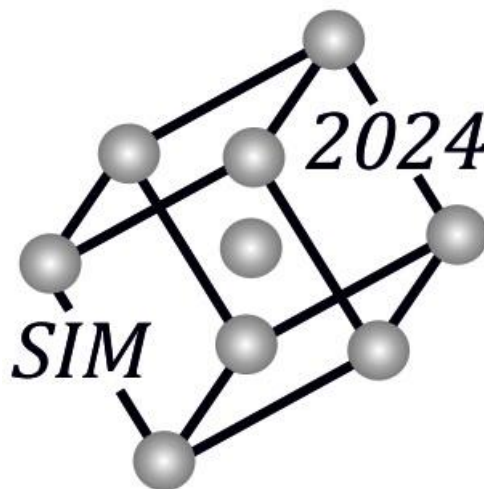




Materialy konferencyjne SZKOŁA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ



Kraków, 8 ÷ 9 V 2024
ISBN 978-83-67427-98-2

Komitet Organizacyjny Konferencji

Przewodniczący Konferencji

dr hab. inż. Janusz Krawczyk, prof. AGH

V-ce Przewodniczący Konferencji

dr hab. inż. Katarzyna Major - Gabryś, prof. AGH

dr hab. Bartosz Handke, prof. AGH

dr hab. inż. Remigiusz Kowalik, prof. AGH

Komitet Organizacyjny

dr inż. Łukasz Frocisz

dr inż. Krzysztof Pajor

mgr inż. Denis Pikulski

mgr inż. Karolina Wójciak

Honorowi Przewodniczący Konferencji SIM

prof. dr hab. inż. Jerzy Pacyna

prof. dr hab. inż. Piotr Bała

Komitet Naukowy Konferencji

prof. dr hab. inż. Piotr Bała

prof. dr hab. inż. Marcin Górny

prof. dr hab. inż. Dariusz Kata

prof. dr hab. inż. Agnieszka Kopia

prof. dr hab. inż. Dariusz Kopyciński

prof. dr hab. inż. Łukasz Madej

prof. dr hab. inż. Jerzy Pacyna

prof. dr hab. inż. Marta Radecka

prof. dr hab. Piotr Żabiński

dr hab. inż. Grzegorz Boczek, prof. AGH

dr hab. inż. Aldona Garbacz - Klempka, prof. AGH

dr hab. Bartosz Handke, prof. AGH

dr hab. inż. Jerzy Jedliński, prof. AGH

dr hab. inż. Remigiusz Kowalik, prof. AGH

dr hab. inż. Janusz Krawczyk, prof. AGH

dr hab. inż. Katarzyna Major - Gabryś, prof. AGH

dr hab. inż. Krzysztof Żaba, prof. AGH

Spis treści

Armatys P., Długoń E., Smółka G., Fraczek-Szczypta A., Stodolak-Zych E.: Bakteriobójcze właściwości warstwy zol-żel na podłożach polimerowych do zastosowań medycznych	7
Baran P., Kaźmierski T., Nowak M., Krawczyk J.: Ocena korelacji wyników small punch test z klasyczną próbą wytrzymałościową w stalach wysokowytrzymałych	8
Błajszczak Ł., Grysakowski B., Kąc S.: Badania elektrochemiczne stali 316L modyfikowanej laserowo	9
Chaczyk A., Skoda P., Pańcikiewicz K., Krawczyk J.: Skrawalność bezołowiowych stopów miedzi przeznaczonych do lutowania w instalacjach wody pitnej i gazu	10
Cudak T., Fiołek A., Moskalewicz T.: Opracowanie osadzania elektroforetycznego powłok olejek cynamonowy/alginian sodu na podłożach stali nierdzewnej austenitycznej	11
Czajkowski J., Kwiecień K., Knap K., Pamuła E.: Wpływ modyfikacji polimerowych nośników leków do płuc na ich właściwości aerodynamiczne	12
Dudek K., Żabiński P., Kornaus K.: Nanocząstki niklu osadzone na węglu aktywnym jako potencjalne katalizatory do metanacji CO ₂	13
Dziurka R., Anioł W., Mojžiš M., Bała P.: Możliwości modyfikacji mikrostruktury i własności mechanicznych stali niestopowych poprzez ultraszybkie nagrzewanie do obróbki cieplnej	14
Elsharkawy S., Kutyla D., Boryczka B., Żabiński P.: The influence of temperature on the magnetic field during Ni electrodeposition from citrate bath and its electrocatalytic performance towards hydrogen evolution reaction.....	15
Ficak G.: Trwałość narzędzi kuźniczych w procesie kucia matrycowego na gorąco.....	16
Golonka M., Laska J.: Autonomiczne systemy samonaprawcze na bazie mikrokapsulek.....	17
Gruszka D.: Zastosowanie technologii druku przestrzennego binder jetting do wytwarzania form i rdzeni odlewniczych.....	18
Gumiennik Wł., Przewoźnik J., Mazurenko Ju., Gondek Ł.: Formowanie tlenków Eu _x Fe _{2-x} O ₃ metodą samozapłonu	19
Halejcio D., Major-Gabryś K.: Dobór parametrów utwardzania spoiw nieorganicznych przeznaczonych do druku 3D mas formierskich	20
Hamryszczak T., Śleboda T.: Charakterystyka stali HSLA walcowanej na gorąco pod kątem udarności	21
Hebda A.: Modyfikacja warstwy wierzchniej w przebiegu utleniania wysokotemperaturowego stopów Ti-Al na osnowie faz międzymetalicznych.....	22
Karczewski M.: Spawanie stali drobnoziarnistej wysokiej wytrzymałości procesem fronius TWIN .	23
Karpiński R., Błoniarz A., Moskalewicz T.: Wpływ warunków osadzania elektroforetycznego na mikrostrukturę powłok kurkumina/chitozan	24
