



II Ogólnopolska Konferencja Naukowa

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA – MATERIAŁY I TECHNOLOGIE 2025

1 - 4 czerwca 2025 Świnoujście

Organizatorzy:



Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny
w Szczecinie



Wydział
Inżynierii Mechanicznej
i Mechatroniki



Polskie Towarzystwo
Materiałoznawcze

Partnerzy naukowi:

SPECSGROUP

COMEF

SECO/WARWICK

WWW.SECOWARWICK.COM

KOMITET NAUKOWY

Agnieszka Kochmańska (Przewodnicząca)

Piotr Bała	Jolanta Baranowska
Jarosław Bieniaś	Anna Boczkowska
Tomasz Czujko	Leszek Dobrzański
Agata Dudek	Konrad Dybowski
Mirosława El Fray	Halina Garbacz
Katarzyna Gawdzińska	Tomasz Goryczka
Adam Grajcar	Witold Gulbiński
Stanisław Józwiak	Łukasz Kaczmarek
Dariusz Kata	Agnieszka Kopia
Alicja Krella	Michał Kulka
Magdalena Kwiatkowska	Marzena Lachowicz
Wojciech Maziarz	Remigiusz Michalczewski
Jerzy Michalski	Ewa Mijowska
Jarosław Mizera	Grzegorz Moskal
Maciej Motyka	Piotr Niedzielski
Anita Olszówka-Myalska	Sandra Paszkiewicz
Elżbieta Piesowicz	Jerzy Ratajski
Stanisław Roskosz	Jacek Sawicki
Barbara Surowska	Anna Sypień
Agnieszka Twardowska	Tadeusz Wierzchoń
Emilia Wołowicz-Korecka	Krzysztof Zdunek
Paweł Zięba	

ORGANIZATORZY

**Katedra Technologii Materiałowych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie**

Pod patronatem
Polskiego Towarzystwa Materiałoznawczego

KOMITET ORGANIZACYJNY

prof. dr hab. inż. Jolanta Baranowska (Przewodnicząca)

dr hab. inż. Magdalena Kwiatkowska, prof. ZUT (v-ce Przewodnicząca)

dr inż. Renata Chylińska (Sekretarz)

dr inż. Paweł Figiel

dr inż. Sebastian Fryska

dr inż. Paweł Kochmański

dr inż. Agata Niemczyk

Program szczegółowy

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Inżynieria Materiałowa - Materiały i Technologie”

1 – 4 czerwca 2025 Świnoujście

1 czerwca 2025 r. (niedziela)

od 12:00	Rejestracja uczestników
14:00 – 15:00	Obiad
15:40 – 16:00	Otwarcie Konferencji
16:00 – 18:00	Sesja 1
Sesja 1	
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Prof. dr hab. inż. Jolanta Baranowska</i>
	<i>Prof. dr hab. inż. Jacek Sawicki</i>
16:00 – 17:00	Prof. Leszek Dobrzański
	Synergia zintegrowanej idei przemysłu i zrównoważonego rozwoju stomatologii
17:00 – 17:30	<u>Adam Dębski</u> , Adrian Madej, Adam Naumiec, Władysław Gąsior, Roman Dębski
	Internetowa platforma właściwości fizykochemicznych i termodynamicznych – nowoczesne narzędzie wspomagające badania i projektowanie materiałów
17:30 – 18:00	Sergij Chusnutdinow
	Nowoczesne zastosowania mikroskopów SEM firmy Hitachi w nauce i przemyśle
od 19:00	Kolacja w Browarze Miedziowy 44

2 czerwca 2025 r. (poniedziałek)

8:00 – 9:00	Śniadanie
9:30 – 11:30	Sesje Tematyczne 2A i 2B
Sesja 2A	Materiały do zastosowań biomedycznych
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Prof. dr hab. inż. Mirosława El Fray</i>
	<i>Prof. dr hab. inż. Katarzyna Braszczyńska-Malik</i>
9:30 – 9:50	Amna Sadiq, Agata Goszczyńska, <u>Mirosława El Fray</u>
	Wstrzykiwalne biomateriały do stabilizacji kości gąbczastej

9:50 – 10:10	<u>Anna Sobczyk-Guzenda</u> , Patrycja Szczepańska, Natalia Działicka, Hieronim Szymanowski, Beata Świeczko-Żurek, Marta Kamińska, Sebastian Lipa, Paweł Petelewicz, Bartłomiej Januszewicz
	Biodegradowalne biomateriały poliuretanowe do zastosowań w chirurgii tkanki kostnej
10:10 – 10:30	Witold Kaczorowski
	Mapowanie ramanowskie w ocenie powłok HAp wytwarzanych dla potrzeb biomedycyny
10:30 – 10:50	<u>Ariadna Nowicka</u> , Mirosław Szybowski, Tobiasz Banaszek, Radosław Wichniarek, Wiesław Kuczko, Dorota Tomczak, Monika Wojtyłko, Anna Froelich, Barbara Jadach, Tomasz Osmałek
	Wykorzystanie metod spektroskopii optycznej w badaniach produktów leczniczych
10:50 – 11:10	<u>Magdalena Jażdżewska</u> , Wiktor Seyda, Michał Bartmański
	Laserowa modyfikacja powierzchni tytanu i jego stopów
11:10 – 11:30	<u>Łukasz Szparaga</u> , Jerzy Ratajski
	Modelowanie dynamiki wzrostu bakterii <i>Escherichia coli</i> , <i>Streptococcus mutans</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> na powierzchni stopów NiTi
Sesja 2B	Zużycie tribologiczne i korozyjne materiałów
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Dr hab. inż. Agnieszka Kochmańska, prof. ZUT</i>
	<i>Prof. dr hab. inż. Jerzy Michalski</i>
9:30 – 9:50	<u>Marcin Makówka</u> , K. Seweryn, P. Osica
	Modyfikacja powierzchni elementów par ciernych przeznaczonych do pracy w próżni oraz w zapyleniu regolitem księżycowym
9:50 – 10:10	<u>Joanna Korzekwa</u> , Adam Jarzabek, Marek Bara, Mateusz Niedźwiedź, Krzysztof Cwynar
	Badanie odporności na zużycie twardych, anodowanych powłok Al ₂ O ₃ /IF-WS ₂
10:10 – 10:30	<u>Mirosław Szala</u> , Mariusz Walczak, Małgorzata Grądzka-Dahlke, Marzena Tokarewicz, Dariusz Perkowski, Wojciech J. Nowak, Andrzej Gradzik, Tadeusz Kubaszek
	Ocena odporności na erozję kawitacyjną stopów wysokoentropowych NiCoCrAlFeTi _(x)
10:30 – 10:50	<u>Mariusz Walczak</u> , Mirosław Szala, Wojciech J. Nowak, Tadeusz Kubaszek, Andrzej Gradzik, Małgorzata Grądzka Dahlke, Dariusz Perkowski, Marzena Tokarewicz
	Wpływ dodatku molibdenu na różne formy zużycia w środowiskach płynów stopu o wysokiej entropii AlCoCrFeNiMo _x

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Inżynieria Materiałowa - Materiały i Technologie”

10:50 – 11:10	<u>Wojciech Okuniewski</u> , Mariusz Walczak, Dariusz Chocyk
	Zachowanie korozyjne nagiętanego stopu Ti6Al4V wytworzonego metodą konwencjonalną i addytywną
11:10 – 11:30	Alicja Krella
	Parametry chropowatości w analizie ewolucji uszkodzeń powierzchni spowodowanych erozją kawitacyjną
11:30 – 12:00	Przerwa kawowa
12:00 – 13:40	Sesje Tematyczne 3A i 3B
Sesja 3A	Technologie dla zrównoważonego rozwoju
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Dr hab. inż. Magdalena Kwiatkowska, prof. ZUT</i>
	<i>Dr hab. inż. Konrad Dybowski, prof. PŁ</i>
12:00 – 12:20	<u>Mirosław Szybowicz</u> , Tomasz Runka, Agnieszka Szuster-Janiaczyk, Alina Pruss, Małgorzata Komorowska-Kaufman
	Polimery-mikroplastik. Materiał czy zagrożenie? Poszukiwanie alternatywy materiałowej
12:20 – 12:40	<u>Piotr Zawadzki</u> , Łukasz Kaczmarek, Konrad Dybowski, Magdalena Balik
	Graphene membranes for water filtration - molecular modeling analysis
12:40 – 13:00	<u>Patrycja Zakrzewska</u> , Dorota Głowacz-Czerwona, Monika Kuźnia, Tadeusz Telejko
	Zagospodarowanie tłuszczu odpadowych w produkcji zrównoważonych materiałów poliuretanowych
13:00 – 13:20	<u>Beata Zygmunt - Kowalska</u> , Monika Kuźnia, Dorota Głowacz-Czerwona
	Możliwość recyklingu sztywnej pianki poliuretanowej modyfikowanej popiołem lotnym
13:20 – 13:40	<u>Elżbieta Malewska</u> , Maria Kurańska, Michał Kucała, Aleksander Prociak
	Chemoliza biopianek poliuretanowych i możliwości zastosowania otrzymanych rebiopolioli w nowych biomateriałach
Sesja 3B	Technologie powłokowe
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Dr hab. inż. Anna Sypień, prof. IMiM</i>
	<i>Dr hab. inż. Mariusz Walczak, prof. PL</i>
12:00 – 12:20	Agnieszka Twardowska
	Otrzymywanie tlenku tytanu metodą ablacji w cieczy, charakterystyka mikrostruktury i wybranych właściwości cząstek i zawiesin
12:20 – 12:40	<u>Leszek Łatka</u> , Karolina Płatek, Monika Michalska, Anna Gibas
	Wpływ wybranych parametrów procesu natryskiwania plazmowego na mikrostrukturę oraz własności fotokatalityczne powłok TiO ₂

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Inżynieria Materiałowa - Materiały i Technologie”

12:40 – 13:00	Jarosław Konieczny
	Struktura i właściwości warstwy CuNi ₃₀ Fe oraz CuAg nanoszonej metodą TIG na powierzchnię miedzi Cu-ETP
13:00 – 13:20	Beata Majkowska-Marzec
	Wpływ powłoki węglowej na niektóre właściwości modyfikowanego laserowo podłoża tytanowego
13:20 – 13:40	<u>Anna Dychalska</u> , Filip Moszczyński
	Wpływ wytrawiania plazmowego na właściwości cienkich warstw diamentowych CVD
14:00 – 15:00	Obiad
15:30 – 16:50	Sesje Tematyczne 4A i 4B
Sesja 4A	Materiały kompozytowe
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Dr hab. inż. Agnieszka Radziszewska, prof. AGH</i>
	<i>Dr hab. inż. Mirosław Szybowicz, prof. PP</i>
15:30 – 15:50	<u>Sebastian Lipa</u> , Paulina Byczkowska, Emila Brancewicz-Steinmetz, Sarah Geyskens, Mootaz Ben Zinouba, Jacek Sawicki
	Analiza zachowania wielomateriałowych struktur TPMS typu Schwarz Primitive (P) drukowanych metodą FFF pod wpływem obciążenia ściskającego
15:50 – 16:10	Marek Adamiuk, Prezes Zarządu Polimer Sp. z o. o.
	Nowatorska konstrukcja dachowa z tworzyw tween-sheet dla campero-vanów - wyniki prac B+R i perspektywy zastosowań rynkowych
16:10 – 16:30	Marta Krawczyk, <u>Paweł Figiel</u> , Rafał Przybylski, Konrad Kwiatkowski
	Analiza wpływu naturalnych napełniaczy na właściwości kompozytów PLA uzyskanych z wykorzystaniem wytwarzania przyrostowego
Sesja 4B	Technologie spajania
<i>Prowadzący obrady</i>	<i>Dr hab. inż. Marzena Lachowicz, prof. PWr</i>
	<i>Prof. dr hab. inż. Grzegorz Golański</i>
15:30 – 15:50	<u>Anna Sypień</u> , M. Janusz-Skuza, S. Terlicka, G. Garzeł, Tomasz Czeppe
	Zwilżalność, mikrostruktura i skład fazowy strefy reakcji wysokotemperaturowego spajania stopu FeNiCo z amorficznymi stopami na bazie tytanu
15:50 – 16:10	Magdalena Rozmus - Górnikowska
	Charakterystyka mikrostruktury i składu chemicznego napoin ze stopu niklu i stali austenitycznych napawanych metodą cold metal transfer

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Inżynieria Materiałowa - Materiały i Technologie”

16:10 – 16:30	<u>Agnieszka Chaczyk</u> , K. Pańcikiewicz, K. Janus, J. J. Sobczak, J. Krawczyk
	Badania kinetyki zwilżalności bezołowiowych stopów miedzi przez ciekłe bezołowiowe lutowie cynowe
16:30 – 16:50	<u>Przemysław Zmitrowicz</u> , Jolanta Baranowska
	Odporność korozyjna elementów konstrukcji morskich ze stali duplex wykonanych metodą spawania K-TIG
17:00 – 18:00	Spotkanie Komitetu Naukowego Konferencji
19:45	Wspólne zdjęcie Uczestników Konferencji
od 20:00	Uroczysta kolacja z muzyką i tańcami

3 czerwca 2025 r. (wtorek)

8:00 – 9:00	Śniadanie
9:30 – 11:30	Sesja Tematyczna 5
Sesja 5	Mikrostruktura i właściwości mechaniczne materiałów
<i>Prowadzący obrady:</i>	<i>Prof. dr hab. inż. Alicja Krella</i>
	<i>Prof. dr hab. inż. Adam Zieliński</i>
9:30 – 9:50	<u>Marzena Lachowicz</u> , Zbigniew Gronostajski, Maciej Zwierzchowski, Marek Hawryluk, Jacek Ziemba
	Wpływ wybranych aspektów technologicznych kucia na gorąco na mikrostrukturę odkuwek wykonanych z umacnianej wydzieleniowo stali niklowo-chromowej
9:50 – 10:10	<u>Kamila Ścibisz</u> , Janusz Krawczyk, Piotr Matusiewicz
	Ocena morfologii wtrąceń niemetalicznych w półprodukcie po procesie walcowania na gorąco pod kątem właściwości blach elektrotechnicznych
10:10 – 10:30	Grzegorz Golański
	Stopy o osnowie austenitycznej dla energetyki
10:30 – 10:50	<u>Tomasz Kaźmierski</u> , Janusz Krawczyk, Łukasz Frocisz
	Aspekty procesu technologicznego produkcji stali DP600
10:50 – 11:10	<u>Konrad Kwiatkowski</u> , Piotr Filipiak
	Czy moduł Younga stali po obróbce plastycznej/cieplnej zmienia się?
11:10 – 11:30	<u>Piotr Mendala</u> , Janusz Krawczyk
	Próby DWTT i uderności w kontekście charakterystyki stali X70
11:30 – 12:00	Przerwa kawowa

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Inżynieria Materiałowa - Materiały i Technologie”

11:30 – 13:30	Sesja Posterowa
14:00 – 15:00	Obiad
15:30 – 22:00	Kolacja grillowa poza hotelem na wolnym powietrzu
4 czerwca 2025 r. (środa)	
8:00 – 9:00	Śniadanie
9:30 – 11:10	Sesja Tematyczna 6
Sesja 6	Obróbka cieplno-chemiczna materiałów
Prowadzący obrady	Prof. dr hab. inż. Emilia Wołowicz-Korecka
	Prof. dr hab. inż. Jerzy Ratajski
9:30 – 9:50	Bartłomiej Januszewicz
	Stan naprężeń własnych w stalach narzędziowych po procesach azotowania metodą FINE LPN
9:50 – 10:10	<u>Michał Bazel</u> , Łukasz Piechowicz
	Jak nawęglanie próżniowe (LPC) może oszczędzić twoje pieniądze i podnieść wydajność procesu?
10:10 – 10:30	<u>Jerzy Michalski</u> , Tadeusz Frączek, Rafał Prusak, Agata Dudek, Magdalena Kowalewska-Groszkowska
	Kontrola procesu azotowania stali AISI 52100 w atmosferze NH ₃ /N ₂
10:30 – 10:50	<u>Marcin Długozima</u> , Grzegorz Płaczek
	Azotowanie austenitycznych stali nierdzewnych w piecu próżniowym - technologia HTSN oraz LTSH
10:50 – 11:10	<u>Janusz Krawczyk</u> , M. Wieczorowski, J. Królczyk, A. Kurkiewicz
	Modelowy doktorat wdrożeniowy w dyscyplinie naukowej inżynieria materiałowa na podstawie analizy 8 lat realizacji programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego
11:10 – 11:30	Zamknięcie Konferencji
12:30 – 13:30	Obiad

Sesja posterowa

3 czerwca 2025 r. (wtorek), 12:00 – 13:30

- SP 1 E. Steinmetz, Jacek Sawicki, J. Świniarski, K. Wybrzak, L. Lorkowski, N. Banaś
Numerical modelling and validation of TPMS structures: advancements in lightweight and resilient design
- SP 2 Anna Sobczyk-Guzenda, H. Szymanowski, J. Grabarczyk, K. Jastrzębski, W. Kaczorowski
Ocena stopnia degradacji hydrolitycznej polimerów wykorzystywanych na obudowy czujników do oceny jakości wód powierzchniowych
- SP 3 Witold Kaczorowski, A. Sobczyk-Guzenda, H. Szymanowski, K. Jastrzębski, A. Nosal, M. Cłapa, J. Grabarczyk, M. Dudek
Powłoki poli (p-ksylilenowe) jako zabezpieczenia układów elektronicznych
- SP 4 M.Motyl, M.Kąc, A.Romański, Sławomir Kąc
Ocena stopnia degradacji hydrolitycznej polimerów wykorzystywanych na obudowy czujników do oceny jakości wód powierzchniowych
- SP 5 Agnieszka Radziszewska, O. Czyż, M. Kąc, J. Morgiel, R. Ostrowski
Laserowe interferencyjne nagrzewanie taśma na bazie Fe – mikrostruktura i własności
- SP 6 Monika Gwoździk
Wpływ wody pitnej na degradację elementów sieci wodociągowej
- SP 7 Katarzyna Braszczyńska-Malik
Morfologia eutektyki w stopach Mg-RE
- SP 8 Hanna Purzyńska, K. Sówka, Adam Zieliński
Rola Łukasiewicz GIT w transformacji energetycznej Polski
- SP 9 Katarzyna Bryll, A. Abramovich, D. Czarnecka-Komorowska, B. Żurańska
Wytwarzanie kompozytów hybrydowych dedykowanych na konstrukcje wielkogabarytowe
- SP 10 Katarzyna Gawdzińska, Z. Matuszak, M. Staude, T. Kostecki
Ocena wybranych właściwości użytkowych sandwichy z pian kompozytowych
- SP 11 D. Korzeniewski, Krzysztof Żak, P. Niesłony
Wpływ parametrów frezowania materiałów kompozytowych na podstawie metalowej na jakość powierzchni oraz właściwości tribologiczne
- SP 12 Karolina Wierzbowska, P. Kochmański, A. Kochmańska
Odporność warstw aluminiowych wytworzonych na stali 1.4310 na korozję wysokotemperaturową
- SP 13 Daniel Deacu, A. Niemczyk, A. Goszczyńska, T. Idzik, J.G. Sośnicki, S. Fryska, J. Baranowska
Pulsed electron beam deposition of glucose monohydrate
- SP 14 Cyprian Tysko, S. Krajewski, A. Kochmańska
Fizyczna symulacja cyklu cieplnego strefy wpływu ciepła lutowania i jej wpływ na udarność stopu Ti6Al4V

- SP 15 Paweł Kochmański, M. Długozima, P. Figiel, J. Baranowska
Wpływ azotowania gazowego na odporność korozyjną stali nierdzewnych martenzytycznych
- SP 16 Agnieszka Kochmańska
Charakterystyka warstw krzemkowo-aluminidkowych na stopie molibdenu uzyskanych metodą zawiesinową
- SP 17 Sebastian Fryska, M. Wypych
Właściwości stali narzędziowych do pracy na gorąco pokrytych powłoką z fazy S
- SP 18 Magdalena Kwiatkowska, P. Franciszczak, A. Kovalovs
Biokompozyty hybrydowe w osnowie polipropylenu z udziałem włókien naturalnych
- SP 19 Justyna Słowik, S. Fryska, J. Baranowska
Właściwości mechaniczne powłok wielowarstwowych faza S/Cu wytwarzanych metodą reaktywnego rozpylania magnetronowego

