impact point. Non-destructive testing proved that damaged area rises even 100 times due to CAI, upon comparing the damaged area after LVI. Analysis of assumed force thresholds proved that intensive damage propagation is present scarcely on high force values (around 92.5% of critical failure force), suggests the approximately constant energy accumulation in material. The plastic strain of metal layers and delaminations were claimed as dominant damage mechanisms absorbing the acting energy.

Keywords: fibre metal laminate; compression after impact (CAI); damage analysis; digital image correlation; residual strength; damage tolerance

REAKCYJNE SPIEKANIE KOMPOZYTÓW Z WYKORZYSTANIEM METODY FAST/SPS

Paweł Hyjek, Iwona Sulima

*Instytut Nauk Technicznych, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie,
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Polska.
pawel.hyjek@up.krakow.pl*

W badaniach wytworzono metodą FAST/SPS (Field Assisted Sintering Technique/Spark Plasma Sintering) kompozyty o osnowie Ni63Al37 wzmacniane dwuborkiem tytanu, stosując w tym celu dwa różne urządzenia do spiekania impulsowego. Podjęto próbę porównania urządzeń LSP100 firmy dr Fritch i HP D5 firmy FCT Systeme GmbH, jako potencjalnego narzędzia do wytwarzania kompozytów niklowo-aluminiowych. Parametry testu spiekania tj. temperatura, siła, atmosfera, wymiary próbki, parametry prądowe (impulsowe), czas nagrzewania, czas spiekania i czas chłodzenia w obu przypadkach były jednakowe. W trakcie wytwarzania materiału niklowo-aluminiowego, na granicy kontaktu cząstek proszku, blisko temperatury topnienia aluminium inicjowana jest reakcja egzotermiczna. W wyniku tego procesu następuje wzrost ciepła (temperatury) oraz nagła zmiana wymiaru spiekanego materiału (obserwowana jako nagły ruch/przemieszczenie stempla). Obserwowane to było w czasie rzeczywistym w trakcie prowadzenia procesu spiekania oraz zapisane zostało dla porównania przebiegu poszczególnych testów. Dodatkowo określono właściwości spiekanych kompozytów NiAl/ TiB₂, takie jak: gęstość, porowatość, moduł Younga, twardość Vickersa (HV1).

Słowa kluczowe: Spiekanie FAST/SPS, kompozyty niklowo-aluminiowe, kompozyt wzmacniany dwuborkiem tytanu, spiekanie reakcyjne

REACTIVE SINTERING OF COMPOSITES USING THE FAST/SPS METHOD

Paweł Hyjek, Iwona Sulima

*Institute of Technology, Pedagogical University of Krakow, Podchorazych 2 St., 30-084 Krakow,
Poland; pawel.hyjek@up.krakow.pl*

In the tests, Ni₆₃Al₃₇ matrix composites reinforced with titanium diboride were produced by the FAST/SPS (Field Assisted Sintering Technique/Spark Plasma Sintering) method, using two different impulse sintering devices. An attempt was made to compare the LSP100 device from Dr. Fritch and the HP D5 from FCT Systeme GmbH as a potential tool for the production of nickel-aluminium composites. The parameters of the sintering test, i.e. temperature, force, atmosphere, sample dimensions, current (impulse) parameters, heating time, sintering time and cooling time were the same in both cases. During the production of the nickel-aluminum material, an exothermic reaction is initiated at the contact boundary of the powder particles, close to the melting point of aluminum. As a result of this process, there is an increase in heat (temperature) and a sudden change in the dimension of the sintered material (observed as a sudden movement / displacement of the punch). This was observed in real time during the sintering process and was recorded for comparison of the course of individual tests. Additionally, the properties of sintered NiAl/TiB₂ composites such as: density, porosity, Young's modulus, Vickers hardness (HV1) were determined.

Keywords: FAST/SPS sintering, nickel-aluminium composites, titanium diboride reinforced composite, reactive sintering

WYTWARZANIE I WŁAŚCIWOSCI KOMPOZYTÓW Cu/ZrB₂ WYTWARZANYCH METODĄ ISKROWEGO SPIEKANIA

Iwona Sulima¹, Paweł Hyjek¹, Marcin Podsiadło²

¹ Instytut Nauk Technicznych, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków
iwona.sulima@up.krakow.pl

² Sieć Badawcza Łukasiewicz - Krakowski Instytut Technologiczny, ul. Zakopiańska 73, 30-418 Kraków

Dwuborek cyrkonu (ZrB₂) jest atrakcyjnym materiałem ceramicznym stosowanym coraz częściej jako faza wzmacniająca materiały kompozytowe, ze względu na jego wysoką temperaturę topnienia oraz bardzo dobrą kombinację właściwości mechanicznych i tribologicznych [1-3]. Głównym celem badań było określenie wpływu warunków spiekania (temperatury i ciśnienia) i ilości fazy wzmacniającej na mikrostrukturę oraz właściwości fizyczne, mechaniczne i elektryczne kompozytów na osnowie miedzi. Kompozyty Cu/ZrB₂ wytworzono metodą iskrowego spiekania plazmowego (FAST/SPS). Proces spiekania przeprowadzono w temperaturze 850°C, 900°C i 950°C przy ciśnieniu 20MPa i 35MPa. Następnie określono gęstość, moduł Younga, twardość i właściwości elektryczne spieków kompozytowych. Charakterystykę kompozytów przeprowadzono za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej i skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM).

Kompozyty spiekane w temperaturze 850°C charakteryzowały się bardzo wysokim stopniem konsolidacji (gęstość pozorna w zakresie 90-98%). Najlepsze właściwości fizyczne i mechaniczne uzyskano dla kompozytów spiekanych w temperaturze 850°C i przy ciśnieniu 35MPa. Zaobserwowano wzrost gęstości, modułu Younga i twardości wraz ze wzrostem temperatury spiekania. Wyniki wykazały, że zawartość ZrB₂ istotnie wpływała na właściwości kompozytów na osnowie miedzi. Wyższa zawartość fazy wzmacniającej w miedzianej osnowie wpływa na poprawę gęstości, modułu Younga i twardości przy jednoczesnym zmniejszeniu przewodności elektrycznej spiekanych kompozytów.

Słowa kluczowe: kompozyty, Iskrowe spiekanie plazmowe (FAST/SPS), dwuborek cyrkonu (ZrB₂)

Literatura:

1. C. Mroz, Zirconium Diboride, J.Am.Ceram. Soc. Bull., **73**,6 (1994) 141-141
2. S. Sivakumar, B.R. Golla, K.V. Rajulapati, Ceram. Int., **45** (2019) 7055-7070
3. Sulima, P. Hyjek, M. Podsiadło, Materials, **14** (2021) 4056

MANUFACTURING AND PROPERTIES OF THE Cu/ZrB₂ COMPOSITES PRODUCED BY SPARK PLASMA SINTERING

Iwona Sulima¹, Paweł Hyjek¹, Marcin Podsiadło²

¹ *Institute of Technology, Pedagogical University of Krakow, Podchorążych 2 St., 30-084 Krakow*

iwona.sulima@up.krakow.pl

² *Lukasiewicz Research Network-Krakow Institute of Technology, Zakopianska 73 St., 30-418 Krakow,*

Zirconium diboride (ZrB₂) is an attractive ceramic material used as a reinforcing phase for the composites due to its high melting point and very good combination of the mechanical and tribological properties [1-3]. The aim of the research was to determine the effect of the sintering conditions (temperature and pressure) and the ZrB₂ content on the microstructure and physical, mechanical and electrical properties of the copper matrix composites. The Cu/ZrB₂ composites were consolidated by Spark Plasma Sintering (FAST/SPS). The sintering process was carried out at the temperature of 850°C, 900°C and 950°C at the pressure of 20MPa and 35MPa. For the tested composites, the density, porosity, Young's modulus, hardness and conductivity were measured. The characterization of the composites was performed through X-ray Diffraction and Scanning Electron Microscope (SEM).

Composites sintered at 850°C exhibit very high degree of consolidation. For these materials, the apparent density was in the range of 90-98%. The results show that the density, Young modulus and hardness increased with increasing sintering temperature. The best physical and mechanical properties was obtained for the composites sintered at 850°C-35MPa. The results showed that the ZrB₂ content significantly affected the tested properties of the copper matrix composites. The higher content of ZrB₂ in the copper matrix is responsible for the improvement in density, Young's modulus and hardness with the reduction of the conductivity of sintered composites.

Keywords: composites, Spark Plasma Sintering (FAST/SPS), zirconium diboride (ZrB₂)

References:

1. C. Mroz, Zirconium Diboride, J.Am.Ceram. Soc. Bull., **73**,6 (1994) 141-141
2. S. Sivakumar, B.R. Golla, K.V. Rajulapati, Ceram. Int., **45** (2019) 7055-7070
3. I. Sulima, P. Hyjek, M. Podsiadło, Materials, **14** (2021) 4056

**FUNKCJONALIZACJA POWIERZCHNI NANOCZĄSTEK
WĘGLIKA BORU I OCENA ICH POTENCJALNEGO**

ZASTOSOWANIA JAKO NOŚNIKA W TERAPII BOROWO-NEUTRONOWEJ

Dawid Kozieln¹, Karolina Krygowska¹, Paulina Żeliszewska², Bożena Szermer-Olearnik³, Anna Wróblewska³, Agnieszka Szczygiel³, Katarzyna Węgierek-Ciura³, Jagoda Mierzejewska³, Elżbieta Pajtasz-Piasecka³, Zbigniew Pędzich¹

¹ Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, Mickiewicza 30-059 Kraków, Polska

² Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk, ul. Niezapominajek 8, 30-239 Kraków, Polska

³ Instytut Immunologii i Terapii Doświadczalnej im. Ludwika Hirszfelda Polskiej Akademii Nauk, ul. R. Weigla 12, 53-114 Wrocław, Polska

Węgiel boru znalazł zastosowanie w medycynie jako nośnik boru w terapii (BNCT). Terapia polega na „wprowadzaniu” związków boru do komórek lub tkanek nowotworowych i naświetlaniu ich niskoenergetycznymi neutronami epitermalnymi.

W ramach badań określono interakcje między nanocząstkami węgla boru bogatego w bor, a wybranymi komórkami nowotworowymi i fagocytyującymi. Przeprowadzono eksperymenty miały na celu zbadanie możliwości zastosowania nanocząstek węgla boru jako nośnika boru w terapii wychwytu neutronów boru. Nanoproszki B₄C zsyntetyzowano metodą syntezy bezpośredniej z pierwiastków [1]. Otrzymane proszki węgla boru funkcjonalizowano poprzez zmianę powierzchni węgla boru oraz występujących na jego powierzchni grup funkcyjnych. Cytotoksyczność B₄C i jej wpływ na żywotność komórek określono w ramach badań biologicznych przeprowadzonych na otrzymanych nośnikach boru. Ponadto oceniono aktywność metaboliczną komórek na podstawie poziomu uwalniania tlenu azotu oraz całkowitej ilości białka.

W toku prac sprawdzono również potencjalne oddziaływanie nanocząstek węgla boru ze środowiskiem guza w kontekście terapii borowo-neutronowej oraz podjęto próby sfunkcjonalizowania otrzymanych cząstek z wykorzystaniem „nośników komórkowych” [2].

Słowa kluczowe: Węgiel Boru (B₄C), BNCT, Funkcjonalizacja, Aminokwasy, Sacharydy

Literatura:

1. Zgłoszenie Patentowe: "Sposób otrzymywania nanocząstek węgla boru", o numerze: P.440310
2. Zgłoszenia Patentowe: "Sposób wytwarzania nanocząstek węgla boru o zmodyfikowanej powierzchni, przeznaczonych do stosowania jako nośniki boru w terapii borowo-neutronowej", o numerze: P.442942 i P.442943

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (Grant nr UMO-2019/33/B/NZ5/02212) oraz z projektu Miniatura 2021/05/X/ST8/01051

FUNCTIONALIZATION OF THE SURFACE OF BORON-RICH BORON CARBIDE NANOPARTICLES AND ASSESSMENT OF

THEIR POTENTIAL APPLICATION AS A CARRIER IN BORON-NEUTRON THERAPY

Dawid Kozieln¹, Karolina Krygowska¹, Paulina Żeliszewska², Bożena Szermer-Olearnik³, Anna Wróblewska³, Agnieszka Szczygieł³, Katarzyna Węgierek-Ciura³, Jagoda Mierzejewska³, Elżbieta Pajtasz-Piasecka³, Zbigniew Pędzich¹

¹AGH University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Ceramics and Refractories, Mickiewicza, 30-059 Cracow, Poland

²Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland

³Hirszfeld Institute of Immunology and Experimental Therapy, Polish Academy of Sciences, Wrocław, Poland

In recent years, boron carbide has been used in medical applications, for example, as a carrier in boron neutron capture therapy (BNCT). BNCT is based on the "introduction" of boron compounds into tumor cells or tissues and their irradiation with low-energy epithermal neutrons. As a result, the stable isotope of boron-10 breaks down, producing high-energy alpha particles and recoiling the lithium-7 nuclei.