Kaźmierski T., Krawczyk J., Frocisz Ł., Lypchanskyi O., Pawlyta M.: Aspekty mikrostrukturalne stali DP600 otrzymywanej w procesie walcowania na gorąco.....	25
Kokosza Ł.: Opracowanie i analiza modeli komputerowych do charakteryzacji epitaksjalnych supersieci przy zastosowaniu symulacji dyfrakcji	26
Komorowska G., Kowalczyk A., Michalski P.P., Wejrzanowski T.: Wielowarstwowa katoda dla wydajnych i trwałych wysokotemperaturowych ogniw paliwowych.....	27
Kopciejewski P., Szaraniec B.: Właściwości fizyko-mechaniczne recyklingowych tworzyw konstrukcyjnych	28
Kopecki B., Perzyński K., Madej Ł.: Ocena wzrostu napylanej warstwy metodą PLD z wykorzystaniem comsol multiphysics.....	29

Kopeć-Surzyn A., Madej M.: Wytwarzanie stopów wysokoentropowych przy użyciu metody SPS ..	30
Kozik A., Nowak M., Góral A.: Właściwości twardych anodowych powłok tlenkowych modyfikowanych cząstkami nanoprošków	30
Lewartowski P.: Ewolucje procesu cynkowania ogniowego	30
Limanówka K., Boczał S., Korczak P., Góral A.: Wpływ mikrodotatków na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne stopów Al-Mg z ponadstandardową zawartością Mg po kuciu na zimno	33
Łagoda A.: Atomizacja odpadów drukowanych w technologii 3D: innowacyjne podejście do recyklingu metali, na przykładzie stali MS1	34
Madetko A.: Formowanie tiksotropowe oraz wyznaczenie lepkości stało-ciekłych stopów miedzi .	35
Manitcaia V., Korbel A., Machniewicz T.: Badania wpływu procesu nitowania na odkształcenia i naprężenia resztkowe generowane w połączeniach nitowych wykonanych z lotniczych stopów aluminium	36
Marecik S., Pietryga K., Pamuła E.: Wpływ stężenia surfaktantu na wytwarzanie mikrożeli z gumy gellan.....	37
Marszałek A., Ścisłowska-Czarnecka A., Gajek M., Stodolak-Zych E.: Właściwości mechaniczne, fizykochemiczne i biologiczne materiałów włóknistych na bazie PCL i PVDF przeznaczonych na uzupełnianie tkanek miękkich	38
Michałek T., Wojnicki M.: Odzysk jonów Pd(II) z roztworów wodnych przy użyciu węgla aktywnego otrzymanego w jednoetapowej syntezie z nasion wiśni	39
Mielczarek M., Moskalewicz T.: Wpływ dodatku olejków eterycznych i ich składników na morfologię i właściwości powierzchni powłok o podstawie chitozanu osadzanych elektroforetycznie	40
Pach A., Luty-Błoch M., Podborska A.: Sensory oparte na barwnikach azowych do oznaczania śladowych ilości jonów Pd (II) w roztworach	41
Paprotka N., Pielichowska K.: Termochromowe organiczne materiały fazowo-zmienne do akumulacji energii cieplnej	42
Pawlikowski K., Sitko M., Madej Ł.: Analiza wpływu modelu zarodkowania na charakterystykę rozrostu ziaren w symulacji rekrytalizacji dynamicznej metodą losowych automatów komórkowych	43
Pierwoła A.: Analiza krystalizacji w amorficznym stopie $Mg_{72}Zn_{27}Cu_1$ o przeznaczeniu biomedycznym	44
Pikulski D., Kozieł T., Pajor K., Gondek Ł.: Określenie zdolności do zeszklenia stopów z układu Zr-Cu-Al za pomocą badań strukturalnych i obserwacji mikroskopowych.....	45
Podolska-Loska A.: Model dynamiczny procesu odsiarczania surówki wielkopiecowej w kadzi	46
Prewendowski S., Panna W., Szumera M.: Wykorzystanie odpadów celulozowych w produkcji kruszyw lekkich	47
Pudełko-Prażuch I., Wojtanek K., Pamuła E.: Optymalizacja procesu otrzymywania i ocena biologiczna cząstek z węglanu wapnia	48
Robótka P., Gondek Ł.: W poszukiwaniu wodorków w układzie REPdAl (RE - pierwiastek ziemi rzadkiej)	49
Rokosz Z., Kowalski J., Kajpust S.: Innowacyjna technologia wytwarzania pierścieni wielkogabarytowych do zastosowania w najtrudniejszych warunkach eksploatacji w przemyśle okrętowym i offshore	50
Sajdak M., Kornaus K., Zych Ł., Zientara D., Gubernat A.: Kompozyty z układy $TiB_2 - B - MoSi_2$.	51
Sierakowski D., Tuz L., Kąc. S.: Analiza porównawcza mikrostruktury i własności mechanicznych stopu 800HT po wieloletniej eksploatacji oraz nowego wyrobu.....	52