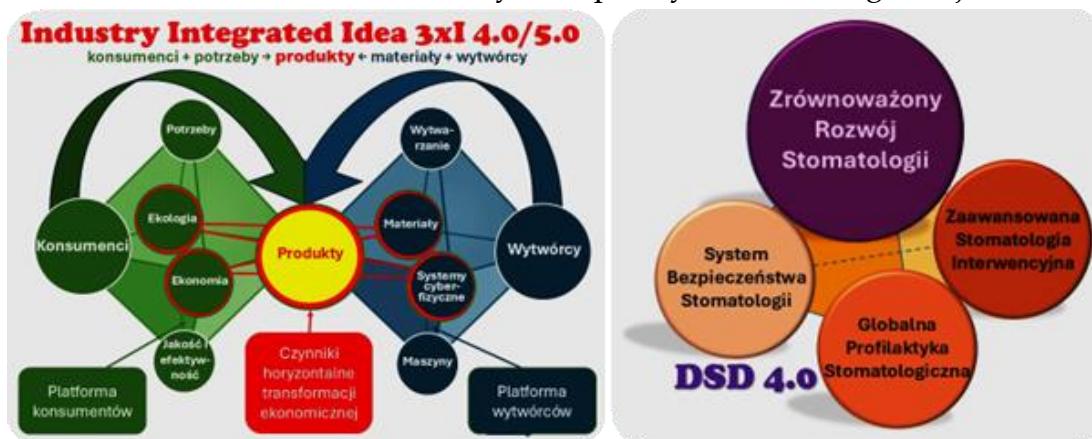
Leszek A. Dobrzański, Lech B. Dobrzański

Autor do korespondencji (e-mail): leszek.dobrzanski@centrumaskleplos.pl
Centrum Projektowo-Badawczo-Produkcyjne Inżynierii Medycznej i Stomatologicznej ASKLEPIOS
ul. Jana III Sobieskiego 12/1, 44-100 Gliwice

SYNERGIA ZINTEGROWANEJ IDEI PRZEMYSŁU I ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU STOMATOLOGII

Słowa kluczowe: Zintegrowana idea przemysłu, Zrównoważony rozwój stomatologii, Inżynieria materiałowa, Produkcja przyrostowa

Skupiono się na analizie współczesnego etapu rozwoju Przemysłu 4.0/5.0, nierozdzielnie związanego z rozwojem inżynierii materiałowej w fazie Materiały 4.0/5.0, wymagającej stosowania coraz nowocześniejszych materiałów, spełniających w najwyższym stopniu wymagania stawiane produktom rynkowym i powiązanych z nimi technologii procesów materiałowych, zgodnie z zasadą 6 oczekiwań 6 × O. W polemice z klasycznym modelem H. Kagermanna, który w istocie dotyczy wyłącznie aspektów informatycznych systemów cyber-fizycznych, przedstawiono kompleksowy autorski model zintegrowanej koncepcji przemysłu Industry Integrated Idea 3×I 4.0/5.0. Na tym tle wskazano na konieczność wykorzystania najnowocześniejszych osiągnięć technologicznych dla rozwoju opieki stomatologicznej, obecnie niemożliwych do uzyskania bez wykorzystania wskazanych osiągnięć materiałowych i technologicznych, prezentując autorski model Zrównoważonego Rozwoju Stomatologii jako polemikę z prezentowanym niekiedy poglądem o konieczności porzucenia stomatologii interwencyjnej na rzecz wyłącznej i powszechnej profilaktyki stomatologicznej. Poglądy Autorów są szeroko zilustrowane zastosowaniami klinicznymi w praktyce stomatologicznej.



**Adam Dębski¹, Adrian Madej², Adam Naumiec², Władysław Gąsior¹,
Roman Dębski²**

Autor do korespondencji (e-mail): a.debski@imim.pl

¹ Afiliacja 1 Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. Reymonta 25, 30-059 Kraków.

² Afiliacja 2 Wydział Informatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków.

INTERNETOWA PLATFORMA WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH I TERMODYNAMICZNYCH – NOWOCZESNE NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE BADANIA I PROJEKTOWANIE MATERIAŁÓW

Słowa kluczowe: Bazy danych, Surdat, Entall, model Miedemy.

Właściwości termodynamiczne i fizykochemiczne metali oraz ich stopów są kluczowe dla inżynierii materiałowej. Ich znajomość umożliwia m.in. projektowanie nowych materiałów i modelowanie procesów technologicznych. Współczesne podejście do gromadzenia i wykorzystywania tych danych wymaga ich cyfryzacji, integracji oraz zapewnienia łatwego dostępu dla badaczy z ośrodków naukowych na całym świecie. W odpowiedzi na te potrzeby podjęto prace nad stworzeniem nowoczesnej platformy bazodanowej nowej generacji, wykorzystując doświadczenie zdobyte przy opracowywaniu baz danych Surdat oraz Entall. Projektowana platforma będzie zawierać dane dotyczące wybranych właściwości fizykochemicznych (gęstość, napięcie powierzchniowe, objętość molowa, lepkość) oraz termodynamicznych (entalpia tworzenia, zmiana entalpii mieszania). Zostanie udostępniona w formie aplikacji internetowej, umożliwiającej przewidywanie entalpii mieszania stopów dwuskładnikowych oraz wspierającej projektowanie stopów o wysokiej entropii (HEA). Dzięki dostępności online, platforma będzie przydatna zarówno dla naukowców i inżynierów, jak i dla studentów oraz doktorantów prowadzących badania w dziedzinie inżynierii materiałowej.

Podziękowanie

Niniejsza praca została sfinansowana ze środków Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej Polskiej Akademii Nauk w ramach realizacji zadania statutowego nr Z-10/2025, pt. „Zastosowanie uczenia maszynowego do prognozowania entalpii mieszania ciekłych stopów metali. Rozwijanie bazy danych Entall”.

Sergij Chusnutdinow

Autor do korespondencji (e-mail): sergij.chusnutdinow@comef.com.pl
Comef Sp. z o.o., ul. Niedźwiedzia 10 B, 02-737 Warszawa, Polska

NOWOCZESNE ZASTOSOWANIA MIKROSKOPÓW SEM FIRMY HITACHI W NAUCE I PRZEMYSŁE

Słowa kluczowe: SEM, mikroskopia elektronowa, Hitachi

Mikroskopia elektronowa odgrywa kluczową rolę w rozwoju współczesnej nauki i technologii. Podczas prezentacji zostaną przedstawione nowoczesne skaningowe mikroskopy elektronowe (SEM) firmy Hitachi oraz ich praktyczne zastosowania w różnych gałęziach przemysłu i badań naukowych. Omówione zostaną przykłady wykorzystania mikroskopów SEM w analizie materiałowej, kontroli jakości, badaniach biologicznych i nanotechnologii.

Szczególną uwagę poświęcimy innowacyjnym funkcjom oferowanym przez najnowsze modele mikroskopów Hitachi, takim jak obrazowanie bez potrzeby pokrywania próbek warstwą przewodzącą, automatyzacja analizy oraz zaawansowane techniki detekcji sygnałów. Zaprezentowane zostaną również konkretne korzyści wynikające z wdrożenia mikroskopii SEM w środowiskach produkcyjnych i badawczych – od zwiększenia efektywności procesów po poprawę dokładności analiz.

Amna Sadiq, Agata Goszczyńska, Mirosława El Fray

Autor do korespondencji (e-mail): mirfray@zut.edu.pl

Katedra Inżynierii Polimerów i Biomateriałów, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Al. Piastów 45, 71-311 Szczecin

WSTRZYKIWALNE BIOMATERIAŁY DO STABILIZACJI KOŚCI GĄBCZASTEJ

Słowa kluczowe: pochodne furanowe, diol dilynolenowy, fotosieciowanie

Złamania dalszej nasady kości promieniowej należą do najczęstszych urazów leczonych w traumatologii. Tego typu złamania występuje zwykle w wyniku upadku na wyprostowaną kończynę. Najczęstsze metody chirurgiczne stosowane w tego typu urazach obejmują tymczasowe przezskórne zespolenie odłamów za pomocą drutów Kirschnera. Niestety, użycie metalowych elementów stabilizujących wiąże się z ryzykiem licznych powikłań, takich jak niestabilność, infekcje, zapalenie tkanek otaczających druty oraz ich poluzowanie. Dlatego też w poszukiwaniu bezpieczniejszego rozwiązania zwrócono uwagę na polimery światłoczułe. Są one zdolne do szybkiej przemiany ze stanu ciekłego w ciało stałe, co umożliwia skuteczną stabilizację złamań wieloodłamkowych – szczególnie w obrębie kości gąbczastej, gdzie tradycyjne metody zespolenia często zawodzą.

W ramach niniejszej pracy zaprojektowano i otrzymano biomateriał spełniający wymagania stabilizacji złamań w obrębie kości gąbczastej. Przeprowadzono syntezy z wykorzystaniem surowców ze źródeł odnawialnych: estru kwasu 2,5-furanodikarboksylowego i diolu dilynolenu, które poddano transestryfikacji, a następnie funkcjonalizacji grupami metakrylowymi. Syntezę prowadzono z zastosowaniem różnych katalizatorów, w tym słabych kwasów Lewisa oraz katalizatora enzymatycznego, w celu optymalizacji warunków reakcji i uzyskania wysokiego stopnia konwersji. Badania fotosieciowania wykazały, że ciekły monomer ulega przemianie do ciała stałego i osiąga pełną konwersję już po jednej minucie ekspozycji na promieniowanie UV, co potwierdza jego przydatność jako szybkowiążącego biomateriału do zastosowań klinicznych.

Podziękowania

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego Preludium Bis4 Narodowego Centrum Nauki „Nowe biomateriały kompozytowe otrzymywane metodą fotosieciowania”, UMO-2022/47/O/ST5/01653.

Patrycja Szczepańska¹, Natalia Działicka¹, Hieronim Szymanowski¹, Beata Świeczko-Żurek², Marta Kamińska¹, Sebastian Lipa¹, Paweł Petelewicz¹, Bartłomiej Januszewicz¹, Anna Sobczyk-Guzenda¹

Autor do korespondencji (e-mail): anna.sobczyk-guzenda@p.lodz.pl

¹ Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

² Zakład Biomateriałów, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Politechnika Gdańska, 80-233 Gdańsk

BIODEGRADOWALNE BIOMATERIAŁY POLIURETANOWE DO ZASTOSOWAŃ W CHIRURGII TKANKI KOSTNEJ

Słowa kluczowe: poliuretan, biodegradowalność, tkanka kostna, spienianie

Celem badań była ocena wpływu stosunku molowego reagentów użytych do syntezy poliuretanów (PU) na ich strukturę chemiczną, właściwości fizyko-chemiczne, mechaniczne oraz biologiczne. Dodatkowo w pracy przeanalizowano możliwość zastosowania otrzymanego materiału w inżynierii tkanki kostnej jako nieporowate i porowate substytuty do rekonstrukcji gąbczastej tkanki kostnej, a także leczenia kompresyjnych złamań kręgow. Do syntezy wykorzystano: poli(ϵ -kaprolakton)diol, 1,4-butanodiol oraz heksametylenodiizocyjanian. Otrzymane próbki poddano szczegółowym badaniom struktury chemicznej z wykorzystaniem spektroskopii w podczerwieni z transformacją Fouriera, analizie właściwości termicznych metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej, testom zwilżalności powierzchni oraz wyznaczeniu swobodnej energii powierzchniowej. Dodatkowo wyznaczono moduł Younga w statycznej próbie na ściskanie oraz właściwości biologiczne z wykorzystaniem komórek Saos-2. Otrzymane wyniki wykazały, że najbardziej obiecującym materiałem, odpowiednim do wspomnianych zastosowań jest PU o zawartości sztywnych elementów makrocząsteczki wynoszącej 25,5%, charakteryzujący się najwyższym stopniem separacji faz. Materiał ten został również wybrany do otrzymania kompozytów spienionych. Jako środka spieniającego zastosowano ceramikę na bazie hydroksyapatytu i tlenku cyrkonu. Przeprowadzone badania wykazały, że najbardziej korzystne właściwości mechaniczne i fizykochemiczne z punktu widzenia zastosowań w inżynierii tkanki kostnej posiada kompozyt inkubowany w temperaturze 40°C.

Witold Kaczorowski

Autor do korespondencji (e-mail): witold.kaczorowski@p.lodz.pl
Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

MAPOWANIE RAMANOWSKIE W OCENIE POWŁOK HAP WYTWARZANYCH DLA POTRZEB BIOMEDYCYNY

Słowa kluczowe: Spektroskopia, Raman, HAp, powłoki

Powłoki na bazie fosforanów wapnia, w tym w szczególności hydroksyapatytowe (HAp), stanowią jedno z istotnych rozwiązań modyfikacji powierzchni dla potrzeb dzisiejszej biomedycyny. Do ich oceny właściwości wykorzystuje się szereg technik badawczych, wśród których należy wymienić dyfrakcję rentgenowską, spektroskopię w podczerwieni FTiR oraz spektroskopię ramanowską. Zastosowanie ostatniej z wymienionych technik umożliwia szybkie uzyskanie informacji o występowaniu w strukturze chemicznej powłok HAp form amorficznego fosforanu wapnia oraz innych odmian fosforanów wapnia. Badania te mogą być realizowane w wybranych punktach analizowanej powierzchni albo na jej powierzchni, z zastosowaniem mapowania ramanowskiego.

W pracy poddano analizie typowe widma struktur fosforanów wapnia oraz mapy powierzchni powłok hydroksyapatytowych wytwarzanych metodami plasma spraying i elektrochemicznymi. Przedstawiono możliwości i ograniczenia techniki mapowania, a także sposoby analizy i przetwarzania uzyskanych rezultatów. Wszystkie wyniki uzyskano z wykorzystaniem konfokalnego spektroskopu Ramana InVia firmy Renishaw wykorzystującego laser o długości fali 532 nm. Przedstawione badania były pomocne w opracowaniu technologii modyfikacji powierzchni stopów tytanu dedykowanych dla biomedycyny.

Ariadna B. Nowicka¹, Mirosław Szybowicz¹, Tobiasz Banaszek¹, Radosław Wichniarek², Wiesław Kuczko², Dorota Tomczak³, Monika Wojtyłko⁴, Anna Froelich⁴, Barbara Jadach⁴, Tomasz Osmałek⁴

Autor do korespondencji (e-mail): ariadna.nowicka@put.poznan.pl

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Instytut Badań Materiałowych i Inżynierii Kwantowej, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technologii Materiałów, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

³ Politechnika Poznańska, Wydział Technologii Chemicznej, Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

⁴ Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego, Wydział Farmaceutyczny, Katedra i Zakład Technologii Postaci Leku, ul. Grunwaldzka 6, 60-780 Poznań

WYKORZYSTANIE METOD SPEKTROSKOPII OPTYCZNEJ W BADANIACH PRODUKTÓW LECZNICZYCH

Słowa kluczowe: spektroskopia Ramana, substancje czynne, formy polimorficzne

Spektroskopia Ramana, jest optyczną metodą spektroskopową, która bazuje na oddziaływaniu światła z materią, analizując oscylacje molekuł. Technika ta charakteryzuje się wysoką czułością, nieniszczącym charakterem badań i nie wymaga specjalnej preparatyki próbki. Produkty lecznicze składają się z: aktywnej substancji farmaceutycznej (API - Active Pharmaceutical Ingredient) podawane do organizmu w celu zapobiegania lub eliminacji objawów/przyczyn choroby oraz substancjami pomocniczych. Substancje te, w stanie stałym, mogą występować w kilku formach krystalicznych, które charakteryzują się różnym układem i/lub konformacją cząsteczki w sieci krystalograficznej zależnej od historii termicznej próbki [1]. Zjawisko to nazywamy polimorfizmem. Różne formy polimorficzne danej substancji farmaceutycznej mogą powodować zmianę ich właściwości fizykochemicznych, wpływać na biodostępność czy zmianę profilu skuteczności leku [2]. Głównym celem badań przedstawionych w niniejszej pracy była charakterystyka spektroskopowa wybranych substancji czynnych w tym agomelatyny w różnych formach postaci leku.

Źródło finansowania:

Badania zostały wykonane w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki Sonata Bis UMO 2021/42/E/NZ7/00125.

1. D. Giron, Journal of thermal analysis and calorimetry, 64 (2001) 37-60.

Magdalena Jazdzewska¹, Wiktor Seyda², Michał Bartmański¹

Autor do korespondencji (e-mail): magdalena.jazdzewska@pg.edu.pl

¹ Zakład Technologii Biomateriałów, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska

² Urząd Dozoru Technicznego, Gdańsk

LASEROWA MODYFIKACJA POWIERZCHNI TYTANU I JEGO STOPÓW

Słowa kluczowe: obróbka laserowa, stopy tytanu, naprężenia

Obróbka laserowa powierzchni prowadzona przy różnych poziomach mocy jest jedną z metod modyfikacji tytanowych implantów kostnych w celu uzyskania nano- i mikrotekstury. Jednakże taki proces może prowadzić do powstania nadmiernych naprężeń mechanicznych w warstwie wierzchniej. Celem prezentowanych badań jest wyznaczenie poziomu naprężeń szczytowych po obróbce powierzchniowej za pomocą lasera Nd:YAG tytanu Ti grade IV oraz jego stopów: Ti6Al4V, Ti13Nb13Zr, Ti15Mo Ti6Al7Nb stosowanych w implantologii. Do charakteryzacji strefy powierzchniowej zastosowano mikroskopię świetlną i skaningową (SEM), spektroskopię rentgenowską z dyspersją energii (EDS), dyfraktometrię rentgenowską (XRD), profilografię optyczną oraz badania nanoindentacji. Obróbka laserowa spowodowała powstanie wyraźnego rozwinięcia powierzchni oraz utworzenie nadtopionych warstw wierzchnich o grubości od 66 do 320 μm , z wartościami chropowatości w zakresie od 0,22 do 5,40 μm . Zaobserwowano, że właściwości mechaniczne wykazywały ograniczoną zależność od składu chemicznego materiału. Po obróbce laserowej pojawiły się naprężenia rozciągające, które rosły wraz ze zwiększaniem mocy lasera, osiągając najwyższe wartości w przypadku wstępnie trawionego tytanu technicznego.

Łukasz Szparaga, Jerzy Ratajski

Autor do korespondencji (e-mail): lukasz.szparaga@tu.koszalin.pl

Katedra Inżynierii Biomedycznej, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki, Politechnika Koszalińska

**MODELOWANIE DYNAMIKI WZROSTU BAKTERII *ESCHERICHIA COLI*,
STREPTOCOCCUS MUTANS, *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* NA POWIERZCHNI
STOPÓW NiTi**

Marcin Makówka¹, K. Seweryn², P. Osica³

Autor do korespondencji (e-mail): marcin.makowka@p.lodz.pl

¹ Politechnika Łódzka, Instytut Inżynierii Materiałowej, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

² Centrum Badań Kosmicznych PAN, ul. Bartycka 18a, 00-716 Warszawa

³ Spacive Sp. z o.o, ul. Augustówka 36, 02-981 Warszawa

MODYFIKACJA POWIERZCHNI ELEMENTÓW PAR CIERNYCH PRZEZNACZONYCH DO PRACY W PRÓŻNI ORAZ W ZAPYLENIU REGOLITEM KSIĘŻYCOWYM

Słowa kluczowe: powłoka MoS₂, rozpylanie magnetronowe, PVD, tribologia

Powłoki z MoS₂ i MoS₂(Ti, W) wytworzone metodą rozpylania magnetronowego, przebadano pod względem ich potencjału w modyfikacji powierzchni elementów par ciernych pracujących w warunkach obniżonej wilgotności oraz w warunkach symulujących przestrzeń kosmiczną (próżnia oraz zmienne temperatury charakterystyczne dla przebywania/transportu w przestrzeni kosmicznej), a także w zapyleniu typowym dla powierzchni Księżyca. Powłoki osadzone na stali łożyskowej AISI 52100 przebadano pod względem ich morfologii, składu chemicznego oraz grubości, a także określono ich właściwości tribologiczne w parze ciernej ze stalą AISI 52100 tj. współczynnik suchego tarcia ślizgowego metodą pin-on-disc i zużycie wynikające z tarcia. Testy tribologiczne przeprowadzono w warunkach kontrolowanej atmosfery i zredukowanej wilgotności do wartości ok. 1% RH oraz dodatkowo w warunkach symulujących zapylenie regolitem księżycowym. W komorze próżniowej przeprowadzono także badania tribologiczne wytworzonych powłok w warunkach próżni (rzędu 10⁻³ Pa) oraz w warunkach zmiennej temperatury (od -60°C do 120°C). Powłoki MoS₂ oraz MoS₂TiW charakteryzują się bardzo niskim współczynnikiem tarcia w parze ciernej ze stalą AISI 52100, nawet rzędu $\mu < 0.05$ z zachowaniem dobrej odporności na zużycie wynikające z tarcia, k_v rzędu 10⁻¹⁶ m³N⁻¹m⁻¹, we wszystkich badanych warunkach. Zachowują także swoje właściwości niskotarciowe w badanym zakresie temperatur.