This study aimed to investigate the interaction between boron-rich boron carbide nanoparticles and selected tumor and immune phagocytic cells. Experiments were performed to investigate the feasibility of the application of boron carbide nanoparticles as a boron carrier in boron neutron capture therapy. B₄C nanopowders were synthesized using direct synthesis method from elements [1]. The obtained boron carbide powders were functionalized by changing the surface of boron carbide and the functional groups present on its surface. The cytotoxicity of B₄C and its influence on cell viability were determined as part of the biological tests performed on the obtained boron carriers. Moreover, the metabolic activity of the cells was assessed based on the nitric oxide release level and the total amount of protein.

In the course of the work, the potential interaction of boron carbide nanoparticles with the tumor environment in the context of boron-neutron therapy was also checked, and attempts were made to functionalize the obtained particles with the use of "cell carriers"[2].

Keywords: Boron Carbide (B₄C), BNCT, Functionalization, Amino Acids, Saccharides

References:

1. Patent Application: "Method of obtaining boron carbide nanoparticles", number: P.440310
2. Patent Applications: "Method of producing surface-modified boron carbide nanoparticles, intended for use as boron carriers in boron-neutron therapy", number: P.442942 and P.442943

The research was financed by the National Science Center (Grant No. UMO-2019/33/B/NZ5/02212) and the Miniatura project 2021/05/X/ST8/01051

OCHRONNE POWŁOKI WIELOWARSTWOWE DO ZASTOSOWANIA W MAGAZYNOWANIU ENERGII CIEPLNEJ

Natalia Rażny¹, Krzysztof Naplocha¹

¹ *Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Inżynierii Elementów Lekkich, Odlewnictwa i Automatyki, Wrocław, Polska; email: natalia.razny@pwr.edu.pl*

Zapotrzebowanie energetyczne na świecie stale wzrasta, niesłabnącą tendencją wykazuje się między innymi zapotrzebowanie na energię ciepłą. Liczne metody pozyskiwania energii ciepłej, jak zastosowanie paneli słonecznych lub odzyskiwanie energii odpadowej w procesach przemysłowych, wymagają odpowiedniego jej zagospodarowania lub magazynowania do użycia w późniejszym czasie. W tym celu wykorzystywane są magazyny ciepła utajonego (ang. Latent Heat Thermal Energy Storage – LHTES), w których energia magazynowana jest podczas przemiany fazowej materiału zmiennofazowego (ang. Phase Change Material – PCM). Jednak PCMy, zwłaszcza stosowane w magazynowaniu energii słonecznej, to głównie hydraty soli, cechujące się niską przewodnością ciepłą i korozyjnym charakterem. W celu poprawienia przewodności ciepłej w LHTES, czyli zwiększeniu szybkości ładowania oraz rozładowywania akumulatora, stosuje się metalowe wymienniki ciepła, które są zabezpieczane przeciwkorozyjnie z użyciem różnorodnych powłok ochronnych. Jedną z nich jest plazmowe utlenianie elektrolityczne (ang. Plasma Electrolytic Oxidation). Możliwe jest również stosowanie wielu powłok, z których zewnętrzne może pełnić rolę uszczelniającego wewnętrzne pokrycie. Jako warstwy dodatkowe mogą służyć powłoki uzyskiwane metodą zol-żel, napylania, a także nanoszenie powłok polimerowych. Otrzymane powłoki ograniczają znacznie kontakt materiału wymiennika z agresywnym środowiskiem stopionych soli, dzięki czemu metal nie ulega korozji, wydłużając w ten sposób życie akumulatora ciepła.

Słowa kluczowe: TES, PCM, korozja, PEO, wymiennik ciepła

PROTECTIVE MULTILAYER COATINGS FOR USE IN THERMAL ENERGY STORAGE

Natalia Rażny¹, Krzysztof Naplocha¹

¹ *Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Lightweight Elements Engineering, Foundry and Automation, Wrocław, Poland; email: natalia.razny@pwr.edu.pl*

The world's energy demand is steadily increasing, an unwavering tendency demonstrated, among other things, by the need for thermal energy. Numerous methods of obtaining thermal energy, such as the use of solar panels or the recovery of waste energy in industrial processes, require that it is properly utilized or stored for use in a future period. Latent Heat Thermal Energy Storage (LHTES), in which energy is stored during the phase change of a Phase Change Material (PCM), can be used for this purpose. However, PCMs, especially those used in solar energy storage, are mainly salt hydrates, characterized by low thermal conductivity and corrosive nature. In order to improve the thermal conductivity in LHTES, that is, to increase the charging and discharging rate of the tank, metal heat exchangers are used, and protected against corrosion with a variety of protective coatings. One of these is plasma electrolytic oxidation (Plasma Electrolytic Oxidation). It is also possible to use multiple coatings, of which the outer coating can act as a sealant for the inner coating. Coatings obtained by sol-gel, sputtering, as well as the application of polymer coatings can serve as additional layers. The resulting coatings significantly reduce the contact of the exchanger material with the aggressive environment of molten salts, so that the metal does not corrode, thus extending the life of the heat accumulator.

Keywords: TES, PCM, corrosion, PEO, heat exchanger

WPŁYW TEMPERATURY NA EKSPLOATACJĘ MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH O OSNOWIE POLIMEROWEJ

Piotr Zagulski, Łukasz Gorycki

Politechnika Świętokrzyska, aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska

E-mail: piotrzagulski1993@gmail.com

W artykule przedstawiono wpływ temperatury na charakterystyki wytrzymałościowe kompozytu warstwowego. Opierając się o normę ISO 527 porównano właściwości wytrzymałościowe czterowarstwowego kompozytu szklanego o osnowie polimerowej. Po zakończeniu procesów utwardzania próbki poddane zostały procesowi dotwardzania.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można zaobserwować poprawę własności wytrzymałościowych kompozytów warstwowych po przeprowadzeniu procesu dotwardzania.

Słowa kluczowe: kompozyt, wytrzymałość, dotwardzanie, osnowa polimerowa

Literatura:

1. D. Aczel: "Statystyka w zarządzaniu", Edycja 2. Wydawnictwo Naukowe PWN
2. R. Chatys, K. Piernik: "Modelowanie właściwości mechanicznych wyrobów lotniczych wytworzonych z kompozytów wzmocnionych włóknami", Przetwórstwo Tworzyw, 2015
3. R. Chatys: "Application of the Markov chain theory in estimating the strength of fiber-layered composite structures with regard to manufacturing aspects", Advances in Science and Technology. Research Jurnal, 2020
4. K. Dems, E. Radaszewska: "Modelowanie własności termicznych w wielowarstwowym materiale kompozytowym", Modelowanie Inżynierskie, 2006

TEMPERATURE INFLUENCE ON THE EXPLOITATION OF POLYMER MATRIX COMPOSITE MATERIALS

Piotr Zagulski, Łukasz Gorycki

*Politechnika Świętokrzyska, aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, Polska
E-mail: piotrzagulski1993@gmail.com*

This paper presents the effect of temperature on the strength characteristics of a sandwich composite. Based on ISO 527, the strength properties of a four-layer polymer matrix glass composite were compared. After the curing processes, the specimens were subjected to a post-curing process.

Based on the results obtained, an improvement in the strength properties of the layered composites can be observed after the post-curing process.

Keywords: composite, durability, post-curing, polymer matrix

References:

1. A. D. Aczel: "Statystyka w zarządzaniu", Edycja 2. Wydawnictwo Naukowe PWN
2. R. Chatys, K. Piernik: "Modelowanie właściwości mechanicznych wyrobów lotniczych wytworzonych z kompozytów wzmocnionych włóknami", Przetwórstwo Tworzyw, 2015
3. R. Chatys: "Application of the Markov chain theory in estimating the strength of fiber-layered composite structures with regard to manufacturing aspects", Advances in Science and Technology. Research Journal, 2020
4. K. Dems, E. Radaszewska: "Modelowanie własności termicznych w wielowarstwowym materiale kompozytowym", Modelowanie Inżynierskie, 2006

BADANIA CIŚNIENIOWE INTELIGENTNEGO ZBIORNIKA KOMPOZYTOWEGO Z UCHYLNĄ DENNICĄ

Michał Barcikowski¹, Wojciech Błażejewski¹, Michał Stosiak¹, Grzegorz Lesiuk¹, Marek Lubecki¹, Paweł Stabla¹, Michał Smolnicki¹, Paweł Bury¹, Krzysztof Towarnicki¹, Joanna Warycha¹, Szymon Duda¹, Zuzanna Pacholec¹, Karolina Paczkowska¹, Monika Mszyca¹

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, michal.barcikowski@pwr.edu.pl

Zbiorniki ciśnieniowe stosowane w przemyśle chemicznym narażone są na korozję z powodu działania agresywnych czynników chemicznych. W odpowiedzi na te wymagania rośnie popularność kompozytowych zbiorników ciśnieniowych. Jednakże, utrudnieniem w przypadku kompozytowych zbiorników jest wykonanie dużego otwarcia. Nasz zbiornik został zaprojektowany, aby rozwiązać te sprzeczne wymagania. Ma on "inteligentną konstrukcję", z zestawem czujników do monitorowania odkształceń i uszkodzeń. Przeznaczony jest dla przemysłu chemicznego jako zbiornik magazynowy lub procesowy. Ciśnienie pracy zbiornika to 6 bar, ciśnienie niszczące 21 bar. Docelowe zbiorniki w projekcie mają mieć średnicę do 3000 mm i długość do 10 000 mm.

Zaprojektowane przez nas zbiorniki występują w dwóch rozmiarach (S/M): średnica zewnętrzna – 286/710 mm, długość części cylindrycznej – 650/2100 mm, długość całkowita – 860/2210 mm, grubość ścianki kompozytowej – 4/7 mm, grubość lineru 4 mm, średnica otworu rewizyjnego – 160/335 mm. Zbiorniki zostały wykonane z żywicy epoksydowej i włókna szklanego w technologii nawijania na polipropylenowym linerze. Zwężka kołnierzowa i wzmocnienie dennicy dolnej wykonane zostały technologią laminowania kontaktowego. Zbiorniki zostały zaopatrzone w czujniki odkształcenia (tensometry, czujniki światłowodowe) oraz czujniki emisji akustycznej i poddane próbie ciśnieniowej (medium: woda). Odkształcenia zbiorników zostały zarejestrowane i porównane z odkształceniami modelowanymi metodą elementów skończonych. Zmierzone odkształcenia zbiorników mają dużą zgodność z odkształceniami modelowanymi MES. Emisja akustyczna pozwala na lokalizację i klasyfikację powstających uszkodzeń. Zdecydowana większość zdarzeń EA ma niską amplitudę i częstotliwość zbliżoną do 150 kHz. Wskazuje to, że dominującym mechanizmem uszkodzenia obserwowanym w części cylindrycznej zbiornika było pękanie osnowy i tarcie.