**Joanna Korzekwa¹, Adam Jarząbek¹, Marek Bara¹, Mateusz Niedźwiedź¹,
Krzysztof Cwynar²**

Autor do korespondencji (e-mail): joanna.korzekwa@us.edu.pl

¹ Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Nauk ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, 75 Pułku Piechoty 1a, 41-500 Chorzów

² Instytut Chemii, Wydział Nauk ścisłych i Technicznych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, Szkolna 9, 40-006 Katowice

BADANIE ODPORNOŚCI NA ZUŻYCIE TWARDYCH ANODOWANYCH POWŁOK $Al_2O_3/IF-WS_2$

Słowa kluczowe: Al_2O_3 , zużycie, IF- WS_2

Wysokowytrzymałe stopy aluminium są szeroko stosowane w przemyśle maszynowym, motoryzacyjnym i lotniczym ze względu na ich wyjątkowe właściwości mechaniczne w stosunku do masy. Jednak bez odpowiedniej obróbki powierzchni, aluminium i jego stopy są bardzo podatne na zużycie adhezyjne w wyniku kontaktu ciernego. Odporność na zużycie jest kluczowym czynnikiem w praktycznym zastosowaniu tych materiałów, co sprawia, że badania laboratoryjne stają się niezbędne. Zużycie materiałów można ograniczyć, stosując środki smarne lub modyfikując skład materiału. W ostatnich dekadach znaczące wysiłki badawcze skupiły się na opracowaniu różnych modyfikacji w celu zwiększenia wydajności tribologicznej powłok anodowych na stopach aluminium. Porowatość warstw tlenku anodowego jest uważana za cechę funkcjonalną, działającą jako zbiornik środków smarnych. Ta cecha umożliwia projektowanie samosmarujących systemów, które skutecznie zmniejszają tarcie i zużycie. W niniejszym cyklu badań zbadano właściwości zużycia powłok $Al_2O_3/IF-WS_2$ w kontakcie z żeliwnym trzpieniem. Wyniki obejmują analizę współczynnika tarcia, intensywności zużycia partnera tribologicznego oraz charakterystykę śladów zużycia.

**Mirosław Szala¹, Mariusz Walczak¹, Małgorzata Grądzka-Dahlke²,
Marzena Tokarewicz², Dariusz Perkowski², Wojciech J. Nowak³, Andrzej Gradzik³,
Tadeusz Kubaszek³**

Autor do korespondencji (e-mail): m.szala@pollub.pl

¹ Katedra Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska

² Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka

³ Katedra Nauki o Materiałach, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska

OCENA ODPORNOŚCI NA EROZJĘ KAWITACYJNĄ STOPÓW WYSOKOENTROPOWYCH TYPU NiCoCrAlFeTi_(x)

Słowa kluczowe: stopy wysokiej entropii (HEA), erozja kawitacyjna, mikrostruktura, twardość

Stopy o wysokiej entropii (HEA) mają potencjał w szerokim zakresie zastosowań, szczególnie w warunkach pracy elementów urządzeń przepływowych. Celem badań było określenie wpływu zawartości tytanu na odporność na erozję kawitacyjną stopów NiCoCrAlFeTi_(x). Badano stop bez dodatku tytanu oraz stopy wytapiane indukcyjnie o zawartości tytanu w zakresie $x = 0,05, 0,2$ i $0,5$. Badania odporności na erozję kawitacyjną przeprowadzono zgodnie z normą ASTM G32. Odporność erozyjną odniesiono do odporności stali nierdzewnej. Analiza metalograficzna pozwoliła na identyfikację różnic w mikrostrukturze stopów NiCoCrAlFeTi_(x). Powierzchnie erodowane badano za pomocą profilometru, optycznej i skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM-EDS). Zidentyfikowano mechanizmy erozji. Dodatek tytanu zwiększa twardość i obniża prędkość erozji stopów HEA. Odporność na erozję kawitacyjną stopów HEA jest wyższa niż referencyjnej stali nierdzewnej AISI 304. Badania potwierdzają, że stopy typu NiCoCrAlFe zawierające tytan cechują się wysoką odpornością erozyjną.

Badania powstały w ramach zadania zleconego pn. „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego” finansowanego z dotacji celowej Ministra Edukacji i Nauki nr umowy MEiN/2022/DPI/2578 działanie „ISKRA – budowanie międzyuczelnianych zespołów badawczych”

www.viacarpatia.pro

Finansowane ze środków Ministra Nauki w ramach zadania zleconego
pn. „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego”.



Minister
Nauki



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

**Mariusz Walczak¹, Mirosław Szala¹, Wojciech J. Nowak², Tadeusz Kubaszek²,
Andrzej Gradzik², Małgorzata Grądzka Dahlke³, Dariusz Perkowski³,
Marzena Tokarewicz³**

Autor do korespondencji (e-mail): m.walczak@pollub.pl

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

² Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Polska

³ Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, Wiejska 45 C, 15-351 Białystok, Polska

WPLYW DODATKU MOLIBDENU NA RÓŻNE FORMY ZUŻYCIA W ŚRODOWISKACH PŁYNÓW STOPU O WYSOKIEJ ENTROPII AlCoCrFeNiMo_x

Słowa kluczowe: stopy wysokiej entropii, korozja, erozja kawitacyjna, zużycie

Od materiałów stosowanych na elementy pracujące w uciążliwych środowiskach płynnych wymaga się doskonałej odporności na różne formy zużycia (zużycie ślizgowe, kawitację i zużycie korozyjne). Mając na uwadze powyższe wymagania, stopy wysokiej entropii (HEA) wydają się dość obiecująco materiałami do tego typu aplikacji. W pracy poddano badaniu stop o wysokiej entropii AlCoCrFeNiMo_x (gdzie x w stosunku mol. wynosił odpowiednio: 0, 0.05, 0.01, 0.15, 0.2 i 0.25) i porównano do stali AISI 304L. Stopy HEA wykonano w technologii topienia łukowego w próżni. Oceniano wpływ dodatku molibdenu na strukturę, twardość, korozję oraz zużycie ścierne i erozję kawitacyjną. Zarówno testy korozyjne i zużycia ślizgowego (ball-on-disc) przeprowadzono w roztworze 3.5% NaCl. Z kolei testy odporności na erozję kawitacyjną wykonano w wodzie destylowanej wg normy ASTM G32. Dodatek molibdenu do stopu HEA powoduje wystąpienie fazy σ oraz fazy międzymetalicznej, a także zmiany w mikrostrukturze prowadzące do rozdrobnienia ziaren i uzyskania struktury o wzorze mozaiki (dla największej zawartości Mo). Ponadto stwierdzono, że dodatek Mo powoduje poprawę odporności na korozję, wyższą twardość i wzrost odporności na zużycie ślizgowe. Przy czym najkorzystniejsze rezultaty uzyskano dla wariantu $\text{AlCoCrFeNiMo}_{0.25}$. Z kolei pod względem odporności na erozję kawitacyjną najlepsze właściwości wykazywał stop $\text{AlCoCrFeNiMo}_{0.15}$.

Wojciech Okuniewski¹, Mariusz Walczak¹, Dariusz Chocyk²

Autor do korespondencji (e-mail): wojciech.okuniewski@pollub.edu.pl

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

² Katedra Fizyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska, Nadbystrzycka 36D, Lublin 20-618, Polska

ZACHOWANIE KOROZYJNE NAGNIATANEGO STOPU Ti6Al4V WYTWARZANEGO METODĄ KONWENCJONALNĄ I ADDYTYWNĄ

Słowa kluczowe: stopy tytanu, wytwarzanie addytywne, nagniatanie, korozja.

Stop tytanu Ti6Al4V jest szeroko stosowanym stopem w medycynie. Jego właściwości są badane w różnych aspektach poprawy właściwości warstwy wierzchniej, a następnie porównywane z konwencjonalnym odpowiednikiem. W przeprowadzonych badaniach zbadano zachowanie korozyjne nagniatanego Ti-6Al-4V przygotowanego przy użyciu bezpośredniego spiekania laserowego metali (DMLS) w 0,9% roztworze NaCl za pomocą elektrochemicznych testów korozyjnych i porównano je z stopem tytanu wykonanym w technologii konwencjonalnej. Nagniatanie strumieniowe przeprowadzono na uprzednio wypolerowanych próbkach, a następnie poddano obróbce śrutem ze stali CrNi. Wybrano dwa zestawy ciśnienia nagniatania: 0,3 i 0,4 MPa. Próbkki konwencjonalne charakteryzowały się strukturą $\alpha + \beta$, podczas gdy próbki addytywne posiadały strukturę martenzytyczną $\alpha' + \beta$. Uzyskane wyniki wskazują, że odporność na korozję konwencjonalnego stopu Ti-6Al-4V była wyższa niż stopu Ti-6Al-4V wytwarzanego metodą DMLS. Najniższe gęstości prądu korozji odnotowano dla nieobrobionych powierzchni próbek CM/ref i DMLS/ref i osiągnęły one odpowiednio 0,041 i 0,070 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Co więcej, rozwinięcie powierzchni ma wpływ na zachowanie korozyjne. W związku z tym wzrost ciśnienia powoduje gorszą odporność na korozję. Jednakże uzyskane wyniki EIS (electrochemical impedance spectroscopy), związane z zachowaniem korozyjnym w niskich częstotliwościach, były korzystniejsze dla próbek nagniatanych. Wszystkie powierzchnie próbek odnośnie odporności korozyjnej spełniały wymagania stawiane biomateriałom do zastosowań medycznych.

Alicja Krella

Autor do korespondencji (e-mail): alicja.krella@imp.gda.pl
Instytut Maszyn Przepływowych Polska Akademia Nauk, Gdańsk

PARAMETRY CHROPOWATOŚCI W ANALIZIE EWOLUCJI USZKODZEŃ POWIERZCHNI SPOWODOWANYCH EROZJĄ KAWITACYJNĄ

Słowa kluczowe: chropowatość; uszkodzenia powierzchni; stal austenityczna; powłoka PVD

Praca przedstawia pomocną rolę pomiarów chropowatości w analizie degradacji materiałów o różnych właściwościach powierzchni spowodowanej erozją kawitacyjną. Badanymi materiałami były: wielowarstwowa powłoka CrN/CrCN osadzona metodą katodowego odparowania łukowego (PVD) oraz stal X6CrNiTi18-10. Badania erozji przeprowadzono w tunelu kawitacyjnym przy ciśnieniu wlotowym 600 kPa. Pomiary chropowatości prowadzono po każdej ekspozycji wzdłuż siatki obejmującej obszar erozji. Powłoka CrN/CrCN wydłużyła okres inkubacji. Obserwacje mikroskopowe powłoki prowadzone po 180 min badań wykazały pofalowanie powłoki, pęknięcia na wypukłościach oraz wgłębienia od mikro-strug kawitacyjnych. W przypadku stali austenitycznej, obserwowano typowe dla tej stali pasma poślizgu i bliźniaki odkształcenia. Parametry: R_a , R_z , R_p , R_v , R_{Sm} , R_{ku} i R_{sk} były mierzone. Wraz z czasem badań wzrastały R_a , R_z , R_p i R_v , a ich rozkład na powierzchni ujawniał obszar silnej erozji. Parametry R_{Sm} wykazały porównywalną gęstość wżerów kawitacyjnych, wskazując tym samym niewielką zależność od właściwości powierzchni. R_p i R_v wykazały, że amplitudy wżerów i wybrzuszeń są zbliżone do siebie, co było zgodne z R_{sk} . Średnia głębokość wnikania erozji (MDE) w niepowlekanej stali była proporcjonalna do sumy wartości R_v . W układzie z powłoką MDE korelowało z sumą wartości R_v z obszaru erozji odsłoniętego podłoża. Parametr R_v jest bardziej odpowiedni do analizy degradacji powierzchni powodowanej przez erozję kawitacyjną niż R_a .

Mirosław Szybowicz¹, Tomasz Runka¹, Agnieszka Szuster-Janiaczyk², Alina Pruss², Małgorzata Komorowska-Kaufman²

Autor do korespondencji (e-mail): miroslaw.szybowicz@put.poznan.pl

¹ Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, u. Piotrowo 3, 60-965 Poznań

² Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, ul. Berdychowo 4, 60-965 Poznań

POLIMERY-MIKROPLASTIK. MATERIAŁ CZY ZAGROŻENIE? POSZUKIWANIE ALTERNATYWY MATERIAŁOWEJ.

Słowa kluczowe: mikroplastiki, spektroskopia optyczna, polimery

Problem obecności drobin plastiku w środowisku jest zagadnieniem, które od około 10 lat jest przedmiotem intensywnego zainteresowania świata nauki. Jednym z obszarów zanieczyszczenia, które budzą zainteresowanie w szczególności jest zanieczyszczenie drobinami plastików środowiska wodnego. W ostatnich latach zaczęły pojawiać się badania pokazujące zawartość drobin plastiku w wodzie pochodzącej z sieci wodociągowych i instalacji wewnętrznych. Niestety, liczba tych badań jest nadal ograniczona, co sprawia, że nie dostarczają one jednoznacznego obrazu skali problemu. Wśród wielu identyfikowanych w środowisku wodnym polimerów, najczęściej spotykanymi cząstkami są: polietylen (PE), polipropylen (PP), polistyren (PS), polichlorek winylu (PVC), politereftalan etylenu (PET).

Przedstawione wyniki badań pokazują skalę występowania problemu będącą wynikiem oddziaływania wody, zarówno w procesie statycznym jak i dynamicznym, z materiałami tworzywowymi obecnie szeroko stosowanymi w instalacjach zaopatrywania w wodę. W analizie wyników badań zastosowano różnorodne techniki badawcze, w tym spektroskopię optyczną, które pozwoliły na identyfikację mikroplastików w wodzie wodociągowej. Wskazano także na potrzebę stworzenia powtarzalnej i ustandaryzowanej analizy materiałowej mikroplastików oraz zaproponowano poszukiwanie alternatywnych materiałów dla nowej klasy systemów sieci wodociągowej.

Badania zostały wykonane w ramach projektu Grant rektorski Politechnika Poznańska nr 0511/SIGR/2252 oraz Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego 0511/SBAD/2551.

Piotr Zawadzki¹, Łukasz Kaczmarek¹, Konrad Dybowski¹, Magdalena Balik¹

Autor do korespondencji (e-mail): piotr.zawadzki@p.lodz.pl

Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Inżynierii Materiałowej, Stefanowskiego 1/15,
90-537 Łódź

GRAPHENE MEMBRANES FOR WATER FILTRATION - MOLECULAR MODELING ANALYSIS

Słowa kluczowe: grafen, filtracja wody, modelowanie molekularne

W ramach prowadzonych prac badawczych określono mechanizm filtracji wody na membranach sfunkcjonalizowanego i przestrzennie usieciowanego grafenu. Przy wykorzystaniu narzędzi chemii i fizyki kwantowej zamodelowano szereg potencjalnych typów zdefektowania struktur grafenowych, dla których przeprowadzono analizy dynamiczne transportu cząsteczek wody z dodatkiem jonów Na^+ i Cl^- . Analizie poddano m.in.: Defekt Thrower Stone Wales, Defekt trzy pary pierścieni pięcio- i siedmiowęglowych, defekty pojedynczy i podwójny wakans. Jednocześnie określono energie zamodelowanych układów, energie poszczególnych etapów filtracji oraz określono ich prawdopodobieństwo zajścia w rzeczywistych układach. Wykazano, że ze względu na wymianę atomów wodoru pomiędzy cząsteczką wody a obszarem zdefektowanego grafenu możliwe jest prowadzenie filtracji wody nawet dla defektów wielkości bliskich 10 atomów węgla.

Ponadto wykazano, że:

1. Występowanie defektów strukturalnych w postaci 5 czy 7 oraz 8 pierścieniowych w różnych ich konfiguracjach stanowi również jak struktura grafenu, barierę nie do przejścia dla cząsteczki wody.
2. W przypadku występowania wakansów w strukturze grafenu zauważono, że filtracja może zajść w obecności pojedynczego wakansu w przeciwieństwie do podwójnego. Prawdopodobnie jest to wynikiem ilości występujących atomów wodoru w obrębie defektu (odpowiednio 4 i 6), co w przypadku podwójnego wakansu, zawada przestrzena blokuje lub wręcz uniemożliwia przejście cząsteczki wody bez naruszenia jej stabilności termodynamicznej.
3. Nie stanowi natomiast bariery struktura, w przypadku której stwierdza się obecność defektów liniowych.

**Patrycja Zakrzewska¹, Dorota Głowacz-Czerwona², Monika Kuźnia¹,
Tadeusz Telejko¹**

Autor do korespondencji (e-mail): trestka@agh.edu.pl

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Katedra Techniki Ciepłej i ochrony Środowiska

² Politechnika Rzeszowska, Wydział Chemiczny, Katedra Chemii Organicznej

ZAGOSPODAROWANIE TŁUSZCZY ODPADOWYCH W PRODUKCJI ZRÓWNOWAŻONYCH MATERIAŁÓW POLIURETANOWYCH

Słowa kluczowe: zagospodarowanie odpadów, zrównoważone materiały, sztywne pianki poliuretanowe

Sztywne pianki poliuretanowe (PUR) to bardzo obiecujący materiał wykorzystywany głównie do termoizolacji budynków. PUR swoją popularność zawdzięcza głównie łatwości dostosowania własności do wymagań aplikacyjnych. Ponadto PUR to materiały porowate o budowie zamkniętokomórkowej cechujące się niską gęstością pozorną, obojętnością chemiczną oraz najniższym współczynnikiem przewodzenia ciepła w odniesieniu do dostępnych komercyjnie materiałów termoizolacyjnych. Wadą PUR jest fakt, że do ich produkcji wykorzystywane są substancje petrochemiczne. W celu wyprodukowania materiałów zrównoważonych w technologii PUR można zaobserwować dwa trendy: zastępowanie częściowo poliolu petrochemicznego bio-poliolami produkowanymi z surowców odnawialnych lub dodatek napęlniaczy.

Prowadzone badania przedstawiają wpływ dodatku biodegradowalnych napęlniaczy na własności sztywnej pianki poliuretanowej. Ponadto w prezentowanych badaniach przedstawiono nowatorską metodę efektywnego zagospodarowania tłuszczów pochodzących ze ścieków. Metoda ta otwiera nowe możliwości w produkcji ekologicznych komponentów do sztywnych pianek poliuretanowych.

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu nr 2023/49/N/ST11/01000 [PRELUDIUM-22] oraz przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach działalności statutowej AGH nr 16.16.110.663.

Beata Zygmunt-Kowalska¹, Monika Kuźnia¹, Dorota Głowacz-Czerwonka²

Autor do korespondencji (e-mail): zygmunt@agh.edu.pl

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

² Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

MOŻLIWOŚCI RECYKLINGU SZTYWNEJ PIANKI POLIURETANOWEJ MODYFIKOWANEJ POPIOŁEM LOTNYM

Słowa kluczowe: termoizolacja, gospodarka obiegu zamkniętego, poliuretan, napelniacz

Rosnąca popularność napelniaczy w sztywnej piance poliuretanowej (RPUF) wynika z globalnych założeń zrównoważonego rozwoju oraz potrzeby ograniczenia wykorzystania surowców kopalnych. Jednym z stosowanych napelniaczy jest popiół lotny (FA), powstający jako produkt uboczny spalania węgla. Kompozyt RPUF modyfikowany 10% wag. popiołu lotnego (RPUF_10FA) charakteryzuje się wysokimi właściwościami użytkowymi, jednak dotychczas nie opracowano efektywnej metody jego recyklingu. W niniejszej pracy przedstawiono trzy metody zagospodarowania RPUF_10FA: spalanie, rozdrabnianie oraz glikolizę. Analiza wartości opałowej materiału (24 434 J/g) oraz zawartości węgla (60,8%) i wodoru (7,1%) wskazuje na jego potencjał jako paliwa w odzysku energii. Drugim podejściem było rozdrobnienie pianki i wykorzystanie granulatu (5% mas.) jako dodatku do nowej pianki poliuretanowej, co pozwoliło uzyskać materiał o zadowalających parametrach izolacyjnych ($\lambda=33$ mW/m·K). Trzecią metodą była glikoliza, wykorzystująca glikol etylenowy, etanoloaminę oraz stearynian cynku, która pozwoliła na odzysk polioliu do ponownego wykorzystania w syntezie materiałów poliuretanowych. Proces ten przeprowadzono w dwóch temperaturach – 170°C oraz 200°C – w celu oceny jego wydajności.

Badania zostały sfinansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego [grant AGH-UST nr 16.16.110.663] oraz program „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Polska [projekt nr 501.696.7996]

Elżbieta Malewska¹, Maria Kurańska¹, Michał Kucała², Aleksander Prociak¹

Autor do korespondencji (e-mail): elzbieta.malewska@pk.edu.pl

¹ Katedra Chemii i Technologii Polimerów, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, Kraków

² Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, Kraków

CHEMOLIZA BIOPIANEK POLIURETANOWYCH I MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA OTRZYMANYCH REBIOPOLIOLI W NOWYCH BIOMATERIAŁACH

Słowa kluczowe: poliuretany, biopianki, recykling, chemoiliza, rebiopoliolie

Pianka poliuretanowa jest jednym z najbardziej wszechstronnych polimerów szeroko stosowanych w budownictwie jako izolacja termiczna czy do produkcji materacy, mebli tapicerowanych oraz materiałów wygłuszających. Ze względu na potrzebę zwiększenia efektywności energetycznej budynków, rośnie zapotrzebowanie na wysokowydajne materiały termoizolacyjne. Zgodnie z ideą gospodarki o obiegu zamkniętym, surowce pochodzące ze źródeł odpadowych powinny być wykorzystywane ponownie do syntezy przyjaznych dla środowiska materiałów polimerowych.

Przeprowadzono badania nad możliwością zastosowania nowych komponentów - rebiopolioli do syntezy nowych biomateriałów poliuretanowych. Rebiopoliolie otrzymano w reakcji recyklingu chemicznego biopianek poliuretanowych syntezowanych z biopolioli o różnej budowie chemicznej. Przeanalizowano wpływ nowych biokomponentów na proces spieniania systemów poliuretanowych, strukturę komórkową oraz właściwości fizyko-mechaniczne nowych pianek poliuretanowych do różnych zastosowań.

Badania realizowano w ramach projektu SONATA UMO-2021/43/D/ST5/01222

„Analiza możliwości chemolizy bio-materiałów poliuretanowych syntezowanych z bio-polioli o różnej strukturze chemicznej i analiza wpływu otrzymanych bio-recyklatów na proces ekspansji i właściwości nowych bio-poliuretanów” finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

Agnieszka Twardowska

Autor do korespondencji (e-mail): agnieszka.twardowska@uken.krakow.pl

Instytut Nauk Technicznych, Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

**OTRZYMYWANIE TLENKU TYTANU METODĄ ABLACJI W CIECZY,
CHARAKTERYSTYKA MIKROSTRUKTURY I WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI
CZĄSTEK I ZAWIESIN**

Słowa kluczowe: ablacja laserowa w cieczy, tlenek tytanu, mikrostruktura, właściwości

Metoda ablacji laserowej w cieczy została z powodzeniem wykorzystana do wytworzenia zawiesin cząstek tlenku tytanu o kształcie kulistym i średnicach od 18 nm do 10 mikrometrów. Proces ablacji prowadzono w wodzie przy użyciu lasera światłowodowego (iterbowego) o działaniu impulsowym ($\lambda = 1065$ nm, 4 ns, 50 kHz, mocy nominalnej 60 W), wykorzystując tarczę tytanową. Przeprowadzono pomiary wielkości cząstek w zawiesinach metodą optyczną oraz badania właściwości optycznych (w zakresie 200 nm -1100 nm). Po sedymentacji i osuszeniu z zawiesin, otrzymany proszek poddano badaniom mikrostrukturalnym z wykorzystaniem mikroskopii elektronowej skaningowej SEM oraz skaningowo-transmisyjnej STEM, którym towarzyszyła analiza składu chemicznego metodą EDS. Skład fazowy proszku analizowano na podstawie widm XRD w geometrii Bragg-Brentano. Głównym składnikiem fazowym otrzymanych proszków po osuszeniu z zawiesin był TiO_2 w odmianie anatazu i rutylu. Stwierdzono także obecność innych tlenków tytanu o stosunku Ti:O różnym od 1:2. Udział tych faz w osuszonym produkcie była zmienna, zależnie od zastosowanej mocy wiązki laserowej. Optyczna przerwa energetyczna otrzymanych zawiesin wahała się od 2,15 do 3,88 eV. Maksimum transparencji zawiesin przesunęło się w kierunku podczerwieni, wraz z wzrastającą mocą lasera.

Leszek Łatka¹, Karolina Płatek¹, Monika Michalska², Anna Gibas³

Autor do korespondencji (e-mail): leszek.latka@pwr.edu.pl

¹ Katedra Obróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii, Politechnika Wrocławska, Wrocław, Polska

² Katedra Procesów Chemicznych i Fizyko-Chemicznych, VSB-Uniwersytet Techniczny w Ostrawie, Ostrawa, Republika Czeska

WPLYW WYBRANYCH PARAMETRÓW PROCESU NATRYSKIWANIA PLAZMOWEGO NA MIKROSTRUKTURĘ ORAZ WŁASNOŚCI FOTOKATALITYCZNE POWŁOK TiO₂

Słowa kluczowe: natryskiwanie plazmowe, powłoki fotokatalityczne, TiO₂

Poniższa praca dotyczy powłok TiO₂ naniesionych metodą natryskiwania plazmowego proszkowego (APS) w mieszance argonowo-wodorowej. Badano wpływ natężenia przepływu wodoru, odległości natryskiwania i natężenia podawania proszku na mikrostrukturę oraz własności fotokatalityczne otrzymanych powłok. Obserwacje mikroskopowe potwierdziły obecność rozdrobnionej struktury, co wpływa korzystnie na wielkość powierzchni właściwej. Porowatość powłok mieści się w zakresie od 2 do 4 % obj., co wskazuje na ich zwartą budowę. Przeprowadzone badania analizy fazowej wykazały zawartość anatazu od 41 do 65 % obj. Aktywność fotokatalityczna określona po 3h naświetlania światłem UV wynosiła od 24 do 52 %. Wyniki te są skorelowane z parametrami procesu natryskiwania. Większa odległość natryskiwania sprzyja konstytuowaniu się powłok o większej powierzchni właściwej oraz zawartości anatazu. Oba wskaźniki wpływają korzystnie na poprawę własności fotokatalitycznych. Natomiast zwiększanie natężenia podawania proszku powoduje odmienne wyniki.

**Jarosław Konieczny¹, Krzysztof Labisz¹, Henryk Bąkowski¹, Łukasz Reimann²,
Paweł Nuckowski²**

Autor do korespondencji (e-mail): jaroslaw.konieczny@polsl.pl

¹ Katedra Transportu Kolejowego, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, Politechnika Śląska

² Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska

STRUKTURA I WŁAŚCIWOŚCI WARSTWY CuNi30Fe ORAZ CuAg NANOSZONEJ METODĄ TIG NA POWIERZCHNIĘ MIEDZI Cu-ETP

Słowa kluczowe: miedź, TIG, mikrostruktura, odporność na korozję, odporność na ścieranie

Badania zostały wykonane w celu analizy możliwości zastosowania reprofilacji metodą TIG uszkodzonej prowadnicy izolatora sekcyjnego wykonanej z miedzi elektrolitycznej twardej Cu-ETP, która jest elementem izolatora sekcyjnego trakcji kolejowej.

W pracy przedstawiono wyniki badań mikrostruktury wykonanej za pomocą mikroskopii świetlnej jak i mikroskopii elektronowej skaningowej (SEM) z wykorzystaniem mikroanalizy składu chemicznego w mikroobszarach (EDS). Na podstawie wyników badań stwierdzono obecność granicy między materiałem podłoża (Cu-ETP) a naniesioną warstwą CuNi30Fe oraz CuAg. Analiza składu chemicznego potwierdziła dyfuzję atomów Ni oraz Fe a w drugim przypadku Ag do materiału podłoża.

Na podstawie wyników badań tribologicznych stwierdzono, że najmniejszym ubytkiem masy charakteryzowała się miedź Cu-ETP (0,4 mg), większym stop CuAg (0,88 mg) a największym stop CuNi30Fe (0,98 mg).

W badaniu potencjodynamicznym stwierdzono, że próbka CuNi30Fe odznaczała się największą wartością potencjału przebicia $E_{pr} = -59$ mV, przy -89 mV dla próbki Cu, co świadczy o jej lepszej odporności na korozję, w szczególności na korozję wżerową. Ponadto stwierdzono, że napawana na podłożu miedziane (Cu) warstwa niklu i żelaza (CuNi30Fe) spowodowała obniżenie odporności na działanie korozyjne chlorków w badanym środowisku, zmniejszyła się rezystancja polaryzacyjna oraz odpowiadającej temu większej wartości gęstości prądu korozyjnego dla próbki CuNi30Fe.

**Beata Majkowska-Marzec¹, Patryk Tęczar, Michał Bartmański¹, Kacper Staszewski,
Joanna Sypniewska¹**

Autor do korespondencji (e-mail): beata.majkowska@pg.edu.pl

¹ Zakład Technologii Biomateriałów, Instytut Technologii Maszyn i Materiałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Polska

WPLYW POWŁOKI WĘGLOWEJ NA NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI MODYFIKOWANEGO LASEROWO PODŁOŻA TYTANOWEGO

Słowa kluczowe: modyfikacja laserowa, tytan, powłoka węglowa

Celem badań było określenie wpływu powłoki z nanorurek węglowych (MWCNTs) na właściwości powierzchniowe stopu Ti13Nb13Zr poddanego modyfikacji laserowej. Powłokę węglową naniesiono metodą elektroforetyczną, a następnie próbki poddano modyfikacji z użyciem lasera impulsowego (Nd:YAG). Analiza wyników wykazała, że zastosowanie powłoki węglowej sprzyja powstawaniu węglików tytanu, zwiększa głębokość i równomierność przetopu oraz prowadzi do rozdrobnienia mikrostruktury. Próbki z powłoką wykazały wyraźny wzrost nanotwardości i obniżenie modułu Younga, co korzystnie wpływa na zgodność mechaniczno-biologiczną implantu. Zmodyfikowane warstwy charakteryzowały się także większą odpornością na korozję (wyższy potencjał i niższy prąd korozyjny) oraz na zużycie mechaniczne. Wyniki wskazują, że zastosowanie powłoki węglowej w połączeniu z obróbką laserową znacząco poprawia właściwości funkcjonalne powierzchni tytanu.

Anna Dychalska, Filip Moszczyński

Autor do korespondencji (e-mail): anna.dychalska@put.poznan.pl

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej, Politechnika Poznańska, Piotrowo 3, 60-965 Poznań

WPŁYW WYTRAWIANIA PLAZMOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI CIENKICH WARSTW DIAMENTOWYCH CVD

Słowa kluczowe: warstwy diamentowe CVD, Raman, plazma

Badania te prezentują możliwość zastosowania procesu wytrawiania plazmowego do modyfikacji właściwości strukturalnych i powierzchniowych cienkich warstw diamentowych CVD (ang. Chemical Vapor Deposition). W pracy wykorzystano warstwy diamentowe o różnej wielkości kryształitów diamentowych oraz o różnej zawartości grafitopodobnego węgla, występującego głównie na granicach ziaren. Proces wytrawiania plazmowego przeprowadzono w komercyjnie dostępnym urządzeniu Plasma Cleaner PDC-32G-2 firmy Harrick Plasma, wykorzystującym do generowania plazmy pole elektromagnetyczne o częstotliwościach z zakresu RF (ang. radio frequency).

Warstwy diamentowe były poddawane procesowi wytrawiania przez 30 minut od osiągnięcia optymalnego wzbudzenia plazmy, przy ciśnieniu powietrza technicznego rzędu $5 \cdot 10^{-2}$ mbar i mocy źródła RF 18 W. Charakteryzacja właściwości strukturalnych i powierzchniowych cienkich warstw diamentowych przed, jak i po procesie wytrawiania w plazmie azotowo-tlenowej, zostały przeprowadzone techniką spektroskopii Ramana (długość fali 514,5 nm) i kąta zwilżania (woda demineralizowana). Zaobserwowano radykalną zmianę zwilżalności powierzchni warstw diamentowych, z hydrofobowej na silnie hydrofilową. Jednocześnie, zarówno obrazy z mikroskopu optycznego, jak i analiza widm Ramana, nie wykazały znacznych zmian strukturalnych, wskazując tym samym na możliwość zastosowania wytrawiania plazmowego do modyfikacji właściwości powierzchni warstw diamentowych.

**Sebastian Lipa¹, Paulina Byczkowska¹, Emila Brancewicz-Steinmetz¹,
Sarah Geyskens², Mootaz Ben Zinouba³, Jacek Sawicki¹**

Autor do korespondencji (e-mail): sebastian.lipa@p.lodz.pl

¹ Institute of Materials Science and Engineering, Lodz University of Technology, Stefanowskiego 1/15, 90-924 Lodz, Poland

² Department of Electromechanical, Systems and Metal Engineering (EMSME), Faculty of Engineering and Architecture, Ghent University, Ghent, Belgium, Tech Lane Ghent Science Park - Campus A Technologie park 131 B-9052 Gent

³ Department of Mechanical Engineering, National Engineering School of Tunis, University of Tunis El Manar. University Campus El Manar, BP37, Le Belvédère, Tunis 1002, Tunisia

ANALIZA ZACHOWANIA WIELOMATERIAŁOWYCH STRUKTUR TPMS TYPU SCHWARZ PRIMITIVE (P) DRUKOWANYCH METODĄ FFF POD WPŁYWEM OBCIĄŻENIA ŚCISKAJĄCEGO

Słowa kluczowe: druk 3D; struktury TPMS; TPU; PLA; ściskanie

Techniki druku 3D umożliwiają szybkie i tanie tworzenie złożonych struktur TPMS [Triply Periodic Minimal Surfaces]. Zastosowanie kombinacji różnych materiałów w jednej strukturze TPMS otwierają nowe możliwości w budowaniu konstrukcji dla zastosowań wielofunkcyjnych. W pracy zaprojektowano i wytworzono hybrydowe (miętko – twarde) struktury TPMS Schwarz Primitive (P). Do wytworzenia struktury twardej użyto filamentu z polikwasu mlekowego (PLA) [struktura P], do struktury miękkiej zastosowano termoplastyczny półelastyczny poliuretan (TPU) [struktura T]. Wytworzono 3 różne kombinacje hybrydowych struktur TPMS: sandwich PTPTP, sandwich TPTPT, szachownice PT oraz dwie struktury jednorodne TPMS miękką T i twardą P. W celu porównania nośności konstrukcji komórkowych hybrydowych struktur TPMS zbadano je wg normy ISO 844:2021 pod działaniem siły ściskającej do 50% zgniotu. Próbkę badano w dwóch pozycjach, w osi prostopadłej i równoległej do powierzchni ścieżki druku. Wyniki wskazują, że strategiczne rozmieszczenie materiałów miękkich i twardych w strukturze hybrydowej Schwarz Primitive w porównaniu ze strukturami jednolitymi, umożliwia większą elastyczność w optymalizacji i „programowaniu” różnych parametrów mechanicznych. W ramach pracy zaprojektowano strukturę o rozszerzonym zakresie działania, zapewniającą optymalne właściwości pochłaniania energii podczas odkształcenia plastycznego, co jest szczególnie przydatne w projektowaniu elementów ochronnych.

Marek Adamiuk, Ewelina Głowacka, Tomasz Jabłoński, Jarosław Sułkowski, Piotr Skrzeczkowski

Autor do korespondencji (e-mail): m.adamiuk@polimer.com.pl

Polimer Sp. z o.o., Solec Kujawski, Polska

**NOWATORSKA KONSTRUKCJA DACHOWA Z TWORZYW TWEEN-SHEET
DLA CAMPERO-VANOW – WYNIKI PRAC B+R I PERSPEKTYWY
ZASTOSOWAŃ RYNKOWYCH**

Słowa kluczowe: kompozyt PUR-GF, płyty termoformowane, dach podnoszony

Prezentacja założeń innowacyjnej technologii wytwarzania kompozytu poliuretanowego zbrojonego włóknem szklanym w połączeniu z zewnętrzną warstwą wykonaną z płyty termoformowanej próżniowo, zastępującej tradycyjne wytwarzanie kompozytów poliestrowych metodą ręcznego formowania lub L-RTM, opracowanej w wyniku realizacji projektu pt. "Przeprowadzenie prac badawczo-rozwojowych nad opracowaniem konstrukcji dachowej do samochodów typu campero-van w technologii twin-sheet z opcjonalnym wykorzystaniem przezroczystych tworzyw sztucznych".

1. Streszczenie celów projektu i omówienie przyjętych założeń początkowych
2. Przedstawienie napotkanych trudności oraz wprowadzanych zmian
3. Prezentacja opracowanej technologii, opis procesu wytwarzania, wskazanie ograniczeń oraz przewag konkurencyjnych oraz perspektyw zastosowań rynkowych.

Marta Beata Krawczyk, Paweł Figiel, Rafał Przybylski, Konrad Kwiatkowski

Autor do korespondencji (e-mail): mkrawczyk@zut.edu.pl

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

OCENA WPŁYWU NATURALNYCH NAPEŁNIACZY NA CECHY KOMPOZYTÓW PLA WYTWORZONYCH W PROCESIE ADDYTYWNYM

Słowa kluczowe: PLA, wytwarzanie przyrostowe, kompozyty, napelniacze naturalne

Naturalne materiały coraz częściej stosowane są jako faza zbrojąca w kompozytach polimerowych, głównie ze względu na relatywnie niski koszt, niewielką masę, korzystne właściwości mechaniczne oraz biodegradowalność. Prowadzone są intensywne badania nad opracowaniem kompozytów wykorzystujących różnorodne materiały pochodzenia naturalnego, które mogłyby znaleźć zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Polimerowe materiały kompozytowe zazwyczaj otrzymywane są metodami konwencjonalnymi (pultruzja, wtrysk, odlewanie), jednak rozwój technologii addytywnych sprawił, że również w tym obszarze obserwuje się rosnące zainteresowanie ich zastosowaniem.

W niniejszej pracy przeanalizowano wpływ naturalnych napelniaczy w postaci włókien i proszków na właściwości kompozytów PLA. Oceniano takie parametry jak rozkład termiczny, gęstość, nasiąkliwość, skurcz, wytrzymałość na rozciąganie oraz udarność. Próbkę wytworzono techniką wytwarzania przyrostowego metodą wytłaczania (MEX – ang. *Material Extrusion*) przy stałych parametrach procesu dla wszystkich materiałów. Badaniom poddano komercyjnie dostępne kompozyty na bazie PLA z dodatkiem 40% drewna, bambusa i korka, a uzyskane wyniki porównano z czystym PLA.

Zauważono, że naturalne napelniacze obniżają gęstość oraz wytrzymałość na rozciąganie materiału, jednocześnie poprawiając jego udarność. Nie stwierdzono istotnego wpływu napelniaczy na stabilność termiczną kompozytów.

**Konrad Dybowski¹, Grzegorz Romaniak¹, Bartłomiej Januszewicz¹,
Anna Sobczyk-Guzenda¹, Jacek Grabarczyk¹, Witold Jakubowski¹,
Mariusz Dudek¹, Anna Jędrzejczak¹, Adam Puszkarz²**

Autor do korespondencji (e-mail): konrad.dybowski@p.lodz.pl

¹ Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

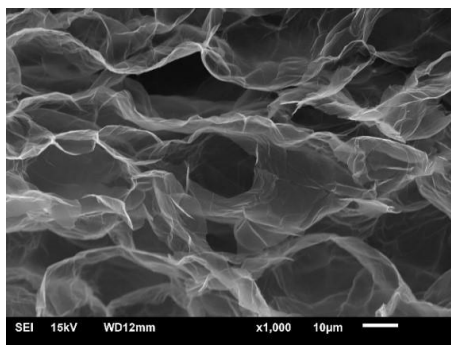
² Instytut Włókiennictwa, Politechnika Łódzka, ul Żeromskiego 116, 90-924 Łódź

SAMONOŚNA PIANA GRAFENOWA DO USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ Z WODY

Słowa kluczowe: grafen, piana grafenowa, sorpcja zanieczyszczeń, oczyszczanie wody

Porowate materiały grafenowe wzbudzają duże zainteresowanie ze względu na ich potencjalne zastosowanie w procesach filtracji, sorpcji lub katalizie. Istotnym wyzwaniem pozostaje jednak wytworzenie samonośnych struktur, bez konieczności stosowania dodatkowych materiałów wiążących. Zastosowanie bowiem spoiwa w znacznym stopniu ogranicza dostęp do aktywnej powierzchni grafenu i możliwość efektywnego jej wykorzystania, np. w sorpcji jonów z roztworów wodnych.