Praca realizowana w ramach projektu NCBIR "Ścieżka dla Mazowsza 2019" MAZOWSZE/0141/19-00 pt.: „Opracowanie inteligentnej konstrukcji zbiornika kompozytowego z uchylną dennicą”

Słowa kluczowe: zbiornik ciśnieniowy, próby ciśnieniowe, emisja akustyczna

PRESSURE TESTING OF AN INTELLIGENT COMPOSITE TANK WITH A LARGE OPENING

Michał Barcikowski¹, Wojciech Błażejowski¹, Michał Stosiak¹, Grzegorz Lesiuk¹, Marek Lubecki¹, Paweł Stabla¹, Michał Smolnicki¹, Paweł Bury¹, Krzysztof Towarnicki¹, Joanna Warycha¹, Szymon Duda¹, Zuzanna Pacholec¹, Karolina Paczkowska¹, Monika Mszycia¹

¹ *Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland, michal.barcikowski@pwr.edu.pl*

Pressure vessels used in the chemical industry are exposed to corrosion due to aggressive chemical agents. In response to these requirements, the popularity of composite pressure vessels is growing. However, the difficulty with composite tanks is to make a large opening. Our tank was designed to solve these conflicting requirements. It has an "intelligent design", with a set of sensors to monitor deformation and damage. It is designed for the chemical industry as a storage or process tank. The working pressure of the tank is 6 bar, the bursting pressure is 21 bar. The target tanks in the project are to have a diameter of up to 3,000 mm and a length of up to 10,000 mm.

The tanks designed by us are available in two sizes (S/M): outer diameter - 286/710 mm, length of the cylindrical part - 650/2100 mm, total length - 860/2210 mm, thickness of the composite wall - 4/7 mm, thickness of the liner 4 mm, inspection hole diameter - 160/335 mm. The tanks are made of epoxy resin and fiberglass in the technology of winding on a polypropylene liner. The flange reducer and bottom end reinforcement are made with contact lamination technology. The tanks were equipped with deformation sensors (strain gauges, fiber optic sensors) and acoustic emission sensors and subjected to a pressure test (medium: water). Tank deformations were recorded and compared with deformations modeled using the finite element method. The measured deformations of the tanks are highly consistent with the FEM modeled deformations. Acoustic emission allows for localization and classification of damages. The vast majority of EA events have a low amplitude and frequency close to 150 kHz. This indicates that the dominant damage mechanism observed in the cylindrical part of the tank was cracking of the matrix and friction.

Work carried out as part of the NCBIR project "Ścieżka dla Mazowsza 2019" MAZOWSZE/0141/19-00 entitled: "Development of an intelligent construction of a composite tank with an opening dome "

Keywords: pressure vessel, pressure testing, acoustic emission

DOŚWIADCZALNA ANALIZA ROZWIĄZAŃ OPILOTU DENNIC KOMPOZYTOWYCH ZBIORNIKÓW CIŚNIENIOWYCH

Zuzanna Pacholec¹, Wojciech Błażejewski¹, Michał Barcikowski¹, Michał Stosiak¹,
Grzegorz Lesiuk¹, Paweł Stabla¹, Michał Smolnicki¹, Paweł Bury¹, Krzysztof Towarnicki¹,
Joanna Warycha¹, Szymon Duda¹, Michał Krzysztoporski¹, Karolina Paczkowska¹,
Monika Mszyca¹

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny,
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Polska, zuzanna.pacholec@pwr.edu.pl

W czasie projektowania zbiorników kompozytowych próbuje się wykorzystać szereg uproszczonych, tanich metod badawczych, pozwalających na określenie możliwie najlepszych parametrów konstrukcyjnych i technologicznych. W pracy zaproponowano analizę warstwy wzdłużnej kompozytowego opłotu nośnego zbiornika. Nawijanie wzdłużne musi zapewniać wzmocnienie osiowe, równowagę ułożenia (niezsuvanie się), a także dobre wzmocnienie króćca. W naszym projekcie analizowano zbiornik kompozytowy o możliwie największej średnicy króćca, czyli podjęto zadanie optymalizacji ułożenia włókna w celu uzyskania jak największej średnicy króćca wyjściowego w stosunku do średnicy zbiornika. Przyjęto, że decydującą rolę będą odgrywać zagadnienia ścinania międzywarstwowego pomiędzy wiązkami ułożonymi na dennicy w obszarze przy króćcu. Zaproponowano układ badawczy złożony z dwóch czasz – dennic zbiorników – które będą rozciągane osiowo wraz z naniesionym opłotem wzdłużnym. Na nawijarce zaprojektowano i wykonywano jedną warstwę opłotu wzdłużnego, przy wykorzystaniu rowingu szklanego. W przedstawionych wynikach badań testowano układ średnicy króćca / średnicy zbiornika – 100/160 mm. Uzyskane efekty zniszczenia opłotu i siły niszczącej świadczą o rezerwie wytrzymałości dobranego układu. Oznacza to, że w następnej próbie można zwiększyć średnicę króćca do np. 110 mm. Kolejnymi aspektami badawczymi są: zmniejszanie kąta nawijania przez wydłużanie części cylindrycznej oraz dobór kąta opasania króćca wyjściowego. Układ jest modelowany z wykorzystaniem MES.

Praca realizowana w ramach projektu NCBIR "Ścieżka dla Mazowsza 2019" MAZOWSZE/0141/19-00 pt.: „Opracowanie inteligentnej konstrukcji zbiornika kompozytowego z uchylną dennicą”

Słowa kluczowe: zbiornik ciśnieniowy, nawijanie włókna, badania wytrzymałościowe.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BRAIDING SOLUTIONS FOR DOMES OF COMPOSITE PRESSURE VESSELS

Zuzanna Pacholec¹, Wojciech Błażejowski¹, Michał Barcikowski¹, Michał Stosiak¹,
Grzegorz Lesiuk¹, Paweł Stabla¹, Michał Smolnicki¹, Paweł Bury¹, Krzysztof Towarnicki¹,
Joanna Warycha¹, Szymon Duda¹, Michał Krzysztoporski¹, Karolina Paczkowska¹,
Monika Mszyca¹

¹ *Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Wybrzeże
Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland, zuzanna.pacholec@pwr.edu.pl*

In the design of composite pressure vessels, a lot of simplified, cheap research methods are used to determine the best possible construction and technological parameters. The paper proposes an analysis of the longitudinal layer of the composite pressure vessels braid. Longitudinal winding must provide axial reinforcement, positioning balance of fiber (not slipping) and good boss reinforcement. In our project, a composite tank with the largest possible boss diameter was analysed. Thus, the task of optimizing the arrangement of the fiber was undertaken in order to obtain the largest possible diameter of the boss in relation to the diameter of the tank. It was assumed that the decisive role will be played by the issues of interlaminar shearing between bundles laid on the bottom in the area near the boss. The proposed test system consists of two bowls, tank bottoms, which will be stretched axially together with the applied longitudinal braid. One layer of the longitudinal braid was designed and made on a filament winder, using glass roving. In the presented test results, the system of boss diameter / tank diameter - 100/160 mm was tested. The obtained effects of braid destruction and destructive force testify to the strength reserve of the selected system. This means that in the next attempt one can increase the diameter of the boss to, for example, 110 mm. Further research aspects are: reducing the winding angle by extending the cylindrical part, and selecting the wrap angle of the boss. The system is modelled using FEM.

Work carried out as part of the NCBIR project "Ścieżka dla Mazowsza 2019" MAZOWSZE/0141/19-00 entitled: "Development of an intelligent construction of a composite tank with an opening dome "

Keywords: pressure vessel, filament winding, strength tests.

OCENA ZNISZCZENIA PANELU O STRUKTURZE KOMPOZYTOWEJ PRZEZNACZONEGO DO ZABUDOWY MOBILNEJ PRACOWNI MRI

Maciej Dyzia¹, Anna Janina Dolata¹, Rafał Burdzik², Łukasz Konieczny², Adam Mańka²

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Katowice, Polska.

² Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Katowice, Polska.
maciej.dyzia@polsl.pl

Główną zaletą materiałów kompozytowych jest możliwość projektowania ich właściwości już na etapie doboru komponentów tworzących strukturę materiału. W przypadku kompozytów warstwowych daje to możliwość takiego ułożenia warstw względem siebie i zarazem przyjętego arbitralnie układu odniesienia, które zapewni uzyskanie wymaganych właściwości konstrukcji w zakresie jej sztywności. O cechach sprężystych materiałów kompozytowych decydują dwa główne czynniki – dobór materiału osnowy i zbrojenia oraz sekwencja ułożenia warstw.

W ramach zrealizowanych badań dokonano oceny właściwości komponentów przeznaczonych do wytworzenia warstwowych paneli o strukturze kompozytowej, które będą zabudowane jako ściana na podwoziu naczepy przewożącej mobilną pracownię MRI. W badaniach wykorzystano maszynę wytrzymałościową Shimadzu AGX-V 50kN z oprogramowaniem TrapeziumX skonfigurowanym z układem do rejestracji wideo przebiegu próby. W badaniach wykorzystano próbki wycięte z paneli o strukturze kompozytowej wykonanych w warunkach przemysłowych.

Słowa kluczowe: kompozyty warstwowe, badania wytrzymałościowe, mechanizm zniszczenia

ASSESSMENT OF FAILURE MECHANISM OF A COMPOSITE PANEL INTENDED FOR INSTALLATION AT THE MOBILE MRI LAB

Maciej Dyzia¹, Anna Janina Dolata¹, Rafał Burdzik², Łukasz Konieczny², Adam Mańka²,

¹ *Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Katowice, Poland.*

² *Silesian University of Technology, Faculty of Transport and Aviation Engineering, Katowice, Poland.*
maciej.dyzia@polsl.pl

The main advantage of composite materials is the ability to design their properties already at the stage of selecting the components that created the structure of the material. In the case of layered composites, this gives the possibility of such arranging of layers in relation to each other and, at the same time, an arbitrary reference system that will ensure the achievement of the required properties of the structure in terms of its stiffness. The elastic properties of composite materials are determined by two main factors - the selection of the matrix and reinforcement material and the sequence of layer arrangement.

As part of the conducted research, the properties of components intended for the production of sandwich panels with a composite structure, which will be built as a wall on the chassis of a semi-trailer carrying a mobile MRI laboratory, were assessed. The Shimadzu AGX-V 50kN testing machine with the TrapeziumX software configured with the system for video recording of the test course was used in the tests. The samples cut from sandwich panels with a composite structure made in industrial conditions were used in the tests.

Keywords: sandwich panels, strength tests, failure mechanism

ASPEKTY TECHNOLOGICZNE INFILTRACJI POROWATYCH STRUKTUR CERAMICZNYCH STOPAMI METALI LEKKICH

Anna Janina Dolata¹, Maciej Dyzia², Aleksander Peryt³

^{1,2,3} Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Polska.
anna.dolata@polsl.pl

Kompozyty o wzajemnie przenikających się strukturach (IPCs) wykazują duży potencjał w wytwarzaniu różnorodnych wyrobów narażonych na działanie podwyższonej temperatury oraz warunków intensywnego zużycia, a także elementów o niskim współczynniku tarcia i wysokiej zdolności tłumienia drgań. Metody otrzymywania IPCs bazują na procesach infiltracji porowatych preform ceramicznych ciekłym stopem metalu, które można podzielić na dwie główne grupy, takie jak: (1) infiltracja spontaniczna (bezciśnieniowa), w której istotną rolę odgrywają zjawiska zwilżania i kapilarności oraz (2) infiltracja wymuszona (ciśnieniowa), w której dodatkowe ciśnienie zewnętrzne wspomaga przepływ metalu i nasycenie struktury porowatej (Rys. 1).

W badaniach własnych skoncentrowano się na rozwoju technik niskociśnieniowych, tj. infiltracja gazowo-ciśnieniowa (GPI) oraz infiltracja odśrodkowa (CI). Zaletą opracowanych metod jest niskie ciśnienie infiltracji (do 4 MPa), które nie powoduje uszkodzenia struktury przestrzennej, zapewnia jej pełne nasycenie metalem i umożliwia uzyskanie funkcjonalnych materiałów kompozytowych o wzajemnie przenikającej się strukturze metalu i ceramiki.

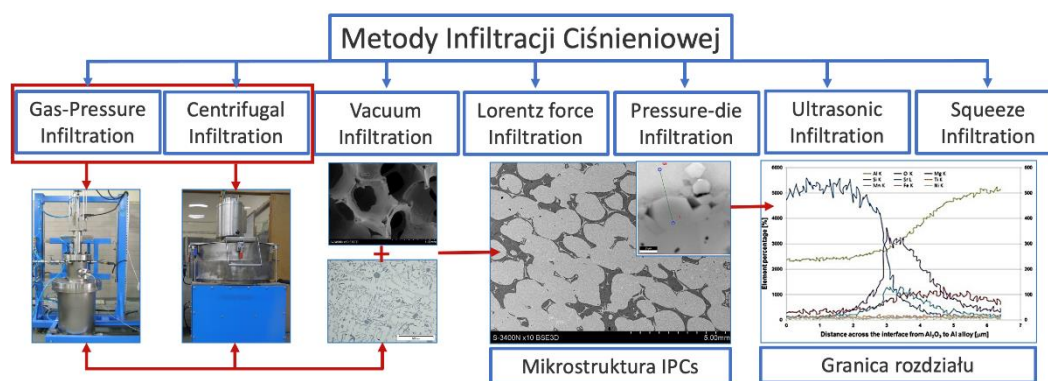


Fig. 1. Ciśnieniowe metody infiltracji stosowane do wytwarzania IPCs

Słowa kluczowe: kompozyty metalowo-ceramiczne (IPCs), metody infiltracji niskociśnieniowej, mikrostruktura, granica międzyfazowa

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF POROUS CERAMIC NETWORKS INFILTRATED WITH LIGHT METAL ALLOYS

Anna Janina Dolata¹, Maciej Dyzia², Aleksander Peryt³

^{1,2,3} *Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering, Poland*
anna.dolata@polsl.pl

Interpenetrating metal-ceramic composites (IPCs) show a great potential for obtaining various products exposed to the impact of elevated temperature, elements subjected to intensive wear and also components in with low friction coefficient and high vibration damping capacity. The methods of obtaining such advanced composites are based on the infiltration of open-cell porous ceramic preforms with a liquid metal alloy. The processes of infiltration can be divided into two main groups, i.e.: (1) spontaneous infiltration (pressureless infiltration), in which the phenomena of wetting and capillarity play an important role and (2) forced infiltration (pressure infiltration) where additional pressure supports the metal flow and saturation of the porous structure (Fig. 1).

Our research focuses on the development of two low-pressure techniques, such as gas-pressure infiltration method (GPI) and centrifugal infiltration method (CI). The advantage of the proposed processes is relatively low infiltration pressure (up to 4 MPa), which does not damage the porous ceramic preform and gives completely infiltrated functional composites with interpenetrating metal-ceramic network structure.

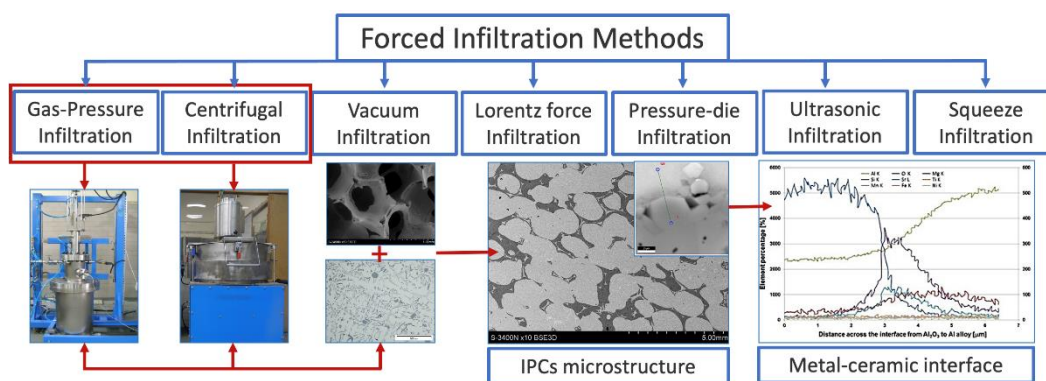


Fig. 1. The forced infiltration methods used to fabrication of IPCs

Keywords: interpenetrating metal-ceramic composites (IPCs), low-pressures infiltration, methods, microstructure, interface

WITRYMERY EPOKSYDOWE Z KOWALENCYJNYMI WIĄZANIAM ADAPTACYJNYMI JAKO OSNOWA KOMPOZYTÓW

Simona Furgol¹, Natalia Biernat¹, Damian Kiełkiewicz¹, Anna Janina Dolata²

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Ciepłej Syntezy Organicznej "Blachownia", Kędzierzyn-Koźle,
47-225 Polska

² Politechnika Śląska - Wydział Inż. Materiałowej/Katedra Technologii Materiałów, ul. Krasińskiego 8,
Katowice, 40-019 Polska
simona.furgol@icso.lukasiewicz.gov.pl

Żywice epoksydowe są powszechnie stosowane jako matryce w materiałach kompozytowych, jednak ich poważną wadą jest słaba podatność na recykling. Rozwiązaniem problemu przetwórstwa odpadów tradycyjnych duroplastów są witrymery - materiały wypełniające lukę pomiędzy polimerami termoutwardzalnymi a termoplastycznymi. Tworzywa te, dzięki adaptacyjnym wiązaniom kowalencyjnym (CAN), posiadają właściwości charakterystyczne dla tworzyw usieciowanych, takie jak stabilność kształtu i odporność chemiczną, natomiast pod wpływem odpowiednich bodźców, takich jak rozpuszczalnik bądź temperatura, ich sieć polimerowa może ulec reorganizacji. Wiązania te mają zdolność do pęknięcia i ponownego odtwarzania, umożliwiając samoleczenie, bądź ponowne przetworzenie utwardzonych żywic epoksydowych posiadających CAN w swej strukturze.

Wybór odpowiedniej osnowy w procesie otrzymywania materiałów kompozytowych decyduje w dużym stopniu o ich właściwościach końcowych. Zastosowanie witrymerów epoksydowych pozwala zarówno na spełnienie wymagań dotyczących wytrzymałości mechanicznej, jak i umożliwi ich późniejszy recykling.

Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań świadczą o możliwości otrzymania matryc na bazie witrymerów epoksydowych o pożądanym właściwościach fizyko-chemicznych oraz dużym potencjale komercyjnym.

Słowa kluczowe: witrymer, kompozyt, kowalencyjne wiązania adaptacyjne

EPOXY VITRIMERS WITH COVALENT ADAPTIVE NETWORKS AS A MATRIX FOR COMPOSITES

Simona Furgol¹, Natalia Biernat¹, Damian Kiełkiewicz¹, Anna Janina Dolata²

¹ *Łukasiewicz Research Network—Institute of Heavy Organic Synthesis "Blachownia", Kędzierzyn-Koźle, 47-225, Poland*

² *Silesian University Of Technology -Faculty of Materials Engineering, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8, Katowice, 40-019 Poland
simona.furgol@icso.lukasiewicz.gov.pl*

Epoxy resins are commonly used as matrices in composite materials, but a major drawback is their poor recyclability. The solution to the problem of processing the waste of traditional duroplastics is vitrification - materials that bridge the gap between thermosetting and thermoplastic polymers. These plastics, thanks to adaptive covalent bonds (CAN), have properties characteristic of cross-linked plastics, such as shape stability and chemical resistance, while under the influence of appropriate stimuli, such as solvent or temperature, their polymer network can be reorganized. These bonds have the ability to fracture and reconstitute, allowing self-healing, or reprocessing of cured epoxy resins having CAN in their structure.

The choice of a suitable matrix in the process of obtaining composite materials determines to a large extent their final properties. The use of epoxy vitrification allows both to meet the requirements for mechanical strength and will enable their subsequent recycling.

The results of the studies carried out so far testify to the possibility of obtaining matrices based on epoxy vitrification with desirable physical and chemical properties and high commercial potential.

Keywords: vitrimer, composite, covalent adaptive networks

OCENA STRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH KOMPOZYTU $\text{AlSi12CuNiMg}/10\text{SiC}_p$

Goftiła Gudeta Sirata¹, Krzysztof Waclawiak², Anna Janina Dolata³, Maciej Dyzia⁴

^{1,2,3,4}*Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej,
Krasieńskiego 8, 40-019 Katowice, Polska.
Goftiła.Gudeta.Sirata@polsl.pl*

Kompozyty o osnowie stopów aluminium (AlMCs) ze zbrojeniem ceramicznym są przedmiotem dużego zainteresowania różnych gałęzi przemysłu, przede wszystkim lotniczego, motoryzacyjnego i elektronicznego. Z uwagi na swoje korzystne właściwości (m.in. stosunkowo niską gęstość ($\sim 2,7 \text{ g/cm}^3$), wysoki stosunek wytrzymałości do masy, podatność na formowanie i obróbkę oraz zwiększoną twardość, sztywność i odporność na zużycie) w wielu zastosowaniach zastępują obecnie stosowane stopy Al. Na właściwości AlMCs istotny wpływ ma charakter zbrojenia, które może mieć postać cząstek, włókien oraz porowatych struktur ceramicznych. Właściwości kompozytów zależą również od metody wytwarzania i doboru parametrów technologicznych. Dlatego, aby w pełni wykorzystać zalety i potencjał kompozytów aluminiowo-ceramicznych, konieczna jest ocena ich mikrostruktury, właściwości mechanicznych i tribologicznych.

W pracy przedstawiono wyniki oceny mikrostruktury i właściwości mechanicznych kompozytu o osnowie stopu AlSi12CuNiMg i 10% udziale wagowym cząstek węgla krzemu ($\text{AlSi12CuNiMg}/10\text{SiC}_p$) otrzymanego metodą mechanicznego mieszania. Strukturę analizowano za pomocą mikroskopii świetlnej (LM) i skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Przeprowadzono próby rozciągania i twardości w celu oceny właściwości mechanicznych osnowy i materiału kompozytowego. Obecność cząstek węgla krzemu (SiC_p) oraz różnych faz międzymetalicznych w stopie osnowy potwierdzono na podstawie dyfrakcji rentgenowskiej (XRD). Analiza mikrostruktury (LM, SEM) wykazała równomierny rozkład SiC_p w osnowie AlSi12CuNiMg . Na podstawie zrealizowanych badań stwierdzono, że obecność twardych cząstek węgla krzemu w stopie AlSi12CuNiMg znacząco poprawia jego właściwości mechaniczne zarówno w temperaturze normalnej, jak i podwyższonej (wytrzymałość, sztywność) oraz wpływa na podwyższenie stabilności termicznej.

Słowa kluczowe: kompozyty o osnowie stopów aluminium (AlMCs), cząstki węgla krzemu (SiC_p), mechaniczne mieszanie, mikrostruktura, właściwości mechaniczne.

EVALUATION OF THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE AlSi12CuNiMg/10SiC_p COMPOSITE

Goftila Gudeta Sirata¹, Krzysztof Wacławiak², Anna Janina Dolata³ and Maciej Dyzia⁴

^{1,2,3,4} *Silesian University of Technology, Faculty of Materials Engineering,
Krasińskiego 8 Str., 40-019 Katowice, Poland.
Goftila.Gudeta.Sirata@polsl.pl*

Aluminum matrix composites (AlMCs) with ceramic reinforcement are the subject of great interest of various industries, mainly in aerospace, automotive and electronics. Currently, they are replacing un-reinforced Al alloys in many applications due to their favourable properties, particularly relatively low density (~2,7 g/cm³), high strength-to-weight ratio, ability to be formed and treated as well as increased hardness, stiffness and wear resistance compared to traditional un-reinforced Al alloys. The properties of the AMCs are significantly affected by the nature of the reinforcement which can be in the form of particles, continuous or discontinuous fibres and porous ceramic networks. Their properties also depend on the selection of the fabrication method and technological parameters. Therefore, in order to completely use advantages and potential of aluminum-ceramic composites, it is necessary to evaluate their microstructure, mechanical and tribological properties.

This work presents the evaluation results of the microstructure and mechanical properties of the AlSi12CuNiMg with 10 wt% SiC_p composite prepared by the stir casting method. The structure of the composite material was analyzed by light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM). Tensile and hardness tests were conducted to evaluate the mechanical properties of the matrix and composite material. Based on X-ray diffraction (XRD), the presence of SiC_p and various intermetallic phases in the matrix alloy have been confirmed. The microstructure analysis (LM, SEM) revealed a uniform distribution of SiC_p in the AlSi12CuNiMg matrix. The obtained results proved that the presence of hard silicon carbide particles in the AlSi12CuNiMg alloy significantly improves the mechanical properties both at normal and elevated temperatures (strength, stiffness) and also thermal stability of the matrix material.

Keywords: aluminum matrix composites (AlMCs), silicon carbide particles (SiC_p), stir casting, microstructure, mechanical properties.