W tej pracy przedstawiono oryginalny sposób wytwarzania samonośnych pian grafenowych, które powstają w wyniku reakcji tlenku grafenu z oparami hydrazyny. Otrzymane piany zostały poddane kompleksowym badaniom obejmującym analizę struktury, składu chemicznego oraz określono ich właściwości mechaniczne. Uzyskane wyniki wskazują, że porowaty materiał węglowy zbudowany jest ze ścian – płatków zredukowanego tlenku grafenu (rGO), połączonych na krawędziach wiązaniami C-N, C=N. Wykonano również testy funkcjonalności tego materiału pod kątem potencjalnego zastosowania w oczyszczaniu wody. Piana ta, jak wykazano, charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami sorpcyjnymi w zakresie usuwania chloru i azotanów. Właściwości te są zdecydowanie lepsze od dotychczas stosowanych sorbentów.



Piana grafenowa – widok makroskopowy (z lewej) i jej mikrostruktura (z prawej)

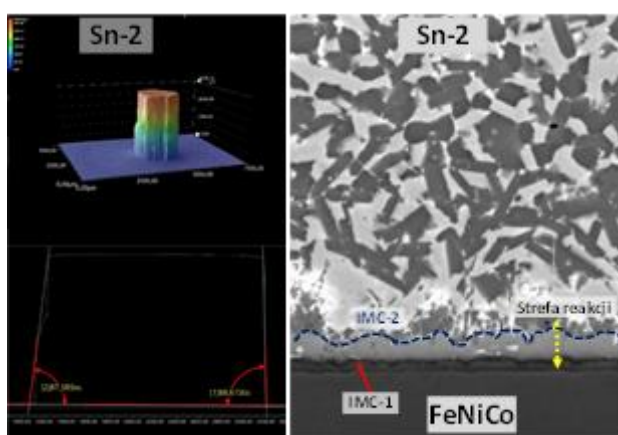
Anna Sypień, M. Janusz-Skuza, S. Terlicka, G. Garzeł, T. Czeppe

Autor do korespondencji (e-mail): a.sypien@imim.pl

Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. A. Krupkowskiego, PAN w Krakowie

**ZWILŻALNOŚĆ, MIKROSTRUKTURA I SKŁAD FAZOWY STREFY REAKCJI
WYSOKOTEMPERATUROWEGO SPAJANIA STOPU FeNiCo Z
AMORFICZNYMI STOPAMI NA BAZIE TYTANU**

Słowa kluczowe: zwilżalność, dyfuzja międzymetaliczna, lutowanie wysokotemperaturowe, amorficzne lutowie



Profil 3D kropli oraz mikrostruktura strefy reakcji złącza typu lutowie/FeNiCo po teście zwilżania

Nowoczesne zastosowania przemysłowe, szczególnie w lotnictwie, motoryzacji i sektorze kosmicznym, wymagają trwałego łączenia materiałów różnoimiennych przy zachowaniu niskiej masy i wysokich właściwości mechanicznych. Obiecującą metodą jest lutowanie wysokotemperaturowe, które nie topi metalu bazowego i pozwala zachować jego strukturę, pod warunkiem odpowiedniego doboru lutowia i parametrów procesu.

W niniejszej pracy badano łączenie stopu FeNiCo (4J29) za pomocą amorficznego lutowia TiCuZrPd z dodatkiem Pd i Sn. Testy zwilżalności wykazały, że kąt zwilżania waha się pomiędzy 47°, a 87° w zależności od rodzaju dodatku stopowego. Na granicy lutowie/podłoże wynikające z wzajemnej dyfuzji powstały dwie warstwy międzymetaliczne: Fe₂Ti (IMC_1) oraz Ti₂Cu/CuTi (IMC_2). Przeprowadzona analiza DSC wykazała, że materiał lutowniczy ma zdolność przechodzenia w ciecz przechłodzoną o wysokiej odkształcalności. Natomiast analiza termomechaniczna (TMA) potwierdziła liniową zmianę objętości aż do momentu plastycznego odkształcenia. Właściwości te umożliwiają dopasowanie się materiału lutowniczego do geometrii złącza, co pozwala – pomimo ograniczonej zwilżalności – na uzyskanie jednorodnego, trwałego połączenia bez defektów lutowniczych oraz bez konieczności stosowania warstw pośrednich i topników.

Podziękowania:

Praca została zrealizowana w ramach zadania statutowego IMIM PAN w Krakowie w roku 2024 w Akredytowanych Laboratoriach IMIM PAN

Magdalena Rozmus-Górnikowska

Autor do korespondencji (e-mail): rozmus@agh.edu.pl
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**CHARAKTERYSTYKA MIKROSTRUKTURY I SKŁADU CHEMICZNEGO
NAPOIN ZE STOPU NIKLU I STALI AUSTENITYCZNYCH NAPAWANYCH
METODĄ COLD METAL TRANSFER**

Słowa kluczowe: napoiny, Cold Metal Transfer, stale austenityczne, stopy niklu

Celem pracy była charakterystyka mikrostruktury i składu chemicznego napoin ze stopu niklu Inconel 625 oraz stali austenitycznych 310 i 309 napawanych metodą Cold Metal Transfer ze szczególnym uwzględnieniem mikrostruktury i składu chemicznego strefy przejściowej.

Przeprowadzone kompleksowe badania wykazały, że zastosowanie niskoenergetycznej metody napawania umożliwia uzyskanie napoin, które charakteryzują się wysoką jakością, wąską strefą przejściową z ograniczonym obszarem martenzytycznym, a jednocześnie silnym metalurgicznym połączeniem z podłożem.

Praca częściowo finansowana ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości –Uczelnia Badawcza” w AGH w Krakowie

Agnieszka Chaczyk^{1,2}, K. Pańcikiewicz², K. Janus³, J.J. Sobczak³, J. Krawczyk²

Autor do korespondencji (e-mail): chaczyk@agh.edu.pl

¹ SANHA Polska Sp. z o.o., ul. Poznańska 49, Legnica, 59-220, Polska

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Katedra Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

³ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa, Katedra Tworzyw Formierskich, Technologii Formy i Odlewnictwa Metali Nieżelaznych, ul. Reymonta 23, Kraków, 30-059, Polska

BADANIA KINETYKI ZWILŻALNOŚCI BEZOŁOWIOWYCH STOPÓW MIEDZI PRZEZ CIEKŁE BEZOŁOWIOWE LUTOWIE CYNOWE

Słowa kluczowe: bezołowiowe stopy miedzi, bezołowiowe lutowie cynowe, kąt zwilżania, metoda kropli leżącej

Praca dotyczy oceny zwilżalności trzech bezołowiowych stopów miedzi (CuZn41Mg, CuZn35Sn1P, CuZn21Si3P) przez ciekły stop cyny z dodatkiem 3% wag. Cu (Sn97Cu3), stosowany w lutowaniu miękkim rur i kształtek miedzianych lub mosiężnych w instalacjach ciepłej i zimnej wody, a także systemach centralnego ogrzewania. Kąt zwilżania (θ) wyznaczony został za pomocą metody kropli leżącej z wykorzystaniem bezkontaktowego nagrzewania badanej pary materiałów. Testy przeprowadzono w warunkach izotermicznych w temperaturze 300°C w atmosferze ochronnej (Ar + 5% wag. H₂). Otrzymane połączenia pary *lutowie/stop miedzi* poddano badaniom strukturalnym metodami skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) w połączeniu z spektroskopią rentgenowską z dyspersją energii (EDS).

W przypadku stopu CuZn21Si3P zaobserwowano występowanie zjawiska zwilżalności ($\theta < 90^\circ$) przez ciekłe lutowie, natomiast bardzo dobrą zwilżalność ($\theta < 45^\circ$) stwierdzono dla stopu CuZn35Sn1P. Dla pary Sn97Cu3/CuZn41Mg zjawisko zwilżalności występuje dopiero po upływie 43 s oddziaływania. We wszystkich próbkach po badaniach zwilżalności stwierdzono trwałe połączenie pomiędzy zakrzepłą kroplą lutowia a podłożem.

Analiza SEM + EDS wykazała dyfuzję Zn z podłoża do kropli na skutek rozpuszczania się stopu (podłoża) w ciekłym lutowiu, zwłaszcza w przypadku podłoża CuZn21Si3P. Ponadto w układzie Sn97Cu3/CuZn21Si3P stwierdzono obecność Si w kropli.

Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach VI edycji programu „Doktorat wdrożeniowy”

Przemysław Zmitrowicz¹, Jolanta Baranowska²

Autor do korespondencji (e-mail): p.zmitrowicz@labtest-ndt.pl

¹ LabTest Sp. z o.o., ul. Sienna 9, 70-542 Szczecin

² Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, Polska

ODPORNOŚĆ KOROZYJNA ZŁĄCZY SPAWANYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI MORSKICH ZE STALI DUPEKS WYKONANYCH METODĄ K-TIG

Słowa kluczowe: keyhole, korozja wżerowa, stale dupleks, offshore

Stale dupleks charakteryzują się ferrytyczno-austenityczną mikrostrukturą, dzięki czemu łączą one zalety zarówno chromowej stali ferrytycznej jak i chromowo-niklowej stali austenitycznej, takie jak: duża wytrzymałość, dobra korelacja udarności z wydłużeniem oraz znakomita odporność na korozję zarówno w środowiskach gazów jak i cieczy. Stale te znalazły zastosowanie w przemyśle wydobywczym gazu i ropy naftowej oraz w energetyce jako elementy morskich farm wiatrowych. Stosuje się je w środowiskach agresywnych w kontakcie z wodnymi roztworami chlorków, w środowiskach utleniających, takich jak roztwory kwasu azotowego oraz w środowisku rozcieńczonego kwasu siarkowego i kwasu octowego. Wykorzystanie procesu spawania metodą K-TIG do łączenia grubych blach, bez użycia materiału dodatkowego, jest szczególnym wyzwaniem w przypadku stali typu dupleks, ponieważ nie jest możliwa regulacja mikrostruktury złącza spawanego poprzez wprowadzenie pierwiastków austenitotwórczych, co może prowadzić do występowaniem w złączach spawanych dużych ilości ferrytu, który obniża ciągliwość i odporność korozyjną. W celu wykazania przydatności tej technologii do spawania jednościegowego stali typu dupleks 1.4462, pracującej w środowisku morskim, przeprowadzono szczegółowe badania korozyjne otrzymanych złączy spawanych dla różnych poziomów energii łuku i omówiono je w odniesieniu do ich mikrostruktury.

Badania zrealizowano w ramach IV edycji programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Doktorat Wdrożeniowy”

**Marzena Lachowicz, Zbigniew Gronostajski, Maciej Zwierzchowski,
Marek Hawryluk, Jacek Ziemia**

Autor do korespondencji (e-mail): marzena.lachowicz@pwr.edu.pl

Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Obróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii, ul. Łukasiewicza 7-9, 50-372 Wrocław

WPLYW WYBRANYCH ASPEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH KUCIA NA GORĄCO NA MIKROSTRUKTURĘ ODKUWEK WYKONANYCH Z UMACNIAJĄCEJ WYDZIELENIOWO STALI NIKLOWO-CHROMOWEJ

Słowa kluczowe: kucie na gorąco, kucie matrycowe, stal niklowo-chromowa, mikrostruktura

W pracy omówiono wybrane aspekty technologiczne wpływające na końcową mikrostrukturę odkuwek wykonanych ze stali niklowo-chromowej umacniającej wydzieleniowo gatunku NCF 3015, która jest stosowana na zawory silników spalinowych. Stwierdzono, że niestabilność składu chemicznego i niejednorodność stali może wywierać istotny wpływ na końcowe właściwości komponentów wykonanych z tego materiału. Istnieje wyraźna korelacja pomiędzy zawartością węgla a tendencją do powstawania pęknięć w odkuwkach podczas chłodzenia po kuciu. Rozdrobnienie ziarna może skutecznie podnieść wytrzymałość stali. Wzrost zawartości węgla sprzyjał tendencji do powstawania międzykrystalicznych i kruchych pęknięć. Z drugiej jednak strony granice ziaren działają również jako preferencyjne miejsca zarodkowania pęknięć, zwłaszcza w podwyższonych temperaturach. Istotne znaczenie odgrywa również stabilność nagrzewania materiału wstępniaka. Przebieg zastosowanego cyklu cieplnego podczas nagrzewania może powodować, że uzyskuje się materiał o istotnie zróżnicowanej twardości, co przekłada się z kolei na trwałość narzędzi kuźniczych. Zbyt wysoka temperatura wygrzewania prowadzi do bardzo intensywnego rozrostu ziarna. Na zróżnicowanie w twardościach oraz końcowej mikrostrukturze przekładał się również stopień odkształcenia plastycznego występujący w poszczególnych makroobszarach zaworu. Obszar przypowierzchniowy grzybka zaworu charakteryzował się wyższą twardością oraz mikrostrukturą częściowo zrekrytalizowanego austenitu w porównaniu do środka grzybka zaworu.

Kamila Ścibisz^{1,2}, Janusz Krawczyk², Piotr Matusiewicz²

Autor do korespondencji (e-mail): scibisz@agh.edu.pl

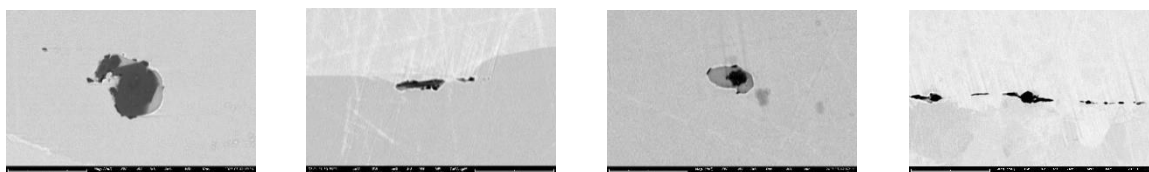
¹ ArcelorMittal Poland S.A, ul. Tadeusza Sendzimira 1, 31-752 Kraków, Polska

² Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej,
al. Mickiewicza 30, 30-059, Polska

OCENA MORFOLOGII WTRĄCEŃ NIEMETALICZNYCH W PÓŁPRODUKCIE PO PROCESIE WALCOWANIA NA GORĄCO POD KĄTEM WŁAŚCIWOŚCI BLACH ELEKTROTECHNICZNYCH

Słowa kluczowe: wtrącenia niemetaliczne, stratność magnetyczna, stale wysokokrzemowe

Stale wysokokrzemowe zawierające ok. 3% Si, odgrywają kluczową rolę w przemyśle elektrotechnicznym. Blachy elektrotechniczne o zorientowanym ziarnie wykazują bardzo dobre właściwości magnetyczne, których poziom zależy głównie od składu chemicznego, tekstury, mikrostruktury i grubości blachy. W wieloetapowym procesie produkcyjnym istotną rolę odgrywają wtrącenia niemetaliczne. Pozytywny wpływ azotków aluminium AlN i siarczków (MnS, CuS) jako inhibitorów w procesie wtórnej rekrytalizacji i kształtowaniu tekstury Gossa jest szeroko opisywany w literaturze. Wpływ wtrąceń niemetalicznych powstałych na początkowych etapach procesu produkcyjnego na własności magnetyczne produktu końcowego nie został jak dotąd dokładnie zbadany. Dlatego do badań wytypowano 21 kręgów gorącowalcowanych, z których wyprodukowano 71 mniejszych kręgów blachy elektrotechnicznej o ziarnie zorientowanym. Próbkę blachy po procesie walcowania na gorąco analizowano pod kątem morfologii wtrąceń niemetalicznych za pomocą mikroskopii świetlnej, SEM i oprogramowania SigmaScan. Obserwowane wtrącenia niemetaliczne tworzyły najczęściej konglomeraty zbudowane z siarczków, tlenków i azotków o różnej morfologii. Analizując zależności ilościowe i jakościowe pomiędzy morfologią wtrąceń niemetalicznych w półprodukcie a stratnościami magnetycznymi w produkcie finalnym wykazano, że w zależności od ilości, kształtu i zajmowanej powierzchni stratność materiału końcowego może zależeć od morfologii wtrąceń niemetalicznych w półprodukcie po walcowaniu na gorąco.



Konglomeraty wtrąceń siarczków, tlenków i azotków; SEM; BSD

Praca zrealizowana w ramach programu MNiSW „Doktorat Wdrożeniowy” 5 edycja

Grzegorz Golański

Autor do korespondencji (e-mail): grzegorz.golanski@pcz.pl

Politechnika Częstochowska, Katedra Inżynierii Materiałowej, Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

STOPY O OSNOWIE AUSTENITYCZNEJ DLA ENERGETYKI

Słowa kluczowe: stal austenityczna, mikrostruktura, wydzielenia, właściwości mechaniczne

Stale austenityczne w gatunku Super 304H i HR3C należą do nowoczesnych, żarowytrzymałych stopów o osnowie austenitycznej użytkowanych w polskiej energetyce. Stopy te zostały opracowane zostały na bazie starszych gatunków stali austenitycznych poprzez modyfikację ich składu chemicznego, m.in. wprowadzenie dodatku/ mikrododatku miedzi, niobu, azotu, celem podwyższenia ich odporności na pełzanie.

Żarowytrzymałe stale austenityczne dostarczane są w stanie przesyconym, stąd w stanie dostawy cechują się strukturą austenityczną z licznymi bliźniakami wyżarzania oraz wydzieleniami pierwotnymi bogatymi w niob.

Starzenie metastabilnej mikrostruktury stali austenitycznych Super 304H i HR3C przyczyniło się głównie do procesów wydzieleniowych faz wtórnych. Rodzaj i morfologia cząstek faz wtórnych wydzielających się w mikrostrukturze tych stali uzależniona była nie tylko od składu chemicznego stopów, ale również od parametrów temperaturowo-czasowych starzenia. W stali Super 304H po długotrwałym starzeniu w mikrostrukturze zaobserwowano następujące rodzaje wydzielen: węgliki $M_{23}C_6$, MC (MX), fazę Z, fazę sigma oraz e_{Cu} . Natomiast w stali HR3C ujawniono - węgliki $M_{23}C_6$, MC (MX), fazę Z, sigma oraz fazę G. Procesy wydzieleniowe obserwowano na granicach ziaren, na granicach bliźniaków oraz wewnątrz ziaren. Procesy wydzieleniowe zachodzące w czasie eksploatacji istotnie wpływają na właściwości mechaniczne tych stali. Początkowo następuje znaczący wzrost właściwości wytrzymałościowych (granicy plastyczności, wytrzymałości na rozciąganie) oraz twardości, a następnie z wydłużeniem czasu starzenia w danej temperaturze obserwuje się efekt przestarzenia stopu, co przekłada się na zmniejszanie wartości tych parametrów. Jednocześnie w czasie starzenia stali austenitycznych widoczne było znaczące obniżenie wartości energii łamania oraz właściwości plastycznych stali austenitycznych. Zmniejszenie wartości odporności na pękanie stali było tym większe im grubsze ziarno w strukturze tego materiału.

Tomasz Kaźmierski^{1,2}, Janusz Krawczyk², Łukasz Frocisz²

Autor do korespondencji (e-mail): tkazmierski@agh.edu.pl

¹ ArcelorMittal Poland S.A. Oddział w Krakowie ul. Tadeusza Sendzimira 1, 31-752 Kraków

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

ASPEKTY PROCESU TECHNOLOGICZNEGO PRODUKCJI STALI DP600

Słowa kluczowe: mikrostruktura, walcowanie na gorąco, stal DP600, własności mechaniczne

Stale DP600 wykorzystywane są najczęściej do produkcji różnych elementów samochodów wytwarzanych w procesie tłoczenia na zimno, stąd też powinny się charakteryzować dobrą podatnością do formowania oraz dużą odpornością na pękanie w trakcie odkształcenia na zimno. O tym, czy stal otrzymywana w procesie walcowania na gorąco będzie posiadać odpowiednie własności umożliwiające jej zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym decydują zarówno jej skład chemiczny jak również parametry procesu technologicznego. Uzyskanie w procesie walcowania na gorąco stali o dwufazowej mikrostrukturze możliwe jest dzięki zastosowaniu kontrolowanego chłodzenia bezpośrednio po zakończeniu odkształcenia plastycznego w klatkach wykańczających. Znajomość mechanizmów kształtowania się mikrostruktury materiału od momentu wyładunku wlewka z pieca do zwinięcia taśmy w krąg pozwala na dobranie parametrów procesu zapewniających osiągnięcie wymaganych własności materiału. Parametry technologiczne procesu chłodzenia, takie jak szybkość chłodzenia, temperatura przerwy w chłodzeniu wodą oraz temperatura zwijania, istotnie wpływają na mikrostrukturę i własności stali DP600. Nie bez znaczenia są również wcześniejsze etapy procesu, takie jak walcowanie wstępne i wykańczające, gdzie odpowiednie dobranie stopnia, szybkości oraz temperatury odkształcenia pozwala wpływać nie tylko na wielkość ziarna osnowy ferrytycznej, ale także na wielkość, kształt oraz stopień rozproszenia wysp twardego składnika mikrostrukturalnego.