ZASTOSOWANIE SEPARACJI ELEKTROSTATYCZNEJ DO ROZDZIELANIA MIESZANINY Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Wiktoria Kanciak¹, Dorota Czarnecka-Komorowska¹, Cezary Jędrzycka²

¹ Wydział Inżynierii Mechanicznej, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska, e-mail: wiktoria.kanciak@doctorate.put.poznan.pl

² Wydział Automatyki, Robotyki i Elektrotechniki, Politechnika Poznańska, Poznań, Polska

W artykule wykorzystano metodę separacji elektrostatycznej do rozdzielania zmieszanych odpadów polimerowych na różne frakcje materiałowe, z zastosowaniem różnicy we właściwościach tryboelektrycznych. Opisano etapy procesu separacji elektrostatycznej oraz porównano dostępne na rynku technologie i rozwiązania. Na efektywność procesu separacji wpływa wiele czynników, m.in. rodzaj i warunki tarcia, rodzaj składników mieszaniny, metoda wstępnego przygotowania materiału, czas tryboelektryzowania, czy zawartość wilgoci w mieszaninie. W pracy porównano warunki i parametry wpływające na skuteczność separacji zmieszanych tworzyw sztucznych. Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury stwierdzono, że metoda elektrostatyczna w dużej mierze przyczynia się do zwiększenia efektywności procesu recyklingu, co skutkuje zmniejszeniem ilości odpadów na wysypiskach zgodnie z gospodarką w obiegu zamkniętym. Przeprowadzone prace mają charakter wysoce aplikacyjny w branży recyklingu tworzyw sztucznych, jednakże wymagają dalszych badań naukowych w kierunku optymalizacji procesu.

Słowa kluczowe: separacja elektrostatyczna, recykling tworzyw sztucznych, zmieszane odpady polimerowe

THE APPLICATION OF ELECTROSTATIC SEPARATION TO SEPARATE THE MIXED POLYMER WASTE

Wiktoria Kanciak¹, Dorota Czarnecka-Komorowska¹, Cezary Jędrzycka²

¹ *Faculty of Mechanical Engineering, Poznan University of Technology, Poznan, Poland, e-mail:
wiktoria.kanciak@doctorate.put.poznan.pl*

² *Faculty of Control, Robotics and Electrical Engineering, Poznan University of Technology, Poznan,
Poland*

The article describes the use of the electrostatic separation method for separating mixed polymer waste into different material fractions, using the difference in triboelectric properties of polymers. The steps of the electrostatic separation process were described as well as a comparison of available technologies and solutions. The efficiency of the separation process is determined by a number of factors, including the type and conditions of friction, type of the components of the mixture, method of material preparation, time of triboelectrification or amount of humidity in the material mixture. The paper compares conditions and parameters that affect the separation efficiency of mixed polymer materials. Based on the analysis of the literature, it was concluded that the electrostatic separation method contributes significantly to the efficiency of the recycling process, resulting in a reduction of waste in landfills in accordance with a circular economy. The work carried out is highly applicable to the polymer recycling industry, however it requires further scientific research for optimizing the process.

Keywords: electrostatic separation, polymer recycling, mixed polymer waste

WPŁYW KRZEMKÓW MeSi_2 ($\text{Me} = \text{Cr}, \text{Mo}$) NA SPIEKANIE I WŁAŚCIWOŚCI DWUBORKU TYTANU

Kamil Kornaus, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara, Natalia Skorupa,
Zbigniew Pędzich

*Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,
Wydział inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Kraków, Polska;
kornaus@agh.edu.pl*

Dwuborek tytanu, ze względu na swoje właściwości może znaleźć zastosowania wysokotemperaturowe. Jest jednak materiałem trudno spiekalnym, głównie ze względu na znaczny udział wiązań kowalencyjnych w strukturze. W celu uzyskania gęstych ciał TiB_2 stosuje się różne dodatki poprawiające jego spiekalność. W niniejszej pracy zbadano wpływ dodatków krzemkowych MoSi_2 i CrSi_2 na spiekanie i właściwości TiB_2 . Próbki spiekano techniką prasowania na gorąco. Spiekane materiały charakteryzowano pod względem gęstości i mikrostruktury. Określono ich właściwości mechaniczne i chemiczne. Stwierdzono, że otrzymane spieki charakteryzują się gęstością bliską teoretycznej i mikrostrukturą charakterystyczną dla cermetali (TiB_2 - MoSi_2). Zastosowane do spiekania aktywatory nie pogorszyły właściwości mechanicznych spieków TiB_2 . Odporność na utlenianie polikryształów z dodatkiem krzemku chromu sięga 1400°C . Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że CrSi_2 jest obiecującym dodatkiem do spiekania.

Słowa kluczowe: UHTC, TiB_2 , krzemki, HP

Podziękowania: Praca została wykonana w ramach projektu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza (Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie) o numerze: 501.D4.II.696.7996 oraz dotacji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (projekt nr 16.16.160.557).

EFFECT OF MeSi_2 ($\text{Me} = \text{Cr}, \text{Mo}$) SILICIDES ON THE SINTERING AND PROPERTIES OF TITANIUM DIBORIDE

Kamil Kornas, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara, Natalia Skorupa, Zbigniew Pędzich

*AGH University of Science and Technology,
Faculty of Materials Science and Ceramics, Krakow, Poland
korna@s@agh.edu.pl*

Titanium diboride, due to its properties can find high-temperature applications. However, it is a difficult-to-sinter material, mainly because of the significant proportion of covalent bonding in the structure. In order to obtain dense TiB_2 bodies, various additives are used to improve its sinterability. In this study, we investigated effects of MoSi_2 and CrSi_2 silicide additives on sintering and properties of TiB_2 . Samples were sintered using the hot pressing technique. The sintered materials were characterized in terms of density and microstructure. Their mechanical and chemical properties were determined. It was found that the obtained sinters are characterized by near theoretical density and microstructure characteristic for cermets (TiB_2 - MoSi_2). The activators used for sintering did not deteriorate the mechanical properties of TiB_2 sinters. The oxidation resistance of polycrystals with the chromium silicide addition reaches 1400°C . Based on the carried-out studies, CrSi_2 was found to be a promising sintering additive.

Keywords: UHTC, TiB_2 , silicides, HP

Acknowledgement: The work was carried out under the project Excellence Initiative - Research University (AGH-University of Science and Technology, Krakow, Poland) of number: 501.D4.II.696.7996 and subsidy from the Ministry of Education and Science to the AGH University of Science and Technology in Krakow (project no 16.16.160.557).

USUWANIE POWŁOK POLIURETANOWYCH Z KOMPONENTÓW ALUMINIOWYCH PRZY UŻYCIU TECHNIKI LASEROWEJ

Anna Łabęda¹, Rafał Kozera¹, Bartłomiej Przybyszewski¹, Donata Kuczyńska-Zemła¹,
Jarosław Pura¹, Halina Garbacz¹, Anna Boczkowska¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa,
anna.labeda.stud@pw.edu.pl

W niniejszej pracy podjęto zagadnienie usuwania powłok poliuretanowych z komponentów aluminiowych przy użyciu techniki oczyszczania laserowego. Laserowemu usuwaniu poddano poliuretanowe systemy lakiernicze, które nałożone były na stop aluminium 2024 Clad. Próbkę różniły się ilością nałożonych warstw lakierniczych. Obróbka laserowa została wykonana przy wykorzystaniu pulsacyjnego, nanosekundowego lasera.

Przy wykorzystaniu wytypowanego zestawu parametrów pracy lasera oczyszczono próbki w funkcji liczby przejazdów wiązki lasera. W kolejnym etapie określono wpływ przeprowadzonej obróbki na podłoże aluminiowe. Scharakteryzowano topografię powierzchni odsłoniętych obszarów przy użyciu profilometrii świetlnej, wyznaczając przy tym charakterystyczne parametry chropowatości. Mikrostrukturę badanych materiałów obserwowano za pomocą mikroskopii stereoskopowej oraz skaningowej mikroskopii elektronowej. Zastosowanie tych technik pozwoliło na określenie grubości usuwanych powłok, a także scharakteryzowanie powierzchni po obróbce laserowej.

Otrzymane rezultaty wykazały, że przy odpowiednio dobranych parametrach pracy lasera możliwe jest całkowite usunięcie powłoki poliuretanowej z podłoża aluminiowego, bez jego uszkodzenia. Ponadto wykazano, że ilość przejazdów potrzebnych do usunięcia lakieru zależy od grubości powłoki oraz ilości warstw lakierniczych.

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu "Opracowanie technologii obróbki aluminiowych oraz kompozytowych struktur pierwszo i drugorzędowych", Mazowsze/0211/19-00.

Słowa kluczowe: oczyszczanie laserowe, powłoki poliuretanowe, nanosekundowy laser impulsowy, stopy aluminium

REMOVAL OF POLYURETHANE COATINGS FROM ALUMINIUM COMPONENTS USING LASER TECHNIQUE

Anna Łabęda¹, Rafał Kozera¹, Bartłomiej Przybyszewski¹, Donata Kuczyńska-Zemła¹,
Jarosław Pura¹, Halina Garbacz¹, Anna Boczkowska¹

¹ *Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology,
ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa, Poland,
anna.labeda.stud@pw.edu.pl*

This study addresses the removal of polyurethane coatings from aluminium components using a laser cleaning technique. The polyurethane paint systems that were applied to the aluminium alloy 2024 Clad were subjected to laser removal. The samples differed in the number of paint layers applied. The laser treatment was performed using a pulsed, nanosecond laser.

Using a selected set of laser operating parameters, the samples were cleaned as a function of the number of laser passes. In the next step, the effect of the treatment carried out on the aluminium substrate was determined. The surface topography of the exposed areas was characterised using light profilometry, and characteristic roughness parameters were determined. The microstructure of the materials studied was observed using stereoscopic microscopy and scanning electron microscopy. The application of these techniques made it possible to determine the thickness of the removed coatings, as well as to characterise the surface after laser treatment.

The results obtained showed that, with appropriately selected laser operating parameters, it is possible to completely remove the polyurethane coating from the aluminium substrate without damaging it. Furthermore, it has been shown that the number of passes needed for paint removal depends on the thickness of the coating and the number of paint layers.

The work was financed by the National Center for Research and Development (Poland) as part of the project "Opracowanie technologii obróbki aluminiowych oraz kompozytowych struktur pierwszo i drugorzędowych", Mazowsze/0211/19-00

Keywords: laser cleaning, polyurethane coatings, nanosecond pulsed laser, aluminium alloys

TECHNOLOGIA RECYKLINGU ZGARÓW SOLNYCH POWSTAŁYCH W PROCESIE PRODUKCJI ALUMINIOWYCH, WTÓRNYCH STOPÓW ODLEWNICZYCH

D. Słupska^{1*}, K. Błasiak¹, A. Słupski¹, J. Wieczorek¹, T. Maciąg¹

¹ T+S Sp. z o.o. Tadeusza Kościuszki 111, 32-650 Kęty, Grupa Alumetal

^{*}e-mail: dslupska@alumetal.pl

Grupa Alumetal jest największym na rynku polskim i drugim największym w Europie producentem wtórnych aluminium stopów odlewniczych. Zgary solne są głównym poprodukcyjnym odpadem stałym powstającym w procesie otrzymywania lub recyklingu aluminium i jego stopów. Ich skład zależy głównie od gatunku wytwarzanego stopu aluminium oraz zastosowanej technologii topienia, rafinacji i ochrony stopu przed utlenieniem. Zgary solne zawierają głównie mieszaninę soli NaCl i KCl, związki aluminium m.in. tlenki, metaliczne aluminium i śladowe ilości innych metali. Większość zgarów solnych jest przyjmowana do przetworzenia przez wyspecjalizowane firmy z Europy Zachodniej, które dokonują ich recyklingu dzięki własnym, chronionym technologiom. Pozostałość gromadzi się zazwyczaj na składowiskach.

Głównym celem projektu jest rozwiązanie problemu recyklingu zgarów solnych, będących odpadem niebezpiecznym poprzez odzysk surowców w tym soli pokryciowej i metali oraz znalezienie komercyjnego wykorzystania pozostałych w procesie tlenków aluminium.

T+S Sp. z o. o. realizuje projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Inteligentny Rozwój pt. "Technologia recyklingu zgarów solnych powstałych w procesie produkcji aluminium stopów odlewniczych". Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju: Szybka Ścieżka. Projekt nr: POIR.01.01.01-00-0680/19-00

TECHNOLOGY FOR THE RECYCLING OF SALT SLAGS FROM THE SECONDARY CASTING ALUMINIUM ALLOYS PRODUCTION

D. Słupska^{1*}, K. Błasiak¹, A. Słupski¹, J. Wieczorek¹, T. Maciąg¹

¹ T+S Sp. z o.o. Tadeusza Kościuszki 111, 32-650 Kęty, Grupa Alumetal

*e-mail: dslupska@alumetal.pl

The Alumetal Group is the largest producer of secondary aluminum casting alloys on the Polish market and the second largest in Europe. Salt dross is the main post-production solid waste generated in the process of obtaining or recycling aluminum and its alloys. Their composition depends mainly on the type of aluminum alloy produced and the technology of melting, refining and protection of the alloy against oxidation. Salt dross mainly contains a mixture of NaCl and KCl salts, aluminum compounds, e.g. oxides, metallic aluminum and traces of other metals. Most of the salt dross is accepted for processing by specialized companies from Western Europe, which recycle them using their own, protected technologies. The residue is usually stored in landfills.

The main objective of the project is to solve the problem of recycling salt dross, which is a hazardous waste, by recovering raw materials, including coating salt and metals, and finding commercial use of aluminum oxides remaining in the process.

T+S Sp. z o. o. implements a project co-financed by the European Union from the European Regional Development Fund under the Smart Growth Program entitled " Technology for the recycling of salt slags from the secondary casting aluminium alloys production". The project is implemented as part of the competition of the National Center for Research and Development: Fast Track. Project no.: POIR.01.01.01-00-0680/19-00

WPŁYW KROTNOŚCI PRZETWÓRSTWA I WARUNKÓW STARZENIA NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE RECYKLATOWYCH KOMPOZYTÓW POLIOLEFINOWO GUMOWYCH

Elżbieta Piesowicz^{1,2}, Sandra Paszkiewicz^{1,2}, Izabela Irska¹, Krzysztof Pypeć^{1,3}, Weronika Kościukiewicz¹, Agnieszka Bil¹, Katarzyna Pokwicka-Croucher²

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Technologii Materiałowych, Szczecin, Polska, elzbieta.piesowicz@zut.edu.pl

² Ecoloplast Sp. z o.o., Wyspiańskiego 13a, 84-300 Łębork

³ STARGUM Stankiewicz Sp. j., ul. Cieplna 7, 73-110 Stargard

Obecnie coraz większą uwagę przywiązuje się do produkcji wyrobów przyjaznych środowisku, dlatego zagadnienie wielokrotnego przetwórstwa tworzyw sztucznych staje się niezwykle istotne [1]. Ważnym zagadnieniem z punktu widzenia możliwości wielokrotnego wykorzystania tworzyw sztucznych jest wpływ przetwórstwa na ich właściwości. Procesy granulowania, rozdrabniania oraz przetwórstwa w stanie uplastycznionym sprawiają, że polimery są poddawane obciążeniom mechanicznym oraz termicznym. Może to prowadzić to do procesów utleniania i degradacji, które to są przyczyną zmniejszania ciężaru cząsteczkowego i pogarszania właściwości nie tylko fizykomechanicznych, ale również przetwórczych. Celem przeprowadzonych badań było zbadanie zmian właściwości mechanicznych tworzywa zachodzących wraz z krotnością przetwórstwa. W badaniach wykorzystano polipropylen napełniony miałem gumowym o nazwie handlowej Ecolastomer 70. Granulat pierwotny poddano wielokrotnemu przetwarzaniu. Po każdym cyklu przetwórstwa wyroby rozdrabniano, a z przemiału wytwarzano kolejne metodą wtryskiwania. Uzyskane wyniki pokazują, że wraz z krotnością przetwórstwa zmieniają się właściwości mechaniczne tworzyw polimerowych.

Praca częściowo wykonana w ramach Umowy o grant: 190108462, Europejska Rada ds. Innowacji (EIC)

Słowa kluczowe: kompozyty polipropylenowo-gumowe, wielokrotne przetwórstwo

Literatura:

1. Samujło B., Kowalska B., Rudawska A.: Wybrane właściwości mechaniczne polipropylenu wielokrotnie przetwarzanego, Zeszyty Naukowe PR, Chemia, 20, Rzeszów 2009, 127-130.

INFLUENCE OF MULTIPLE PROCESSING AND AGING CONDITIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLATE POLYOLEFIN RUBBER COMPOSITES

Elżbieta Piesowicz^{1,2}, Sandra Paszkiewicz^{1,2}, Izabela Irska¹, Krzysztof Pypec^{1,3}, Weronika Kościukiewicz¹, Agnieszka Bil¹, Katarzyna Pokwicka-Croucher²

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Technologii Materiałowych, Szczecin, Polska, elzbieta.piesowicz@zut.edu.pl

² Ecopolplast Sp. z o.o., Wyspiańskiego 13a, 84-300 Łębork

³ STARGUM Stankiewicz Sp. j., ul. Cieplna 7, 73-110 Stargard

Currently, more and more attention is paid to producing environmentally friendly products, which is why the issue of multiple processing of plastics is becoming critical [1]. An important issue from the point of view of the possibility of multiple uses of plastics is the impact of processing on their properties. The plasticized state's granulating, grinding, and processing make polymers subject to mechanical and thermal loads. Those mentioned above can lead to oxidation and degradation processes, which cause molecular weight reduction and deterioration of not only physical and mechanical properties but also processing properties. The research aimed to investigate changes in the material's mechanical properties with the assortment of processing. Polypropylene filled with rubber powder under the trade name Ecoplastomer 70 was used in the research. The primary granulate was subjected to repeated processing. After each processing cycle, the products were crushed, and the milling was used to produce new products by injection. The obtained results show that the mechanical properties of polymeric materials change with the assortment of processing.

Work is partially done under Grant Agreement No. 190108462, European Innovation Council (EIC)

Keywords: polypropylene-rubber composites, multiple processing

References:

1. Samujło B., Kowalska B., Rudawska A.: Wybrane właściwości mechaniczne polipropylenu wielokrotnie przetwarzanego, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Chemia, 20, Rzeszów 2009, 127-130.

Maria Sajdak, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara, Kamil Kornaus

*Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska; msajdak@agh.edu.pl*

Dwuborek tytanu TiB_2 o strukturze typu AlB_2 jest jednym z materiałów zaliczanych do ceramiki wysokotemperaturowej. Z względu na silne kowalencyjne wiązanie występujące w strukturze TiB_2 , dwuborek tytanu posiada szereg unikatowych właściwości ale jest też materiałem trudnosiekalnym. Otrzymanie gęstych polikryształów wymaga zastosowania chemicznej i fizycznej aktywacji spiekania.

Niniejsza praca zawiera badania nad spiekaniem TiB_2 z dodatkami węgla i $MoSi_2$. Wykonano badania siekalności kompozytów na bazie TiB_2 z różną ilością dodatku węgla, $MoSi_2$ oraz węgla i $MoSi_2$. Badania siekalności prowadzono w dylatometrze wysokotemperaturowym. Na podstawie zarejestrowanych krzywych spiekania i przeprowadzonych pomiarów gęstości zaobserwowano korzystny wpływ dodatku $MoSi_2$ w ilości większej od 5% mas. na gęstość kompozytów na bazie TiB_2 . Wytworzono kompozyty o gęstości względnej większej od 90%, w temperaturze bliskiej $2150^{\circ}C$. Ponadto stwierdzono, że połączenie dodatku węgla z dodatkiem $MoSi_2$, skutkuje zauważalnym obniżeniem temperatury spiekania o około $200^{\circ}C$. Na wybranych polikryształach wykonano również analizę mikrostruktury.

Praca finansowana w ramach projektu IDUB AGH o numerze 501.D4.II.696.7996

Słowa kluczowe: TiB_2 , dylatometryczna analiza spiekania, gęstość pozorna, mikrostruktura

Literatura:

1. B.R. Golla, A. Mukhopadhyay, B. Basu, S.K. Thimmappa, Review on ultra-high temperature boride ceramics, Prog. Mater. Sci. 111 (2020) 100651. doi:10.1016/j.pmatsci.2020.100651
2. T.S.R.C. Murthy, B. Basu, R. Balasubramaniam, A.K. Suri, C. Subramanian, R.K. Fotedar, Processing and Properties of TiB_2 with $MoSi_2$ Sinter-additive: A First Report, J. Am. Ceram. Soc. 89 (2006) 131–138. doi:10.1111/j.1551-2916.2005.00652.x.

TiB_2 - $MoSi_2$ - C COMPOSITES

Maria Sajdak, Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Dariusz Zientara, Kamil Kornaus

*AGH University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics,
Mickiewicza Av. 30, 30-059 Krakow, Poland; msajdak@agh.edu.pl*

TiB₂ titanium diboride with AlB₂ type structure is one of the materials classified as high-temperature ceramics. Due to the strong covalent bond present in the TiB₂ structure, titanium diboride has a number of unique properties, but it is also a poor sinterable material. Obtaining dense polycrystals requires the use of chemical and physical sintering activation.

The paper contains research on the sintering of TiB₂. The sinterability of composites based on TiB₂ with different amounts of carbon (0-4 wt.%), MoSi₂ (2.5; 5 and 10 wt.%) and carbon and MoSi₂ (2 wt.% C+2.5; 5 and 10 wt.% of MoSi₂) additives were studied. The sinterability tests were carried out in a high-temperature dilatometer. On the basis of the recorded sintering curves and the performed density measurements, a beneficial effect of the addition of MoSi₂ in an amount greater than 5% by weight was observed. on the density of composites based on TiB₂. Composites with a relative density greater than 90% were produced at a temperature close to 2150°C. In addition, it was found that the combination of the addition of carbon with the addition of MoSi₂ results in a noticeable decrease in the sintering temperature by about 200°C. Microstructure and phase compositions analyses were also performed on selected polycrystals.

The work was carried out under the project Excellence Initiative - Research University (AGH-University of Science and Technology, Krakow, Poland) of number: 501.D4.II.696.7996.

Keywords: TiB₂, dilatometric analysis of sintering, apparent density, microstructure

References:

1. B.R. Golla, A. Mukhopadhyay, B. Basu, S.K. Thimmappa, Review on ultra-high temperature boride ceramics, Prog. Mater. Sci. 111 (2020) 100651. doi:10.1016/j.pmatsci.2020.100651
2. T.S.R.C. Murthy, B. Basu, R. Balasubramaniam, A.K. Suri, C. Subramanian, R.K. Fotedar, Processing and Properties of TiB₂ with MoSi₂ Sinter-additive: A First Report, J. Am. Ceram. Soc. 89 (2006) 131–138. doi:10.1111/j.1551-2916.2005.00652.x.

PALNOŚĆ POLIETYLENU USIECIOWANEGO (PEX_b) MODYFIKOWANEGO DODATKAMI PRZEWODZĄCYMI

Kamila Sałasińska¹, Magda Jurczyk-Kowalska¹, Paulina Kozera¹, Paulina Latko-Durałek¹,
Michał Kubiś², Karol Pietrak², Piotr Łapka², Anna Boczkowska¹

¹ Wydział Inżynierii Materiałowej, Politechnika Warszawska, ul. Wołoska 141, 02-507 Warszawa,
Polska, kamila.salasinska@pw.edu.pl

² Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa,
Polska

Ze względu na swoje właściwości PEX jest stosowany m.in. do produkcji kabli i rur, dlatego charakterystyka jego właściwości pod kątem zastosowania w budownictwie, w tym palności, stanowi ważne zagadnienie. Przedmiotem prac było zwiększenie przewodności cieplnej PEX_b poprzez zastosowanie 4 typów napełniaczy (wielościennie nanorurki węglowe, grafit, azotek boru, minerał modyfikowany grupami silanowymi), których udział ustalono za pomocą narzędzia do modelowania, a wytworzone kompozyty poddano analizie stabilności termicznej.