Praca finansowana w ramach 5. edycji programu Doktoraty Wdrożeniowe MEiN

Konrad Kwiatkowski¹, Piotr Filipiak²

Autor do korespondencji (e-mail): konrad.kwiatkowski@zut.edu.pl

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Mechaniki

² Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Faculty of Mechanical Engineering

CZY MODUŁ YOUNGA STALI PO OBRÓBCE PLASTYCZNEJ/CIEPLNEJ ZMIENIA SIĘ?

Słowa kluczowe: moduł Younga stali, umowna granica plastyczności

Czy umocnienie pręta niewielką obróbką plastyczną będzie miało wpływ na wartość jego modułu Younga? Proszę przed dalszym czytaniem zastanowić się i spróbować sobie odpowiedzieć na to pytanie. A jeśli spodziewana jest zmiana wartości tego modułu, to czy powinien on wzrosnąć, czy zmaleć - i dlaczego? Dla utrudnienia/ułatwienia poniżej przytoczony zostanie fragment podręcznika prof. William'a D. Callister i prof. David'a G. Rethwisch'a p.t. "Materials Science and Engineering", wydanie 10-te (WILEY 2018), rozdział 6. strona 159, cyt.: "Thus, several important mechanical properties of metals may be determined from tensile stress-strain tests. Table 6.2 presents some typical room-temperature values of yield strength, tensile strength, and ductility for several common metals. These properties are sensitive to any prior deformation, the presence of impurities, and/or any heat treatment to which the metal has been subjected. **The modulus of elasticity is one mechanical parameter that is insensitive to these treatments.**". Czyli granica plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie itd. są właściwościami wrażliwymi na wszelkie wcześniejsze odkształcenia, obecność zanieczyszczeń i/lub obróbkę cieplną, której poddano metal, natomiast **moduł sprężystości (Younga) jest jednym z parametrów mechanicznych stali, który jest niewrażliwy m.in. na obróbkę plastyczną/cieplną.**

Na konferencji zaprezentowane zostaną wyniki badań z wyznaczania modułu Younga pręta ciągnionego ze stali C45 o średnicy $\phi 18h9$, który został poddany niewielkim odkształceniom plastycznym (0,4 %), a następnie wyżarzaniu odpężającemu w temp. 600 °C przez czas 1,5 godziny i chłodzeniu wraz z piecem.

Piotr Mendala^{1,2}, Janusz Krawczyk¹

Autor do korespondencji (e-mail): pamendala@agh.edu.pl

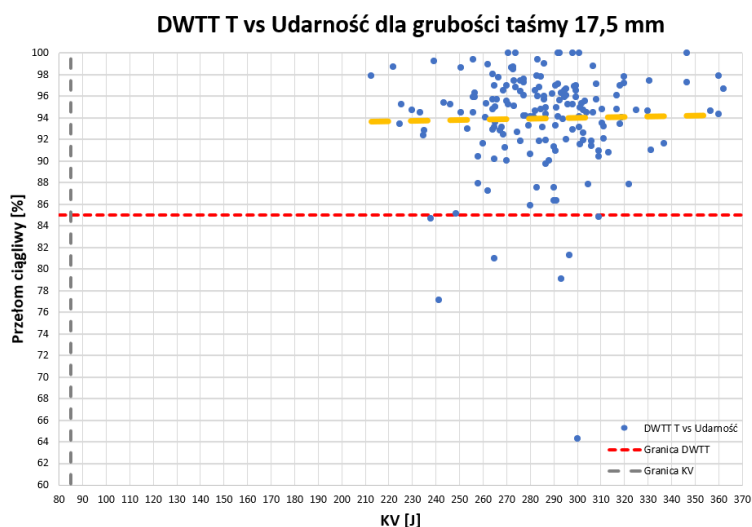
¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. Adama Mickiewicza 30, Polska

² ArcelorMittal Poland S.A., al. Józefa Piłsudskiego 92, Dąbrowa Górnicza

PRÓBY DWTT I UDARNOŚCI W KONTEKŚCIE CHARAKTERYSTYKI STALI X70

Słowa kluczowe: DWTT, udarność, X70

Stal w gatunku X70 charakteryzuje się wysoką wytrzymałością, odpornością na korozję, dobrą formowalnością i spawalnością. Wykorzystywana jest głównie do produkcji rur przesyłowych do transportu paliw ciekłych i gazowych, w tym także wodoru. Wymagania dotyczące składu chemicznego t.j. niska zawartość węgla (max. 0,28 wag. %), obniżona zawartość fosforu i siarki, a także odpowiednie dodatki mikrostopowe (V, Nb, Ti) w połączeniu z procesem termomechanicznym pozwalają osiągnąć niezbędne właściwości stali, a także obniżyć koszty produkcji jednocześnie ją przyspieszając. Przeprowadzone próby DWTT i udarności pozwalają wyznaczyć niezbędne parametry odbiorowe dla klientów, a także ocenić odporność na pękanie materiału jak i jego charakter. Podczas badań i analizy danych wykazano, że brakuje wyraźnej zależności pomiędzy wynikami z prób udarności i DWTT pobieranych w kierunku poprzecznym do kierunku walcowania taśmy. Zauważono, że nawet w przypadku niskich wyników z próby DWTT, wartości udarności dalej utrzymują się na stałym, wysokim poziomie.



Praca realizowana w ramach VIII edycji programu Doktorat Wdrożeniowy

Bartłomiej Januszewicz

Autor do korespondencji (e-mail): bartlomiej.januszewicz@p.lodz.pl

Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Instytut Inżynierii Materiałowej, ul. Stefanowskiego 1/15,
90-537 Łódź

STAN NAPRĘŻEŃ WŁASNYCH W STALACH NARZĘDZIOWYCH PO PROCESACH AZOTOWANIA METODĄ FINE LPN

Słowa kluczowe: naprężenia własne, azotowanie, mikrostruktura

W prezentowanej pracy opisano wpływ parametrów procesu azotowania FineLPN na powstające naprężenia w stalach narzędziowych do pracy na gorąco: 35CrMo8 oraz X37CrMoV5-1. W próbkach poddanych różnym procesom azotowania zmierzono poziomy występujących naprężeń, mikrotwardość oraz zbadano morfologię warstwy wierzchniej. Badane materiały poddane zostały procesowi azotowania ciągłego lub azotowaniu segmentowemu. Procesy azotowania przebiegały z zastosowaniem segmentów dyfuzji w gazie - azocie lub w próżni.

Na podstawie przeprowadzonych badań wykazano, że wraz ze wzrostem długości trwania procesu azotowania rośnie twardość i poziom naprężeń ściskających w otrzymanych warstwach. Rodzaj atmosfery (próżnia/azot) w segmencie dyfuzji dla procesów azotowania segmentowego odgrywa istotną rolę wpływając na jej właściwości. Zastosowanie próżni w segmencie dyfuzji może powodować zubożenie warstwy wierzchniej w azot i pierwiastki stopowe. Zarówno dla stali 35CrMo8 jak i X37CrMoV5-1 nie odnotowano istotnych różnic w grubości utworzonych warstw dla procesów o takim samym całkowitym czasie trwania procesu. Dla procesów o identycznym czasie azotowania bardziej korzystne jest azotowanie segmentowe niż azotowanie ciągłe. Dla azotowania segmentowego odnotowano wolniejszy spadek poziomów naprężeń wraz ze wzrostem głębokości od powierzchni w porównaniu z azotowaniem ciągłym.

Przy takich samych czasach procesu azotowania stal X37CrMoV5-1 charakteryzują większe poziomy naprężeń i twardości niż stal 35CrMo8.

Michał Bazel, Łukasz Piechowicz

Autor do korespondencji (e-mail): michal.bazel@secowarwick.com
SECO/WARWICK S.A., ul. Zachodnia 76, 66-200 Świebodzin, Polska

JAK NAWĘGLANIE PRÓŻNIOWE (LPC) MOŻE ZAOSZCZĘDZIĆ TWOJE PIENIĄDZE I PODNIEŚĆ WYDAJNOŚĆ PROCESU?

Słowa kluczowe: nawęglanie atmosferyczne, nawęglanie próżniowe, efektywna głębokość warstwy, porównanie zużycia mediów procesowych

W pracy (i prezentacji) dokonano wielokryterialnego porównania technologii nawęglania gazowego i próżniowego, co pozwala ocenić koszty operacyjne obróbki cieplno-chemicznej dla wsadu o podobnej masie i powierzchni oraz podobnych parametrów nawęglonej warstwy wierzchniej. Wykazano, że proces nawęglania próżniowego charakteryzuje się znacznie niższym zużyciem energii oraz gazów nawęglających w stosunku do procesu nawęglania gazowego. Dodatkowo stwierdzono, że w przypadku nawęglania na dużą efektywną głębokość warstwy nawęglonej, poprzez zastosowanie nawęglania próżniowego, możliwa jest znaczna redukcja czasu procesu oraz zwiększenie zdolności produkcyjnej.

**Jerzy Michalski¹, Tadeusz Frączek¹, Rafał Prusak¹, Agata Dudek¹,
Magdalena Kowalewska-Groszkowska²**

Autor do korespondencji (e-mail): jermichalski987@gmail.com

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji, 42-201 Częstochowa

² Muzeum i Instytut Zoologii Polskiej Akademii Nauk, Palmiry, 05-152 Czosnów

KONTROLA PROCESU AZOTOWANIA STALI AISI 52100 W ATMOSFERZE NH_3/N_2

Słowa kluczowe: rejestracja zmiany masy, azotowanie gazowe, atmosfera rozcieńczona azotem, potencjał azotowy, rozporządzalność azotu

W artykule zaproponowano opis atmosfery azotującej, uzyskanej z dwuskładnikowej atmosfery wlotowej amoniaku rozcieńczonego azotem. Przedstawiono wykresy równowagi fazowej $Fe-N$ w układzie zawartość wodoru w atmosferze azotującej - temperatura ($Q-T$) dla wybranych składów atmosfery NH_3/N_2 . Scharakteryzowano atmosferę azotującą uzyskaną przy różnym stopniu rozcieńczenia azotem atmosfery wlotowej. Wykazano, że w dwuskładnikowych atmosferach rozcieńczanych azotem nie ma bezpośredniego związku między wartością potencjału azotowego a stopniem rozcieńczenia atmosfery wlotowej azotem. Wykazano analityczne i potwierdzono eksperymentalnie, że zmianie stopnia rozcieńczenia amoniaku azotem towarzyszy zmiana rozporządzalność azotu atmosfery azotującej, wyrażona zależnością:

$$m_{N_2}(t) \cong 0.625 \cdot \frac{Q(t)}{1.5 - Q(t)} \cdot F_{in}; \quad \left(\frac{g}{min} \right)$$

gdzie: Q – zawartość wodoru w atmosferze azotującej, F_{in} – natężenie przepływu atmosfery wlotowej (dm^3/min)

Na przykładzie azotowania stali AISI 52100 wykazano eksperymentalnie, że ze wzrostem rozporządzalności azotu wzrasta również kinetyka przyrostu masy azotowanej stali. Natomiast zmianie rozporządzalności azotu nie towarzyszy zmiana wartości potencjału azotowego. Stwierdzono również, że zmianie grubości przypowierzchniowej warstwy azotków żelaza nie zmienia się ich skład fazowy. Na podstawie badań grawimetrycznych określono masę azotu w warstwie azotków żelaza oraz w strefie roztworowej. Porównując rozporządzalność azotu atmosfery azotującej i szybkość zmiany masy azotowanych próbek obliczono stopień wykorzystania atmosfery azotującej. Do opisu równowagi między atmosferą NH_3/N_2 a azotem w poszczególnych fazach żelaza, zaproponowano zmodyfikowany wykres Lehrera w układzie współrzędnych temperatura zawartość wodoru w atmosferze azotującej ($T-Q$). Wykazano, że ze wzrostem stopnia rozcieńczenia atmosfery wlotowej azotem, zwiększa się obszar trwałości fazy α natomiast obszary trwałości fazy γ' i fazy ϵ ulegają ograniczeniu.

Marcin Długozima, Grzegorz Płaczek

Autor do korespondencji (e-mail): marcin.dlugozima@secowarwick.com
SECO/WARWICK S.A., ul. Zachodnia 76, 66-200 Świebodzin, Polska

AZOTOWANIE AUSTENITYCZNYCH STALI NIERDZEWNYCH W PIECU PRÓŻNIOWYM - TECHNOLOGIA HTSN ORAZ LTSH

Słowa kluczowe: stale nierdzewne, azotowanie, high temperature solution nitriding, low temperature surface hardening

Tematem wystąpienia jest przybliżenie technologii utwardzenia powierzchni stali austenitycznej (na przykładzie stali 316L) przy pomocy następujących po sobie obróbek - HTSN (High temperature solution nitriding) oraz LTSH (Low temperature surface hardening) w piecu próżniowym z szybkim chłodzeniem w gazie. Obydwie obróbki przeprowadza się w temperaturze, która omijać powinna wydzielanie się w strukturze azotku chromu (CrN ; Cr_2N), który odpowiedzialny jest za spadek właściwości antykorozyjnych podczas azotowania wykonywanego w standardowej temperaturze ($500\text{--}570^\circ\text{C}$). Przeprowadzono proces łączony w piecu próżniowym z przestrzenią roboczą o wielkości $400\times 400\times 600\text{mm}$ na stali 316L, gdzie segment HTSN wykonano w temperaturze 1150°C wraz z natychmiastowym chodzeniem w gazie w nadciśnieniu 12,5bar a segment LTSH w temperaturze 445°C przy stałym przepływie amoniaku. Łączny czas procesu wyniósł 30h. Przeprowadzono badania mikrotwardości, badania struktury a także odporności korozyjnej (krzywe polaryzacji). Otrzymano warstwę umocnioną roztworowo o twardości większej o 100HV od twardości rdzenia i grubości około 1 mm (HTSN) oraz warstwę ekspandowanego austenitu o grubości około $8\text{ }\mu\text{m}$ i twardości ponad 700HV (LTSH). Podczas prezentacji omówione zostaną przebiegi procesów, kluczowe parametry procesu oraz wyniki badań.

Janusz Krawczyk¹, M. Wieczorowski², J. Królczyk³, A. Kurkiewicz⁴

Autor do korespondencji (e-mail): jkrawcz@agh.edu.pl

¹ Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

² Wydział Inżynierii Mechanicznej, Politechnika Poznańska

³ Wydział Mechaniczny, Politechnika Opolska

⁴ Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej, Uniwersytet Jagielloński

MODELOWY DOKTORAT WDROŻENIOWY W DYSCYPLINIE NAUKOWEJ INŻYNIERIA MATERIAŁOWA NA PODSTAWIE ANALIZY 8 LAT REALIZACJI PROGRAMU MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO

Słowa kluczowe: Doktorat Wdrożeniowy, Inżynieria Materiałowa, Modelowość

Opierając się na ośmioletnim doświadczeniu w funkcjonowaniu programu doktorat wdrożeniowy można zdefiniować podstawowe problemy oraz atrybuty realizacji prac doktorskich w tej formule. Zdobywana wiedza w tym zakresie została już wykorzystana do modyfikacji zwłaszcza zakresu weryfikacji wniosków, raportów rocznych oraz raportów końcowych. Kolejnym krokiem jest stworzenie modelu doktoratu wdrożeniowego, aby na drodze egzemplifikacji umożliwić stworzenie ścieżki postępowania zapewniającej końcowy sukces będący możliwym zbliżeniem do ideowych założeń programu. Trudno od razu stworzyć taki model postępowania dla wszystkich dziedzin nauki. Postanowiono stworzyć taki model dla grupy tematycznej z jednej strony dobrze zdefiniowanej a jednocześnie dosyć szeroko zróżnicowanej tematycznie. Jako grupą spełniającą takie wymagania bardzo dobra jest Dyscyplina Naukowa Inżynieria Materiałowa. Na wstępie przeanalizowano zastosowane już zmiany w systemie oceniania podczas realizacji doktoratu wdrożeniowego i ich efekty. Zdefiniowano poszczególne zagrożenia odnośnie realizacji programu wykorzystując diagram Ishikawy. Dokonano uogólnionej egzemplifikacji indywidualnego planu kształcenia, zdefiniowania wdrożenia, charakterystyki firmy, podziału na działalność naukową i wdrożeniową. Egzemplifikacji dokonano w oparciu o cechy charakterystyczne dla dyscypliny naukowej Inżynieria Materiałowa. Stworzenie takiego modelowego podejścia do realizacji doktoratu wdrożeniowego w dyscyplinie inżynieria materiałowa wychodzi naprzeciw podstawowym, praktycznie niezmiennym trudnością: pogodzenie aktywności zawodowej z realizacją badań naukowych, ograniczony możliwy czas realizacji doktoratu oraz utrzymanie wysokiego poziomu naukowego doktoratu.

Finansowanie: NdS-II/SP/0373/2023/01 Upowszechnianie dobrych praktyk realizacji Programu pn. "Doktorat wdrożeniowy"

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa
INŻYNIERIA MATERIAŁOWA – MATERIAŁY I TECHNOLOGIE 2025
1 – 4 czerwca 2025 Świnoujście

Sesja posterowa

- SP 1 Jacek Sawicki, Numerical modelling and validation of TPMS structures: advancements in lightweight and resilient design
- SP 2 Anna Sobczyk-Guzenda, Ocena stopnia degradacji hydrolitycznej polimerów wykorzystywanych na obudowy czujników do oceny jakości wód powierzchniowych
- SP 3 Witold Kaczorowski, Powłoki poli (p-ksylilenowe) jako zabezpieczenia układów elektronicznych
- SP 4 Sławomir Kac, Ocena stopnia degradacji hydrolitycznej polimerów wykorzystywanych na obudowy czujników do oceny jakości wód powierzchniowych
- SP 5 Agnieszka Radziszewska, Laserowe interferencyjne nagrzewanie taśma na bazie Fe – mikrostruktura i własności
- SP 6 Monika Gwoździk, Wpływ wody pitnej na degradację elementów sieci wodociągowej
- SP 7 Katarzyna Braszczyńska-Malik, Morfologia eutektyki w stopach Mg-RE
- SP 8 Hanna Purzyńska, Adam Zieliński, Rola Łukasiewicz GIT w transformacji energetycznej Polski
- SP 9 Katarzyna Bryll, Wytwarzanie kompozytów hybrydowych dedykowanych na konstrukcje wielkogabarytowe
- SP 10 Katarzyna Gawdzińska, Ocena wybranych właściwości użytkowych sandwichy z pian kompozytowych
- SP 11 Krzysztof Żak, Wpływ parametrów frezowania materiałów kompozytowych na osnowie metalowej na jakość powierzchni oraz właściwości tribologiczne
- SP 12 Karolina Wierzbowska, Odporność warstw aluminidkowych wytworzonych na stali 1.4310 na korozję wysokotemperaturową
- SP 13 Daniel Deacu, Pulsed electron beam deposition of glucose monohydrate
- SP 14 Cyprian Tyszko, Fizyczna symulacja cyklu cieplnego strefy wpływu ciepła lutowania i jej wpływ na udarność stopu Ti6Al4V
- SP 15 Paweł Kochmański, Wpływ azotowania gazowego na odporność korozyjną stali nierdzewnych martenzytycznych
- SP 16 Agnieszka Kochmańska, Charakterystyka warstw krzemkowo-aluminidkowych na stopie molibdenu uzyskanych metodą zawieszinową
- SP 17 Sebastian Fryśka, Właściwości stali narzędziowych do pracy na gorąco pokrytych powłoką z fazy S
- SP 18 Magdalena Kwiatkowska, Biokompozyty hybrydowe w osnowie polipropylenu z udziałem włókien naturalnych
- SP 19 Justyna Słowik, Właściwości mechaniczne powłok wielowarstwowych faza S/Cu wytwarzanych metodą reaktywnego rozpylania magnetronowego

SP 1

**Emila Steinmetz¹, Jacek Sawicki¹, Jacek Świniarski², Katarzyna Wybrzak¹,
Ludwik Lorkowski¹, Norbert Banaś¹**

Autor do korespondencji (e-mail): emila.brancewicz-steinmetz@dokt.p.lodz.pl

¹ Institute of Materials Science and Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Lodz University of Technology, Stefanowskiego 1/15, 90-924 Lodz, Poland

² Department of Strength of Materials, Faculty of Mechanical Engineering, Lodz University of Technology, Stefanowskiego 1/15, 90-924 Lodz, Poland

NUMERICAL MODELLING AND VALIDATION OF TPMS STRUCTURES: ADVANCEMENTS IN LIGHTWEIGHT AND RESILIENT DESIGN

Słowa kluczowe: TPMS (Triply Periodic Minimal Surfaces), 3D Printing, FEM (Finite Element Modeling)

This study investigates the compressive behaviour of 3D-printed metallic structures utilising Triply Periodic Minimal Surfaces (TPMS) geometries. These structures are favoured in engineering for their exceptional strength-to-weight ratios and potential applicability in lightweight designs. Through a dual approach of finite element modelling (FEM) and experimental compression tests, the research delineates their mechanical performance under load. Numerical simulations were executed using ANSYS 2025R1, employing second-order TETRAHEDRON elements to ensure precision in stress distribution analysis. The structures were fabricated from 316L stainless steel powders, reflecting common industrial practices.