W celu zbadania wpływu badanych napełniaczy na stabilność termiczną PEX_b przeprowadzono analizę termogravimetryczną. Niezmodyfikowany PEX_b z temperaturą początku degradacji w 437°C, miał jeden wyraźny etap utraty masy (w 480°C) i podlegał prawie 100% rozkładowi w 800°C. Dodanie napełniaczy spowodowało zmiany stabilności termicznej PEX. Temperatura początku degradacji wyniosła 434 ± 1 °C niezależnie od rodzaju i udziału dodatku. Wszystkie kompozyty miały jeden etap rozkładu, jednak pik został przesunięty w kierunku niższych temperatur, a szybkość degradacji była w większości przypadków mniejsza. Najmniejsze tempo degradacji odnotowano dla kompozytu PEX z 35% mas. napełniacza mineralnego (redukcja o 43%). Podobnie ilość pozostałości wzrosła i wyniosła od 2 do 39%, co odpowiadało ilości napełniacza w kompozytach. Można stwierdzić, że zastosowanie badanych dodatków, zwłaszcza mineralnego, poprawia stabilność termiczną PEX.

Słowa kluczowe: polietylen usieciowany, kompozyty polimerowe, stabilność termiczna.

Praca realizowana w ramach projektu pt.: „Opracowanie innowacyjnych systemów geotermalnych opartych o nowe sondy o podwyższonej efektywności wymiany ciepła do zastosowań w gruntowych pionowych wymiennikach ciepła” w ramach POIR 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Nr: POIR.01.01.01.-00-0188/20-00.

FLAMMABILITY OF CROSS-LINKED POLYETHYLENE (PEX_b) MODIFIED WITH CONDUCTIVE ADDITIVES

Kamila Sałasinska¹, Magda Jurczyk-Kowalska¹, Paulina Kozera¹, Paulina Latko-Duralek¹,
Michał Kubiś², Karol Pietrak², Piotr Łapka², Anna Boczkowska¹

¹ Faculty of Materials Science and Engineering, Warsaw University of Technology, ul. Wołoska 141,
02-507 Warsaw, Poland, kamila.salasinska@pw.edu.pl

² Institute of Heat Engineering, Warsaw University of Technology, Warsaw, Poland

Due to its properties, PEX is used, e.g., to produce cables and pipes; therefore, the characterisation of its properties in terms of use in construction, including flammability, is an important issue. The aim of the work was to increase the thermal conductivity of PEXb by using 4 types of fillers (multi-walled carbon nanotubes, graphite, boron nitride, mineral modified with silane groups), the share of which was determined using a modelling tool, and then analysing the thermal stability of produced composites.

Thermogravimetric analysis was carried out to explore the impact of studied fillers on the thermal stability of PEX_b. Unmodified PEX_b has a single stage of weight loss with the onset temperature, corresponding to 5% of weight loss at 437 °C, with a peak at 480 °C, and almost 100% weight loss at 800 °C. The incorporation of fillers caused changes in the thermal decomposition behaviour of PEX_b. The onset temperature appears at 434 ± 1 °C regardless of the type and share of the additive. In fact, all composites present one step of decomposition; however, the peak was shifted to lower temperatures, and the degradation rate was lower in most cases. The lowest rate of degradation was noticed for PEX+35 wt% mineral (reduction of 43%). Similarly, the residual mass of composites was higher, ranging from 2 to 39 %, which corresponds to the amount of filler. It can be concluded that using investigated additives, especially mineral, enhances the thermal stability of PEX.

Keywords: crosslinked polyethylene, polymer composites; thermal stability.

This research was funded by the National Centre for Research and Development, within the project entitled Development of innovative geothermal systems based on new probes with increased heat exchange efficiency applicable in vertical ground heat exchangers. GA number: POIR.01.01.01-00-0188/20-00.

WPŁYW PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH SKRAWANIA NA STRUKTURĘ GEOMETRYCZNĄ POWIERZCHNI WARSTWY OBROBIONEJ KOMPOZYTU HMMC

Michał Szymański¹, Damian Przestacki², Paweł Szymański¹, Paweł Popielarski¹, Paulina Szwacka¹

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Polska, michal.s.szymanski@put.poznan.pl

² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Mechanicznej, ul. Piotrowo 3, 61-138 Poznań, Polska

Kompozyty należące do grupy Hybrid Matrix Metal Composites (HMMC), ze względu na swoje właściwości mechaniczne i tribologiczne znajdują zastosowanie w różnych obszarach przemysłu [1]. Badaniom poddano materiał kompozytowy wykonany metodą infiltracji podciśnieniowej. Zbrojenie kompozytu zbudowane jest ze spieku ceramicznego zawierającego elektrokorund i włókno glinokrzemianowe. Osnowę stanowi aluminium. Ze względu na konieczność przeprowadzania obróbki wykończeniowej odlewu konieczne jest opracowanie technologii obróbki skrawaniem [2]. Badaniom zostały poddane próbki materiału z grupy HMMC o różnym udziale masowym włókna glinokrzemianowego. Przeprowadzono próby toczenia odlewu kompozytowego ze zmiennymi parametrami technologicznymi procesu w warunkach konwencjonalnych z wykorzystaniem narzędzi skrawających wykonanych z regularnego azotku boru (CBN) oraz polikrystalicznego diamentu (PCD). Zmierzono i poddano analizie parametry struktury geometrycznej powierzchni materiału z grupy HMMC po toczeniu. Badania pozwoliły określić wpływ składu materiału, parametrów technologicznych procesu i doboru narzędzi skrawających na jakość powierzchni obrobionej.

Słowa kluczowe: HMMC, toczenie HMMC, infiltracja próżniowa, chropowatość powierzchni

Literatura:

1. Ahmadi, M. R. Toroghinejad, i A. Najafizadeh, „Evaluation of microstructure and mechanical properties of Al/Al₂O₃/SiC hybrid composite fabricated by accumulative roll bonding process”, *Materials & Design*, t. 53, s. 13–19, sty. 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.06.064.
2. Czechowski, K.; Stós, J.; Wronska, I. Development of machining—Part IX. In *Machinability of Metal Matrix Composites*; Stal Metale & Nowe Technologie: 2015.; pp. 39–42; Katowice, Poland

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF CUTTING ON THE GEOMETRIC STRUCTURE OF THE SURFACE OF THE MACHINED LAYER OF THE MACHINED HMMC COMPOSITE

Michał Szymański¹, Damian Przestacki², Paweł Szymański¹, Paweł Popielarski¹, Paulina Szwacka¹

¹ Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Material Technology, Poznan University of Technology, Piotrowo Street 3, 61-138 Poznan, Poland, michal.s.szymanski@put.poznan.pl

² Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Mechanical Technology, Poznan University of Technology, Piotrowo Street 3, 61-138 Poznan, Poland

Hybrid Matrix Metal Composites (HMMC), due to their mechanical and tribological properties are used in various areas of industry [1]. A composite material made by vacuum infiltration was tested. The composite reinforcement is made of ceramic sinter containing Al_2O_3 and $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ fiber. The matrix is made of aluminium. Due to the need to carry out finishing machining of the casting, it is necessary to develop a machining technology [2]. There were tested samples of HMMC materials with different mass proportions of alumina silicate fibre. Turning tests of the presented material were carried out with variable process parameters under conventional conditions with CBN and PCD cutting tools. The parameters of the geometric structure of the surface of HMMC material after turning were examined and analysed. The research allowed to determine the impact of material composition, process parameters and choice of cutting tools on surface quality.

Keywords: HMMC, HMMC machining, vacuum infiltration, surface roughness

References:

1. A. A. Ahmadi, M. R. Toroghinejad, i A. Najafizadeh, „Evaluation of microstructure and mechanical properties of Al/Al₂O₃/SiC hybrid composite fabricated by accumulative roll bonding process”, *Materials & Design*, t. 53, s. 13–19, sty. 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.06.064.
2. Czechowski, K.; Stós, J.; Wronska, I. Development of machining—Part IX. In *Machinability of Metal Matrix Composites*; Stal Metale & Nowe Technologie: 2015.; pp. 39–42; Katowice, Poland

ZASTOSOWANIE KOMPOZYTÓW TiO_2 /PIANKA NIKLOWA DO OCZYSZCZANIA POWIETRZA

Beata Tryba, Piotr Miądlicki, Piotr Rychtowski, Bartłomiej Prowans, Rafał Wróbel

*Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Szczecin, Polska
e-mail: beata.tryba@zut.edu.pl*

Przeprowadzono badania termo-fotokatalitycznego rozkładu acetaldehydu na TiO_2 osadzonym na piance niklowej. Badania prowadzone były w zakresie temperatur od 25 do 125°C w przepływie ciągłym strumienia gazu (20 ml/min) zawierającego modelowe zanieczyszczenie (210 ppm CH_3CHO w syntetycznym powietrzu). Powierzchnia kompozytu oświetlana była światłem UV ($\lambda=365$ nm).

Badania wykazały, że podwyższenie temperatury procesu z 25 do 75°C zwiększa rozkład acetaldehydu z 32 do 45% i jego mineralizację do CO_2 z 245 do 300 ppm, a zastosowanie kompozytu zbudowanego z TiO_2 /pianka niklowa prowadzi do zwiększenia konwersji acetaldehydu z 32 do 53% w temp. 25°C, i do 85% w temp. 125°C, z jednoczesną poprawą stopnia jego mineralizacji. Utleniona pianka niklowa z naniesionym TiO_2 wykazała gorsze właściwości termo-fotokatalityczne, przeciwnie do doniesień publikacyjnych innych naukowców [1]. Ni najprawdopodobniej jest akceptorem elektronów generowanych podczas wzbudzenia TiO_2 i poprawia separację nośników ładunków, co sprzyja reakcji fotoutleniania acetaldehydu przez luki elektronowe i powstające rodniki hydroksylowe. Podobny mechanizm rozkładu acetaldehydu zaobserwowano na nanostrukturach, zbudowanych z nanodrutów Cu-Ni umieszczonych w matrycy TiO_2 [2].

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2020/39/B/ST8/01514.

Słowa kluczowe: TiO_2 /pianka niklowa, termo-fotokataliza, oczyszczanie powietrza

Literatura:

1. H. Hai: "Preparations of TiO_2 film coated on foam nickel substrate by sol-gel processes and its photocatalytic activity for degradation of acetaldehyde", J. Environ. Sci. **19** (2007) 80-85.
2. S. Zhu et al: "Cu-Ni nanowire-based TiO_2 hybrid for the dynamic photodegradation of acetaldehyde gas pollutant under visible light", Appl. Surf. Sci. **408** (2017) 117-124.

APPLICATION OF TiO₂/NICKEL FOAM COMPOSITES FOR AIR PURIFICATION

Beata Tryba, Piotr Miądlicki, Piotr Rychtowski, Bartłomiej Prowans, Rafał Wróbel

West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland
e-mail: beata.tryba@zut.edu.pl

Thermo-photocatalytic decomposition of acetaldehyde was performed on TiO₂ loaded on Ni foam. Investigations were conducted in elevated temperature, from 25 to 125°C under continuous flow of a gas stream (20 ml/min) containing a model pollutant (210 ppm of CH₃CHO in a synthetic air). The composite surface was irradiated by UV light ($\lambda=365$ nm).

The experimental results indicated, that decomposition of acetaldehyde increases from 32 to 45% with increase of the process temperature from 25 to 75°C, and at the same time acetaldehyde mineralisation increases from 245 to 300 ppm. Application of TiO₂/nickel foam composite conducts to the further enhancement of acetaldehyde conversion, which was estimated to be 53% at the temp. of 25°C and 85% at 125°C. Mineralisation of acetaldehyde increased as well by using TiO₂/nickel foam. Although some of the research reports indicate on the boosting of acetaldehyde conversion on the oxidized Ni foam, coating by a thin film of TiO₂ [1], conducted by our group experiments were opposed. Most likely Ni acts as an acceptor of electrons generated on the excited TiO₂ and improves separation of e⁻/h⁺ pairs, what enhances photooxidation of acetaldehyde by holes and hydroxyl radicals. Similar mechanism of acetaldehyde decomposition was observed on the nanostructures, composed of Cu-Ni nanowires mounted into the TiO₂ matrix [2].

Funding: National Science Centre, Poland, grant nr 2020/39/B/ST8/01514.