Experimental validation involved conducting compression tests on a ZWICK universal testing machine, with results showing strong correlation to the FEM models in the elastic regime, despite some discrepancies at higher stress levels. Results illustrate localised plasticity occurring at minimal displacements, highlighting stress concentration at structural boundaries.

Overall, this investigation confirms the potential of TPMS structures in designing efficient, lightweight components. The insights gained underscore the necessity of combining numerical and experimental methodologies to comprehensively understand complex mechanical behaviours.

Project financed by the Minister of Education and Science (Poland) under the Pear of Science Programme, PN/01/0001/2022.

SP 2

**Anna Sobczyk-Guzenda, Hieronim Szymanowski, Jacek Grabarczyk,
Krzysztof Jastrzębski, Witold Kaczorowski**

Autor do korespondencji (e-mail): anna.sobczyk-guzenda@p.lodz.pl

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

OCENA STOPNIA DEGRADACJI HYDROLITYCZNEJ POLIMERÓW WYKORZYSTYWANYCH NA OBUDOWY CZUJNIKÓW DO OCENY JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Słowa kluczowe: wody powierzchniowe, monitoring jakości wód, polimerowa obudowa czujników, degradacja

Monitoring jakości wód powierzchniowych odgrywa kluczową rolę w ochronie środowiska i gospodarce wodnej. W tym kontekście obudowy polimerowe czujników pełnią rolę funkcjonalną i ochronną co sprawia, że są narażone na degradację hydrolityczną. Celem pracy była ocena trwałości chemicznej wybranych polimerów stosowanych do obudów urządzeń monitorujących jakość wód powierzchniowych. Przebadano: politereftalan etylenu, poliacetal, żywice silikonowe, epoksydowe oraz kopolimer uretanowo-akrylowy. Próbkę przechowywano w wodzie o temperaturze 40 °C przez 7 miesięcy. Stopień degradacji oceniano za pomocą spektroskopii w podczerwieni FTIR i Ramana, analizy termogravimetrycznej, skaningowej kalorymetrii różnicowej (DSC) oraz pomiarów chropowatości powierzchni. Wszystkie materiały zachowały integralność wymiarową, jednak zauważono istotne zmiany w strukturze chemicznej i właściwościach termicznych. Analiza FTIR wykazała m.in. hydrolizę epoksydów, zmniejszenie hydrofobowości silikonu oraz zmiany ilości wiązań estrowych w PET. Analiza DSC ujawniła wzrost temperatury zeszklenia żywicy epoksydowej o 40 °C. Jedynie kopolimer uretanowo-akrylanowy nie wykazał istotnych zmian chemicznych w badanym okresie.

Autorzy pragną podziękować za wsparcie finansowe udzielone przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) w ramach projektu MoReLogg HYDROSTRATEG.I-0006/22.

SP 3

**Witold Kaczorowski, Anna Sobczyk-Guzenda, Hieronim Szymanowski,
Krzysztof Jastrzębski, Andrzej Nosal, Marian Cłapa, Jacek Grabarczyk,
Mariusz Dudek**

Autor do korespondencji (e-mail): witold.kaczorowski@p.lodz.pl

Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Łódzka, ul. Stefanowskiego 1/15, 90-537 Łódź

POWŁOKI POLI (P-KSYLILENOWE) JAKO ZABEZPIECZENIA UKŁADÓW ELEKTRONICZNYCH

Słowa kluczowe: cienka powłoka, poli para ksylilen, bariera ochronna

Cienkie powłoki poli para-ksylililenu, nazywanego parylenem, możemy odnaleźć w wielu zastosowaniach. Posiadają one interesujące właściwości, w tym doskonałą odporność na wilgoć i chemikalia, a także zdolność do zapewnienia konformalnej powłoki. Nie bez znaczenie jest także technologia nakładania tych powłok pozwalająca na ich nałożenie na każdą, stałą powierzchnię znajdującą się w reaktorze, bez względu na jej stopień rozwinięcia.

Przedstawione wyniki badań miały na celu zabezpieczenie układów elektronicznych powłoką parylenu i sprawdzenie jej skuteczności działania jako bariery ochronnej przed działaniem wody. W ramach prowadzonych prac wyznaczono kinetykę procesu jej nakładania oraz wyznaczono minimalną grubość powłoki zdolną do długotrwałej ochrony układów elektronicznych. Analizowano także możliwość zastosowania środka opartego na związkach krzemoorganicznych w celu zwiększenia adhezji powłoki parylenowej do zastosowanych podłoży. Zmodyfikowane układy elektroniczne testowano w wodnym roztworze NaCl oraz wodzie o temp. 40 °C. W pracy przedstawiono także wyniki z badań struktury chemicznej wytwarzanych powłok z wykorzystaniem techniki spektroskopii w podczerwieni FTiR oraz spektroskopii Ramana.

Autorzy pragną podziękować za wsparcie finansowe udzielone przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) w ramach projektu MoReLogg HYDROSTRATEG.I-0006/22.

SP 4

Mateusz Motyl¹, Małgorzata Kąc², Andrzej Romański¹, Sławomir Kąc¹

Autor do korespondencji (e-mail): slawomir.kac@agh.edu.pl

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Instytut Fizyki Jądrowej, im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. Radzikowskiego 152, 31-342 Kraków

**MORFOLOGIA PROSZKU KOMPOZYTOWEGO STOPU INCONEL 686
I WĘGLIKA WOLFRAMU PO PROCESIE SYNTEZY MECHANICZNEJ
DEDYKOWANEGO PROCESOWI NATRYSKIWANIA ZIMNYM GAZEM**

Słowa kluczowe: Inconel 686, mechaniczna synteza, natryskiwanie na zimno

Wysokociśnieniowe natryskiwanie zimnym gazem (CGS - Cold Gas Spraying) jest technologią wymagającą uwzględnienia wielu czynników, jak właściwości materiałów, konstrukcja dyszy, przygotowanie podłoża, rodzaj i ciśnienie gazu, temperatura cząstek. Inne krytyczne czynniki obejmują utlenianie, prędkość cząstek, naprężenia szczątkowe, mechanizmy wiązania i wymagania dotyczące obróbki końcowej. Istotnym elementem procesu natryskiwania CGS, w którym nie dochodzi do przetopienia materiału natryskiwanego, jest fakt, że zaprojektowana i wytworzona mikrostruktura proszku wyjściowego zostaje zachowana (po silnym zdeformowaniu) w materiale powłoki. Celem prowadzonych badań było opracowanie procedury przygotowania wysokiej jakości materiału wyjściowego do natryskiwania zimnym gazem w postaci proszku kompozytowego składającego się z osnowy Inconel 686 i węgla wolframu jako cząstek wzmacniających. Materiał wyjściowy w postaci proszku kompozytowego przygotowywano techniką mechanicznej syntezy wykorzystując kulowy młyn planetarny. W pracy przedstawiono wyniki badań morfologii cząstek proszku kompozytowego. Wskazano wpływ czasu mielenia i stosunku wagowego proszków na ich morfologię i wielkość krystalitów. Morfologię proszków analizowano przed i po procesie syntezy mechanicznej przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego, natomiast rozkład wielkości cząstek badano przy użyciu laserowego analizatora cząstek. Wielkość krystalitów obliczono na podstawie badań metodą dyfrakcji rentgenowskiej.

Agnieszka Radziszewska¹, Olaf Czyż¹, Małgorzata Kąc², Jerzy Morgiel³, Roman Ostrowski⁴

Autor do korespondencji (e-mail): radzisz@agh.edu.pl

¹ AGH w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Kraków

² Instytut Fizyki Jądrowej PAN, Kraków

³ Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Kraków

⁴ Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

LASEROWE INTERFERENCYJNE NAGRZEWANIE TAŚM NA BAZIE Fe – MIKROSTRUKTURA I WŁASNOŚCI

Słowa kluczowe: taśmy amorficzne, własności magnetyczne, mikrostruktura, SEM, TEM

W świecie nowoczesnych technologii, gdzie miniaturyzacja i efektywność to klucz do znacznych osiągnięć, nanokrystaliczne materiały wykazują znacznie lepsze własności magnetycznie miękkie aniżeli ich odpowiedniki w formie amorficznej. W latach 80-tych XX wieku przedstawiono stopy Fe-Si-B z dodatkami miedzi i niobu o ultradrobnej strukturze, składającej się z roztworu α -Fe, oraz posiadających bardzo dobre własności magnetycznie miękkie, szczególnie w warunkach niestabilności temperaturowej i wysokich częstotliwości. Istotnie wyróżnia się tu stop $\text{Fe}_{80}\text{Si}_{11}\text{B}_9$, wytwarzany w postaci cienkich taśm metodą szybkiego odlewania (np. melt-spinning). Wyjątkowość stopów wynika z drobnoziarnistej struktury i ich unikalnego składu chemicznego. Dzięki temu materiały te charakteryzują się wyjątkowo niską koercją, minimalnymi stratami energii, wysoką indukcją nasycenia i wysoką przenikalnością magnetyczną. Jednakże zmienne parametry pracy (podwyższona temperatura) wpływają na zmiany strukturalne taśm, a w konsekwencji ich własności magnetyczne i mechaniczne. Kluczowym zatem jest ich precyzyjna obróbka cieplna. Dzięki niej powstaje struktura składająca się z nanokryształów osadzonych w amorficznej matrycy. Ułatwia to redukcję anizotropii magnetycznej oraz poprawę kluczowych parametrów użytkowych. Jednak należy zauważyć, że w wyniku konwencjonalnego wyżarzania szybka krystalizacja sprawia, że materiał taśm staje się kruchy i ulega pękaniu. Obecnie wiadomo, że odpowiednio kontrolowany proces nagrzewania taśm może wręcz poprawić ich własności. W związku z powyższym zaproponowano zastosowanie precyzyjnego interferencyjnego impulsowego nagrzewania taśm FeSiB oraz z dodatkami miedzi i niobu ($\text{Fe}_{80}\text{Si}_{11}\text{B}_9$; $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_{12}\text{Cu}_1$; $\text{Fe}_{75}\text{Cu}_1\text{Nb}_2\text{Si}_{11}\text{B}_9$) w celu uzyskania nanokrystalicznych mikroobszarów w osnowie amorficznej. Spektroskopia Mössbauera ujawniła występowanie sekstetu z poszerzonymi liniami zewnętrznymi zarówno dla taśmy amorficznej FeSiB jak i nagrzewanej laserowo. Wskazuje to na magnetyczne uporządkowanie materiału z rozkładem wartości pola nadsubtelnego. Zmiany natężenia linii 2 i 5 świadczą o przesunięciu izomerów żelaza, a ich wyższe natężenie w stosunku do izotropowego rozkładu momentu magnetycznego oznacza orientację w płaszczyźnie namagnesowania. Natomiast średni kierunek namagnesowania w odniesieniu do padającego promieniowania gamma (czyli względem prostopadłej do płaszczyzny próbki FeSiB) wynosił 55° a 69° dla taśmy nagrzewanej laserowo.

Monika Gwoździk

Autor do korespondencji (e-mail): monika.gwozdzik@pcz.pl

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, al. Armii Krajowej
19, 42-201 Częstochowa

WPŁYW WODY PITNEJ NA DEGRADACJĘ ELEMENTÓW SIECI WODOCIĄGOWEJ

Słowa kluczowe: osady, rury wodociągowe, diagnostyka

Sieć wodociągowa jest bazą, która ma za zadanie dostarczanie wody pitnej do gospodarstw domowych. Woda ta w odpowiedniej ilości, jakości oraz pod odpowiednim ciśnieniem powinna być rozprowadzana przez rurociągi. W związku z powyższym, kluczowa jest diagnostyka urządzeń rozprowadzających oraz przechowujących taką wodę. Szczególnie ocena osadów wodociągowych jest traktowana jako strategiczne działanie w kontekście bezpieczeństwa wody pitnej. W artykule skupiono się na badaniach strukturalnych materiału rodzimego (stali) jak i osadów wytworzonych na rurach wodociągowych. Badania diagnostyczne przeprowadzono na elementach, które długotrwale były w kontakcie z wodą. Czas eksploatacji wynosił 270 000 godzin. Analizę materiałową wykonano zarówno na powierzchni elementu jak i na zglądach poprzecznych. Do tego celu wykorzystano mikroskop świetlny, cyfrowy jak i skaningowy mikroskop elektronowy. Ponadto dokonano analizy składu chemicznego wytworzonych osadów. Badania uzupełniają wyniki pomiarów chropowatości. W tym celu określono takie parametry jak: S_a , S_z , S_p , S_v , S_q , S_{sk} , S_{ku} . Uzyskane wyniki badań wykazały znaczne zdegradowanie badanych elementów. Zaobserwowano liczne pęknięcia i wykruszenia osadów. Ponadto zaobserwowano pojedyncze wżery, od których rozchodzą się mikropeęknięcia skierowane w głąb materiału.

Autor do korespondencji (e-mail): k.braszczyńska-malik@pcz.pl

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów, Katedra Inżynierii Materiałowej, Al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa

MORFOLOGIA EUTEKTYKI W STOPACH Mg-RE

Słowa kluczowe: stopy magnezu, mikrostruktura, eutektyka

W pracy przedstawiono analizy morfologii eutektyki w stopie Mg-4,5%mas. RE (gdzie RE oznacza pierwiastki ziem rzadkich w postaci miszmetalów na bazie ceru o składzie zgodnie z atestem: 54,8%mas. ceru, 23,8%mas. lantanu, 16%mas. neodymu, 5,4%mas. prazeodymu, 0,16%mas. żelaza oraz 0,19%mas. magnezu). Materiał badawczy został przygotowany poprzez wprowadzenie mieszanki cerowej do technicznie czystego magnezu oraz grawitacyjne odlewanie do zimnej formy metalowej. Mikrostruktura (badana metodami: mikroskopii świetlnej, skaningowej mikroskopii elektronowej oraz rentgenowskiej analizy fazowej) analizowanego stopu składała się z dendrytów fazy α -Mg oraz eutektyki α +Mg₁₂RE. Związek międzymetaliczny Mg₁₂RE, który można zapisać także w formie Mg₁₂(Ce La,Nd,Pr), jest fazą analogiczną do Mg₁₂Ce, powstającą poprzez substytucyjne wbudowywanie atomów pierwiastków ziem rzadkich w bazowy związek międzymetaliczny. Utworzona eutektyka wykazała morfologię częściowo rozsegregowaną, w której faza α zarówno otacza fazę Mg₁₂RE jak i znajduje się w jej wnętrzu. Ten rodzaj eutektyki obserwowany jest również w stopach typu Mg-Al, aczkolwiek w przypadku badanego stopu Mg-RE wewnątrz-eutektyczna faza α wykazała bardziej rozbudowaną morfologię niż analogiczna występująca w częściowo rozsegregowanej eutektyce stopów typu Mg-Al.

SP 8

Hanna Purzyńska, K. Sówka, Adam Zieliński

Autor do korespondencji (e-mail): adam.zielinski@git.lukasiewicz.gov.pl

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Górnośląski Instytut Technologiczny, ul. K. Miarki 12-14, 44-100 Gliwice

ROLA ŁUKASIEWICZ GIT W TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ POLSKI

Słowa kluczowe:

SP 9

**Katarzyna Bryll¹, Alina Abramovich¹, Dorota Czarnecka-Komorowska²,
Barbara Żurańska¹**

Autor do korespondencji (e-mail): k.bryll@pm.szczecin.pl

¹ Politechnika Morska w Szczecinie, Wydział Mechaniczny, ul. Willowa 2, 71-650 Szczecin

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

WYTWARZANIE KOMPOZYTÓW HYBRYDOWYCH DEDYKOWANYCH NA KONSTRUKCJE WIELKOGABARYTOWE

Słowa kluczowe: kompozyty, polimerowe, hybrydowe, włókno naturalne, włókno szklane

Celem artykułu było wytworzenie hybrydowych materiałów kompozytowych i ocena ich potencjału zastosowania na łopaty turbin wiatrowych. Zastosowanie tkaniny jutowej w kompozytach hybrydowych pozwala na obniżenie kosztów materiałowych, zwiększenie udziału surowców odnawialnych oraz poprawę ekologicznego profilu produktu końcowego. Juta może pełnić rolę warstwy zewnętrznej lub rdzeniowej, przyczyniając się do poprawy tłumienia drgań, odporności na uderzenia oraz izolacyjności akustycznej. W ramach pracy wytworzono hybrydowe kompozyty zawierające tkaniny naturalne, a następnie określono wybrane właściwości mechaniczne i fizyczne tych materiałów. Kompozyty hybrydowe wytworzono z zastosowaniem tkaniny jutowej oraz tkaniny szklanej. Uzyskane wyniki zostały porównane z właściwościami tradycyjnych kompozytów polimerowo-szklanych oraz polimerowo-naturalnych. Przeprowadzono podstawowe badania wytrzymałościowe tj. badanie wytrzymałości na statyczne rozciąganie, udarności metodą Charpy'ego oraz analizę struktury mikroskopowej.

Analiza właściwości wykazała, że kompozyt hybrydowy posiada wytrzymałość na statyczne rozciąganie na poziomie 300 MPa i wydłużenie wynoszące 3,5%, a udarność 10 J/cm². Mechanizmy niszczenia w kompozycie hybrydowym był kombinacją obu procesów pękania włókien szklanych oraz odkształceń włókien jutowych, które ulegały stopniowemu zrywaniu, co prowadziło do plastycznego odkształcenia materiału. Umożliwia to kompozytowi hybrydowemu na lepsze rozpraszanie energii i opóźniało moment zniszczenia w porównaniu do kompozytu szklanego. Dzięki temu mogą znaleźć zastosowanie w konstrukcjach wymagających zarówno wysokiej wytrzymałości, jak i elastyczności, takich jak łopaty do małych turbin wiatrowych. Potwierdzenie możliwości wdrożenia do takich zastosowań wymaga jednak dalszych prac badawczych związanych z zastosowaniem w materiałach kompozytowych tkanin o różnej gramaturze i splocie.

SP 10

**Katarzyna Gawdzińska¹, Zbigniew Matuszak¹, Marek Staude²,
Tomasz Kostecki¹**

Autor do korespondencji (e-mail): k.gawdzinska@pm.szczecin.pl

¹ Politechnika Morska w Szczecinie Wydział Mechaniczny ul. Willowa 2, 71-650 Szczecin

² Politechnika Morska w Szczecinie Wydział Mechatroniki i Elektrotechniki ul. Willowa 2, 71-650 Szczecin

OCENA WYBRANYCH WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH SANDWICHY Z PIAN KOMPOZYTOWYCH

Słowa kluczowe: struktury sandwichowe, odlewy, piana aluminiowo-ceramiczna

Artykuł omawia badania dotyczące zastosowania piany kompozytowej aluminiowo-ceramicznej jako materiału w strukturach sandwichowych, mających zastosowanie w absorpcji energii. W kontekście ciągłego rozwoju przemysłu, istnieje potrzeba ciągłego udoskonalania cienkościennych elementów pochłaniających energię, z myślą o zapewnieniu bezpieczeństwa użytkowania. W pracy badawczej skoncentrowano się na ocenie właściwości użytkowych takiej struktury sandwichowej. Badania przeprowadzono poprzez poddanie próbek osiowej dynamicznej sile kruszenia o ustalonej energii początkowej. Na podstawie przebiegu wartości siły wyznaczono wskaźniki efektywności kruszenia, co pozwoliło na ocenę wytrzymałości i odporności struktury na obciążenia dynamiczne. W artykule przedstawiono także analizę porównawczą wyników badań z wynikami symulacji numerycznych, wykorzystując metodę elementów skończonych. Symulacje umożliwiły lepsze zrozumienie zachowania się materiału podczas obciążenia oraz potwierdzenie wyników eksperymentalnych. Wnioski z przeprowadzonych badań mogą znaleźć zastosowanie w dalszym udoskonalaniu konstrukcji elementów pochłaniających energię, mających kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowników. Artykuł ten stanowi wartościowy wkład w dyskusję na temat właściwości użytkowych materiałów stosowanych w branży motoryzacyjnej oraz przemysłowej, co wpisuje się w tematykę konferencji dotyczącej eksploatacji silników i układów napędowych, oraz zagadnień logistycznych i ekonomicznych.