Keywords: TiO₂/nickel foam, thermo-photocatalysis, air purification

References:

1. H. Hai: "Preparations of TiO₂ film coated on foam nickel substrate by sol-gel processes and its photocatalytic activity for degradation of acetaldehyde", J. Environ. Sci. **19** (2007) 80-85.
2. S. Zhu et al: "Cu-Ni nanowire-based TiO₂ hybrid for the dynamic photodegradation of acetaldehyde gas pollutant under visible light", Appl. Surf. Sci. **408** (2017) 117-124.

NANOKOMPOZYTOWE POWŁOKI Ni/GRAFEN WYTWARZANE NA STYKACH ELEKTRYCZNYCH METODĄ ELEKTROKRYSZTAŁIZACJI

Maria Trzaska¹, Anna Mazurek¹, Mariusz Skóra², Grzegorz Cieślak¹, Anna Gajewska-
Midziałek¹, Katarzyna Skroban¹, Marta Gostomska¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz- Warszawski Instytut Technologiczny, Warszawa, Polska,
maria.trzaska@wit.lukasiewicz.gov.pl

² Solvera Gawel Technology SA, Łąka, Polska

Właściwości powłok wytwarzanych metodą elektrokryształizacji można kształtować poprzez zmianę parametrów procesu, składy roztworów stosowanych do wytwarzania powłok a także poprzez wbudowanie w materiał powłoki cząstek fazy dyspersyjnej. Przedmiotem zrealizowanych badań były nanokrystaliczne powłoki niklowe modyfikowane fazą dyspersyjną w postaci płatków grafenu. Powłoki wytworzone zostały na stykach elektrycznych wykonanych ze stali oraz stopu aluminium. Opracowano parametry procesu osadzania powłok Ni/grafen w skali laboratoryjnej oraz półtechnicznej na pilotażowej linii galwanicznej. Zbadano i przedstawiono topografię i morfologię powierzchni wytworzonych powłok. Przeprowadzono badania wybranych właściwości powłok takie, jak chropowatość, grubość, mikrotwardość, połączenie powłok z materiałem podłoża oraz odporność na zużycie w procesie tarcia. Wytworzone nanokompozytowe powłoki Ni/grafen charakteryzują się zwartą budową, dobrym ich połączeniem z materiałem podłoża oraz wykazują większą twardość i odporność na zużycie ściernie w porównaniu z nanokrystalicznymi powłokami nikłowymi.

Badania były realizowane w ramach projektu badawczego pt. „Opracowanie technologii produkcji elementów urządzeń elektrycznych – styków, uzwojenia oraz elementów złącznych w oparciu o nanokompozytowe powłoki galwaniczne miedzi i grafenu” realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Działanie 1.1: Projekty B+R przedsiębiorstw, Poddziałanie 1.1.1: Badania przemysłowe i prace rozwojowe realizowane przez przedsiębiorstwa. Projekt nr POIR.01.01.01-00-1249/17.

Słowa kluczowe: powłoki kompozytowe, nikiel, grafen, elektrokryształizacja

NANOCOMPOSITE Ni/GRAPHENE COATINGS PRODUCED ON ELECTRICAL CONTACTS BY ELECTROCRYSTALLIZATION

Maria Trzaska¹, Anna Mazurek¹, Mariusz Skóra², Grzegorz Cieślak¹, Anna Gajewska-
Midziałek¹, Katarzyna Skroban¹, Marta Gostomska¹

¹Łukasiewicz Research Network - Warsaw Institute of Technology, Warsaw, Poland,
maria.trzaska@wit.lukasiewicz.gov.pl

²Solvera Gaweł Technology SA, Łąka, Poland

The properties of coatings produced by electrocrystallization can be shaped by changing the parameters of the process, the compositions of the solutions used to produce the coatings and also by incorporating dispersion phase particles into the coating material. The focus of this study was nickel nanocrystalline coatings with a dispersed phase in the form of graphene flakes deposited on steel and aluminium alloy on electrical contacts. The process parameters for deposition of Ni/graphene coatings on laboratory scale and semi-technical scale at a pilot electroplating line were developed.

The topography and surface morphology of the resulting coatings are presented. Tests of the selected properties of the coatings such as roughness, thickness, microhardness, adhesion of the coatings to the substrate material and resistance to wear by friction were performed.

The produced Ni/graphene nanocomposite coatings are characterized by compact structure, good adhesion of the coatings to the substrate material, and exhibit higher hardness and wear resistance compared to nanocrystalline nickel coatings.

The research was carried out as part of the research project entitled "Development of technology for the production of electrical equipment components - contacts, windings and fasteners based on nanocomposite electroplating coatings of copper and graphene" implemented under the Operational Program Intelligent Development 2014-2020 co-financed by the European Regional Development Fund, Measure 1.1: R&D projects of enterprises, Sub-measure 1.1.1: Industrial research and development work carried out by enterprises. Project No. POIR.01.01.01-00-1249/17.

Keywords: composite coatings, nickel, graphene, electrocrystallization

OCENA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA CERAMICZNYCH MATERIAŁÓW POCHODZĄCYCH Z RECYKLINGU JAKO FAZY WZMACNIAJĄCEJ W KOMPOZYTACH

J. Wieczorek, T. Maciąg, P. Uthke, M. Wesołowski

¹ *Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej*

**e-mail: jakub.wieczorek@polsl.pl*

W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania przetworzonych zgarów solnych, pochodzących z procesu metalurgii stopów aluminium. Większość zgarów solnych jest przyjmowana do przetworzenia przez wyspecjalizowane firmy, które dokonują ich recyklingu. Pozostałość w postaci mieszaniny proszków ceramicznych gromadzi się zazwyczaj na składowiskach. Ideą zagospodarowania oczyszczonych zgarów jest ich zastosowanie jako fazy wzmacniającej w polimerowych kompozytach ziarnowych. Wyniki przeprowadzonych prac technologicznych wskazują na taką możliwość. Wytworzono i przebadano wybrane właściwości pięciu kompozytów o różnym udziale produktów po recyklingu stosowanych jako wzmocnienie. Przeprowadzone badania właściwości mechanicznych: twardość, odporność na ściskanie i wytrzymałość na zginanie pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków. Realizacja technologii wytwarzania polimerobetonów wzmacnianych ceramiczną fazą pochodzącą z recyklingu wymaga zwiększenia ilości użytej osnowy w stosunku do czystego piasku kwarcowego, co wynika z wartości powierzchni swobodnej proszków. Zwiększenie udziału ceramicznej fazy wzmacniającej pochodzącej z recyklingu wydłuża czas sieciowania polimerowej osnowy z 20 min do 35 min. Twardość polimerobetonów rośnie wraz ze wzrostem udziału ceramicznej fazy wzmacniającej pochodzącej z recyklingu. Najwyższą wartość siły ściskającej uzyskano przy proporcjach mieszaniny faz zbrojących: piasek (35%) i proszki ceramiczne (65%). Najkorzystniejszą proporcją faz wzmacniających z punktu widzenia zarejestrowanego ugięcia jest proporcja: piasek (35%) i proszki ceramiczne (65%).

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF RECYCLED CERAMIC MATERIAL USE AS A REINFORCING PHASE IN COMPOSITE MATERIALS

J. Wieczorek, T. Maciąg, P. Uthke, M. Wesołowski

¹ *Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej*

**e-mail: jakub.wieczorek@polsl.pl*

This paper presents the possibility of using recycled salt slag from the aluminum alloy metallurgical process. Most salt slags are processed by specialized companies that are able to recycle it. The residue, in the form of a mixture of ceramic powders, is usually accumulated in landfills. The idea of managing the purified slags is to use it as a reinforcing phase in polymer matrix grain composites and the possibility of this is indicated by carried out technological work. Testing of selected mechanical properties have been conducted on five composites with different proportions of recycled products used as reinforcement. Results of hardness, compressive strength and flexural strength testing allowed to formulate the following conclusions. Technology of manufacturing polymer concrete reinforced with recycled ceramic phase requires an increase in the amount of matrix used when compared to pure quartz sand reinforcement, which is due to the value of the free surface of powders. Increasing the proportion of recycled ceramic reinforcing phase increases the crosslinking time of the polymer matrix from 20 min to 35 min. The hardness of polymer concrete increases as the proportion of recycled ceramic reinforcing phase increases. The highest compressive strength value was attained with the following proportions of the reinforcing phase mixture: sand (35%) and ceramic powders (65%). The most favorable proportion of reinforcing phases in terms of recorded deflection: sand (35%) and ceramic powders (65%).

PREPARATYKA PROSZKÓW ORAZ STRUKTURA KOMPOZYTÓW Z UKŁADU ZrO_2/HAp

Agnieszka Wojteczko¹, Sebastian Komarek¹, Magdalena Ziąbka¹

¹ AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

Kompozyty z układu ZrO_2/HAp stosowane są jako materiały w implantologii ze względu na ich biogodność i bioaktywność. Istotne jest jednak, aby w procesie spiekania nie dochodziło do całkowitej dekompozycji hydroksyapatytu. Zapobieganie temu zjawisku polega na stosowaniu niższych temperatur spiekania (do około 1200°C). W celu obniżenia temperatury spiekania całego układu, gdzie osnowę stanowić miał tetragonalny ZrO_2 , niezbędna była preparatyka proszku o małym rozmiarze krystalitów. Otrzymanie proszku dwutlenku cyrkonu stabilizowanego itrem (3 mol%) przebiegało poprzez metodę współstrącania przy użyciu wody amoniakalnej, gdzie prekursorami były chlorek cyrkonu oraz tlenek itru roztworzony w kwasie azotowym. W efekcie otrzymano żel dwutlenku cyrkonu, który następnie umieszczono w autoklawie, gdzie następował wzrost krystalitów. Przesączony i przepłukany proszek wysuszono, a następnie wymieszano w dwóch proporcjach: 80 wag.% ZrO_2 + 20 wag.% HAp oraz 60 wag.% ZrO_2 + 40 wag.% HAp w wysokoenergetycznym młynie typu attritor. Sprasowane próbki spiekano w temperaturze 1150°C. Następnie wykonano badania struktury metodą FTIR, Raman i XRD, aby ocenić finalny skład spieków. Badania mikrostrukturalne przeprowadzono przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej. Otrzymane wyniki wykazały, że przyjęta metodyka pozwala na otrzymanie spieków zagęszczonych do poziomu około 90% z jedynie częściową dekompozycją hydroksyapatytu.

Słowa kluczowe: kompozyty ZrO_2/HAp , hydroksyapatyt, synteza ZrO_2 , metoda hydrotermalna

Praca finansowana w ramach programu „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej, numer projektów: ID 1449 i ID 4073 (Kierownik - M. Ziąbka).

POWDER PREPARATION AND STRUCTURE OF ZrO₂/HAp COMPOSITES

Agnieszka Wojteczko¹, Sebastian Komarek¹, Magdalena Ziábka¹

¹ AGH - University of Science and Technology, Faculty of Materials Science and Ceramics, Department of Ceramics and Refractory Materials, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

ZrO₂/HAp composites are used as materials in implantology due to their biocompatibility and bioactivity. However, it is important to prevent the complete decomposition of hydroxyapatite during the sintering process. To avoid this phenomenon, lower sintering temperatures (up to about 1200°C) are used. To lower the sintering temperature of the entire system, where the tetragonal ZrO₂ was the matrix, powder preparation with small crystal size was necessary. The production of stabilized zirconia powder with yttria (3 mol%) was carried out by co-precipitation using ammonia water, where zirconyl chloride and yttrium oxide dissolved in nitric acid were precursors. This resulted in zirconia gel, which was then placed in an autoclave, where crystal growth occurred. The filtered and washed powder was then dried and mixed in two proportions: 80 wt.% ZrO₂ + 20 wt.% HAp and 60 wt.% ZrO₂ + 40 wt.% HAp in a high-energy attritor mill. The compressed samples were sintered at 1150°C. Then, structural studies were performed using FTIR, Raman and XRD methods to evaluate the final composition of the sintered materials. Microstructural studies were carried out using scanning electron microscopy. The results showed that the chosen methodology allows authors for the production of composites densified to a level of about 90% with only partial decomposition of hydroxyapatite.

Keywords: ZrO₂/HAp composites, hydroxyapatite, ZrO₂ synthesis, hydrothermal method

This work was supported by program "Excellence Initiative – Research University" for the AGH University of Science and Technology, grants ID 1449 and ID 4073 (PI - M. Ziábka).



<https://www.ptmk.net>