Dariusz Korzeniewski, Krzysztof Żak, Piotr Niesłony

Autor do korespondencji (e-mail): dariusz1803.dk@gmail.com

Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii Maszyn i Materiałoznawstwa, ul. St. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole

**WPŁYW PARAMETRÓW FREZOWANIA MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH
NA OSNOWIE METALOWEJ NA JAKOŚĆ POWIERZCHNI ORAZ
WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE**

Słowa kluczowe: współczynnik tarcia, kompozyt aluminiowo – ceramiczny, chropowatość powierzchni

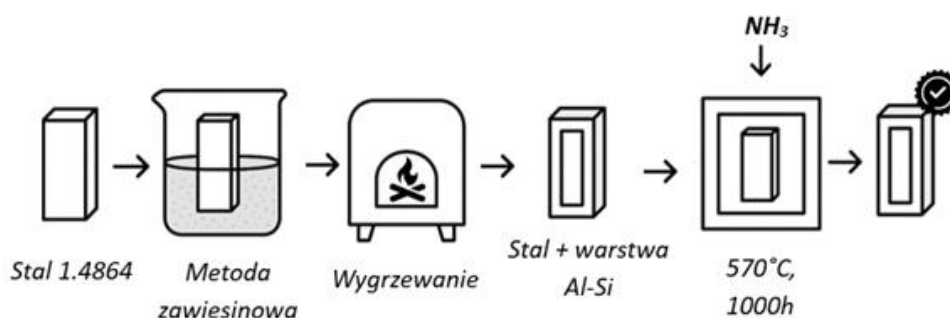
Kompozyty metalowe (MMC – Metal Matrix Composites) znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle lotniczym i biomedycznym, głównie ze względu na korzystny stosunek wytrzymałości do masy, dobre właściwości mechaniczne i cieplne. Wprowadzenie do metalicznej osnowy cząstek ceramicznych zwiększa odporność na zużycie tribologiczne, jednak jednocześnie powoduje trudności w obróbce skrawaniem, przyczyniając się do intensyfikacji zużycia narzędzi oraz pogorszenia jakości powierzchni obrabianej. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań tribologicznych kontaktu kompozytu aluminiowo-ceramicznego ze stalą nierdzewną, przeprowadzonych w warunkach tarcia suchego metodą pin-on-disc. Analizowano parametry chropowatości powierzchni 3D przed i po procesie tarcia. Stwierdzono, że największy wpływ na wartość współczynnika tarcia (μ), siły tarcia (F_t) oraz parametry chropowatości ma posuw (f). Po zakończeniu testów zaobserwowano wzrost chropowatości powierzchni. Analiza ubytku masy (Δm) wykazała, że najmniejsze zużycie materiału występuje przy prędkości skrawania $v_c = 700$ m/min i posuwie $f = 0,20$ mm/obr. Parametry te uznano za optymalne z punktu widzenia właściwości tribologicznych badanego układu.

Autor do korespondencji (e-mail): karolina.wierzbowska@zut.edu.pl

Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

ODPORNOŚĆ WARSTW ALUMINIDKOWYCH WYTWORZONYCH NA STALI 1.4310 NA KOROZJĘ WYSOKOTEMPERATUROWĄ

Słowa kluczowe: warstwy żaroodporne, korozja wysokotemperaturowa, azotowanie



Warstwy aluminidkowe wytworzono metodą zawieszinową na podłożu nierdzewnej stali austenitycznej 1.4310 (X10CrNi18-8), stosując zmienne parametry procesu: temperaturę (700, 800 oraz 1000 °C) oraz czas wygrzewania (1, 2 i 6 godzin). Struktura wytworzonych warstw została zbadana za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) z analizą EDS, dyfrakcji rentgenowskiej (XRD) oraz techniki nanoindentacji. Wykazano, że przy temperaturze 700–800 °C, niezależnie od czasu wygrzewania, na powierzchni dominowały fazy Al_5Fe_2 oraz Al_5FeNi . Z kolei zastosowanie temperatury wytwarzania 1000 °C skutkowało powstaniem warstwy o dominującej fazie AlFe . Odporność uzyskanych warstw oceniono poprzez 1000-godzinny proces azotowania gazowego w atmosferze amoniaku w temperaturze 575 °C. Po procesie wykazano stabilność warstw zawierających fazę Al_5FeNi , natomiast już po 400 godzinach na próbkach pokrytych warstwą zawierającą fazą AlFe oraz na podłożu bez warstwy zaobserwowano obecność rozbudowanych azotków żelaza. Otrzymane wyniki wskazują na potencjał zastosowania warstw aluminidkowych w ochronie przed korozją wysokotemperaturową, co może przyczynić się do wydłużenia trwałości elementów stalowych eksploatowanych w środowisku amoniaku.

SP 13

**Daniel Deacu¹, Agata Niemczyk¹, Agata Goszczyńska², Tomasz Idzik³,
Jacek Sośnicki³, Sebastian Fryska¹, Jolanta Baranowska¹**

Autor do korespondencji (e-mail): aniemczyk@zut.edu.pl

¹ Department of Materials Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

² Department of Polymer and Biomaterials Science, Faculty of Chemical Technology and Engineering, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

³ Department of Chemical Organic Technology and Polymeric Materials, Faculty of Chemical Technology and Engineering, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland

PULSED ELECTRON BEAM DEPOSITION OF GLUCOSE MONOHYDRATE

Słowa kluczowe: pulsed electron beam deposition, glucose layer, monohydrate

Pulsed electron beam deposition (PED) of organic materials is a complex process influenced by the beam's interaction with the target, molecular transport in plasma, and film growth behavior. During ablation, the beam disrupts both covalent and weaker intermolecular forces, like hydrogen bonds and Van der Waals interactions.

This study focuses on the PED deposition of glucose monohydrate under varying gas pressure (Argon), analyzing the influence of this parameter on the resulting coatings. The experiments were conducted under gas pressure of 6-14 mTorr, and electron gun voltage of 16 kV with separation distance of 15 mm.

This research aims to expand the understanding of PED for polymer coatings by evaluating the morphology, topography, and molecular structure of the resulting glucose coatings. The deposited glucose was analyzed using FTIR and NMR for chemical composition, while their physical structure and morphology were examined by XRD, AFM, and light microscopy. The correlation between glucose's chemical and physical structure and specific PED parameters was systematically investigated and described.

Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki, program SONATA-18 nr 2023/51/D/ST11/00263.

Cyprian Tyszko, Sławomir Krajewski, Agnieszka Kochmańska

Autor do korespondencji (e-mail): cyprian.tyszko@zut.edu.pl

Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

FIZYCZNA SYMULACJA CYKLU CIEPLNEGO STREFY WPŁYWU CIEPŁA LUTOSPAWANIA I JEJ WPŁYW NA UDARNOŚĆ STOPU Ti6Al4V

Słowa kluczowe: symulowany cykl cieplny, strefa wpływu ciepła, lutowanie, udarność

W niniejszej pracy zbadano wpływ symulowanego cyklu cieplnego strefy wpływu ciepła odpowiadającego procesowi lutowania na udarność dwufazowego stopu tytanu Ti6Al4V. W tym celu wykorzystano symulator cykli termiczno-odkształceniowych Gleeble 3500, za pomocą którego pręty kwadratowe o wymiarach 10x10 mm nagrzano do temperatur: 750°C, 950°C i 1100°C z prędkością nagrzewania 100°C/s, po czym poddano je niewymuszonemu chłodzeniu. Na uzyskanych próbkach przeprowadzono badanie udarności sposobem Charpy'ego w temperaturze 20°C oraz karbem V naciętym poprzecznie do kierunku walcowania. Otrzymane wyniki udarności porównano z wartościami dla stopu Ti6Al4V w stanie dostawy oraz poddano interpretacji w oparciu o mikrostruktury powstałe w wyniku fizycznych symulacji cykli cieplnych dla poszczególnych temperatur. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że temperatura symulowanego cyklu cieplnego strefy wpływu ciepła odpowiadającego procesowi lutowania w znaczącym stopniu wpływa na udarność dwufazowego stopu tytanu Ti6Al4V, co jest związane z przemianami fazowymi zachodzącymi w materiale pod wpływem nagrzewania. Bazując na uzyskanych wynikach, określono również najkorzystniejszy z punktu widzenia udarności zakres temperatur lutowania dla stopu tytanu Ti6Al4V.

Paweł Kochmański¹, Marcin Długozima², Paweł Figiel¹, Jolanta Baranowska¹

Autor do korespondencji (e-mail): pawel.kochmanski@zut.edu.pl

¹ Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

² SECO/WARWICK S.A., ul. Sobieskiego 8, 66-200 Świebodzin

WPŁYW AZOTOWANIA GAZOWEGO NA ODPORNOŚĆ KOROZYJNĄ STALI NIERDZEWNYCH MARTENZYTYCZNYCH

Słowa kluczowe: azotowanie, martenzytyczna stal nierdzewna, odporność korozyjna

W artykule przedstawiono wpływ azotowania gazowego na odporność korozyjną martenzytycznych stal nierdzewnych w porównaniu z wybranymi azotowanymi konstrukcyjnymi stalami niskostopowymi. Azotowanie jako technologia utwardzania powierzchni jest stosowane w przemyśle w szerokim zakresie temperatury, również powyżej 450°C, gdzie w przypadku stali nierdzewnych następuje tworzenie azotków, w tym azotków chromu. Pomimo wzrostu właściwości mechanicznych, może nastąpić spadek odporności na korozję. W literaturze nie ma informacji na temat tego, w jaki sposób wspomniany spadek odporności na korozję stali martenzytycznej wysokochromowej odnosi się do typowych stali konstrukcyjnych azotowanych w tych samych warunkach. Procesy azotowania prowadzono w przemysłowym piecu retortowym firmy Seco/Warwick o komorze roboczej 400x400x600mm przy 3 różnych wartościach temperatury (500, 535 i 570°C) i 2 różnych stałych przepływach amoniaku (5 oraz 45 l/min). Azotowaniu poddano dwa gatunki stali nierdzewnych martenzytycznych: X30Cr13 i X90CrMoV18 oraz na dwa gatunki stali konstrukcyjnych: 41CrAlMo7 i 16MnCr5.

Wykonano badania struktury metodami rentgenowskiej analizy fazowej, mikroskopią świetlną i elektronową skaningową z mikroanalizą rentgenowską WDS/EDS. Badania odporności na korozję przeprowadzono metodą potencjodynamiczną w 3% wodnym roztworze chlorku sodu. Zaobserwowano obniżenie odporności korozyjnej azotowanych stali nierdzewnych w porównaniu do stali nieazotowanych do poziomu odporności azotowanych stali konstrukcyjnych, a także wpływ parametrów technologicznych azotowania na tę odporność.

Agnieszka Kochmańska

Autor do korespondencji (e-mail): agnieszka.kochmanska@zut.edu.pl
Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

CHARAKTERYSTYKA WARSTW KRZEMKOWO-ALUMINIDKOWYCH NA STOPIE MOLIBDENU UZYSKANYCH METODĄ ZAWIESINOWĄ

Słowa kluczowe: metoda zawieszinowa; warstwy krzemkowo-aluminidkowe; stop TzM; cykliczne utlenianie

Transformacja energetyczna w kierunku energetyki jądrowej oraz technologii wodorowych stawia wyzwanie zapewnienia trwałości materiałów eksploatowanych w ekstremalnych warunkach pracy. Stopy molibdenu to materiały stosowane w energetyce jądrowej, jednak podatność na korozję wysokotemperaturową ogranicza ich wykorzystanie w długoterminowej eksploatacji. Proponowane badania odpowiadają na te wyzwania poprzez rozwój warstw aluminidkowo-krzemkowych, które łączą wysoką odporność na utlenianie, niską przepuszczalność dla gazów i możliwość adaptacji do różnych podłoży. Badania koncentrują się na poprawie odporności materiałów na degradację w warunkach wysokotemperaturowych w atmosferze utleniającej.

Do wytworzenia warstw ochronnych krzemkowych, krzemkowo-aluminidkowych i aluminidkowych na stopie molibden TzM zastosowano autorską metodę zawieszinową. Procesy wytwarzania warstw prowadzono w temperaturach 800 i 1000°C w czasie od 2 do 6 godzin, stosując zawiesziny o różnej proporcji aluminium do krzemu. Zbadano zachowanie materiału z warstwami podczas cyklicznego utleniania w temperaturze 1100°C. Mikrostrukturę warstw, zarówno na przekroju poprzecznym, jak i na powierzchni, badano za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej. Skład chemiczny analizowano za pomocą mikroanalizy rentgenowskiej EDS, a skład fazowy badano za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej XRD. Otrzymane warstwy wykazywały strukturę wielowarstwową. Wykazano, że skład zawiesziny miał znaczący wpływ na morfologię, kinetykę wzrostu i odporność na utlenianie warstw krzemkowo-aluminidkowych. Najlepszą odporność na utlenianie wykazały warstwy uzyskane z zawiesziny zawierającej równe proporcje Al i Si. Mikropełnienia powstałe w procesie utleniania wypełniały się tlenkiem glinu, nadając warstwom właściwości samonaprawiające.

Sebastian Fryska¹, Mateusz Wypych

Autor do korespondencji (e-mail): sebastian.fryska@zut.edu.pl

¹ Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

WŁAŚCIWOŚCI STALI NARZĘDZIOWYCH DO PRACY NA GORĄCO POKRYTYCH POWŁOKĄ Z FAZY S

Słowa kluczowe: powłoka z fazy S, reaktywne PVD, stale narzędziowe do pracy na gorąco

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości mechanicznych i tribologicznych czterech gatunków stali narzędziowych do pracy na gorącą z naniesioną powłoką z fazy S. W pracy wykorzystano następujące stale: 40CrMnNiMo8-6-4 (M238, Bohler; 1.2738), 60CrMoV18-5 (Calmax, Uddeholm; 1.2358), X50CrMoV5-2 (Unimax, Uddeholm), X38CrMoV5-3 (W360, Bohler; 1.2367). Podłoża przed pokryciem powłoką zostały poddane procesowi ulepszenia cieplnego. Powłoki z fazy S, czyli powłoki na bazie stali austenitycznej (tutaj X5CrNi18-9, AISI 304) stabilizowanej azotem lub azotem i węglem, zostały osadzone na podłożach z wykorzystaniem reaktywnego rozpylania magnetronowego (RMS) w atmosferze argonu i azotu (Ar + 20% lub 40% N₂) lub argonu, azotu i metanu (Ar + 20% N₂ + 20% CH₄). Powłoki nanoszono na podłoża o temperaturze 200 lub 400°C.

Analiza XRD krzywych dyfrakcyjnych wytworzonych próbek poza obecnością powłoki z fazy S ujawniła obecność warstwy dyfuzyjnej w podłożu pod powierzchnią powłoki. Świadczy to o dyfuzji azotu lub azotu i węgla od powłoki do podłoża dla powłok osadzanych w temperaturze 400°C. Zjawiska dyfuzji nie obserwowano dla powłok osadzanych w temperaturze 200°C. Naniesienie powłoki z fazy S pozwoliło zwiększyć twardość stali w porównaniu do stanu ulepszanego cieplnie we wszystkich przypadkach. Największy przyrost twardości wynoszący 109% obserwowano dla stali Calmax pokrytej powłoką osadzaną w temperaturze 400°C w atmosferze zawierającej 40% azotu.

Magdalena Kwiatkowska¹, Piotr Franciszczak², Andrejs Kovalovs³

Autor do korespondencji (e-mail): p.franciszczak@pm.szczecin.pl

¹ Katedra Technologii Materiałowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

² Katedra Technologii i Technik Wytwarzania Materiałów, Wydział Mechaniczny, Politechnika Morska,
ul. Willowa 2, Szczecin

³ Institute of High-Performance Materials and Structures, Faculty of Civil and Mechanical Engineering,
Riga Technical University, Kipsalas Str. 6A, Riga, Łotwa

BIOKOMPOZYTY HYBRYDOWE W OSNOWIE POLIPROPYLENU Z UDZIAŁEM WŁÓKNIEN NATURALNYCH

Słowa kluczowe: biokompozyty polimerowe, włókna naturalne, efekt hybrydowy, właściwości mechaniczne

Kompozyty polimerowe wzmacniane mączką drzewną (*ang. wood – polymer composites*, WPC) oraz syntetycznymi włóknami celulozowymi są szeroko stosowane w przemyśle motoryzacyjnym i budowlanym. Możliwość ich przetwarzania w procesach termicznych daje szerokie możliwości wzornictwa oraz dużą wydajność produkcji. Główną jednak wadą tych pierwszych jest ich niska udurowienie, zaś w drugich ograniczeniem w stosowaniu jest wysoka cena naturalnych i syntetycznych włókien celulozowych. Jednym z rozwiązań jest zastosowanie kombinacji dwu rodzajów włókien, co pozwala na obniżenie kosztów produkcji i umożliwia dostosowywania właściwości użytkowych kompozytów do wymagań aplikacyjnych. Wymaga to jednak szerokiej charakterystyki właściwości, szczególnie parametrów mechanicznych oraz optymalizację udziałów poszczególnych składników.

W pracach badawczych projektu M-ERA.NET „HyBiCo—High performance short-fibre biobased hybrid composites for injection moulding” wykorzystano hybrydową kombinację mączki drzewnej i krótkich syntetycznych włókien celulozowych w celu opracowania kompozytów w osnowie polipropylenu (PP) do formowania wtryskowego. Materiały te wykazują zróżnicowanie pod względem właściwości mechanicznych, a synergiczny efekt kombinacji wzmocnień pomaga osiągnąć parametry lepsze niż kompozytów drzewno-polimerowych przy zachowaniu niskich kosztów.

Praca finansowana w ramach projektu M-ERA.NET Call 2016 (projekt nr 4297)

Justyna Słowik, Sebastian Fryska, Jolanta Baranowska

Autor do korespondencji (e-mail): justyna.slowik@zut.edu.pl

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

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE POWŁOK WIELOWARSTWOWYCH FAZA S/Cu WYTWARZANYCH METODĄ REAKTYWNEGO ROZPYLANIA MAGNETRONOWEGO

Słowa kluczowe: reaktywnego rozpylanie magnetronowe, wiązkowość, powłoki wielowarstwowe

Uzyskiwanie powłok wielowarstwowych składających się z naprzemiennie występujących dwóch różnych warstw, przy gradientowym przejściu pomiędzy warstwami jest jedną z metod poprawy właściwości mechanicznych – w tym twardości i wiązkowości powłok.

W ramach pracy wskutek jednoczesnego rozpylania magnetronowego stali austenitycznej i miedzi technicznej w atmosferze azotu otrzymano powłoki wielowarstwowe zbudowane naprzemiennie z fazy S oraz miedzi. Powłoki osadzone były na podłożach ze stali austenitycznej i były zróżnicowane przede wszystkim pod względem zawartości miedzi, która wahała się od 0% do 51,1% at. Właściwości mechaniczne powłok były badane metodą nanoindentacji (pomiar twardości, modułu Younga oraz plastycznej części pracy nanoindentacji) oraz poprzez próby zginania trójpunktowego z użyciem wałków zginających o zróżnicowanych średnicach.

W efekcie przeprowadzonych badań potwierdzono, że struktura wielowarstwowa składająca się naprzemiennie z fazy kruchej i fazy plastycznej stanowi efektywną metodę poprawy odporności na pękanie powłok zarówno w warunkach ściskania jak i rozciągania. Efekt ten został widocznie osiągnięty w przypadku powłok o wyższych zawartościach miedzi. Powłoka o zawartości miedzi 51,1% at. charakteryzuje się potencjałem jako powłoka do stosowania na blachach, które następnie poddawane będą zginaniu, szczególnie w przypadku, gdy powłoka miałaby się znaleźć po wewnętrznej stronie gięcia.

II Ogólnopolska Konferencja Naukowa
INŻYNIERIA MATERIAŁOWA – MATERIAŁY I TECHNOLOGIE 2025
1 – 4 czerwca 2025 Świnoujście