Skonieczna W., Wojtaszek M., Cichocki K., Lypchanskiy O., Kopyściański M., Goły M., Prahł U.: Wpływ parametrów kształtowania na gorąco na stan mikrostruktury stopu U720LI wykonanego z proszków	53
Sobczak J., Truszkiewicz A., Żyła G.: Łatwoformowalne nanokompozyty jako osłona przed promieniowaniem gamma i rentgenowskim	54
Suchorowiec K., Pielichowska K.: Materiały fazowo-zmienne w kompozytach do konwersji i magazynowania energii słonecznej.....	55
Sulek B., Krawczyk J.: Wybrane aspekty procesu walcowania asymetrycznego półwyrobów typu TRB	56
Szatkowska M., Pielichowska K.: Materiały fazowo-zmienne ze stabilizacją kształtu do długoterminowej akumulacji ciepła	57
Szczepanik E., Szatkowski P., Pielichowska K.: Badanie wpływu dodatku naturalnych włókien na proces degradacji kompozytu polimerowego.....	58
Szczurkowska A., Królicka A., Charitos, N.-F.: Modyfikacja elektrod pastowych z węgla szklatego za pomocą Gd_2O_3 i GO	59
Szot A., Boczkal G., Pałka P.: Wpływ drgań ultradźwiękowych podczas krystalizacji stopu Zn-Bi na mikrostrukturę oraz własności mechaniczne	60
Ścibisz K., Krawczyk J., Matusiewicz P., Pawłyta M.: Rola wtrąceń niemetalicznych w stalach elektrotechnicznych.....	61
Śliwa A.: Wpływ impregnacji tworzywa magnezjowo-spinelowego roztworami soli na jego podstawowe własności fizyczne oraz wybrane właściwości eksploatacyjne	62
Świszcz D.: Analiza wpływu anionów nieorganicznych na właściwości spoiw aktywowanych alkalicznie	63
Ungeheuer K., Rybak J., Bocirnea A., Marszalek K.W.: Wpływ promieniowania protonowego na właściwości cienkich warstw tlenków metali do zastosowań w układach fotowoltaicznych	64
Walczak K., Krok-Borkowicz M., Pamuła E.: Wpływ warunków prowadzenia hodowli na proliferację i różnicowanie komórek macierzystych	65
Wermiński M., Sitko M., Madej Ł.: Ocena możliwości redukcji czasu obliczeń dyskretnego modelu dyfuzyjnej przemiany fazowej poprzez adaptacyjny krok czasowy.....	66
Wielowski R., Czaja P., Piekarczyk W., Antosz A., Frączek-Szczypta A.: Badanie wpływu obróbki cieplnej węgla pirolitycznego otrzymanego bezpośrednio na włóknach węglowych na wybrane właściwości i możliwe zastosowanie.....	67
Wojtaszek K., Kolczyk-Siedlecka K., Wojnicki M.: Badanie podatności magnetycznej roztworów wodnych i organicznych	68
Wójciak K., Tokarski T., Cios G., Nolze G.: Precyzja i dokładność mapowania lokalnych zniekształceń sieci przy wykorzystaniu techniki EBSD i CALM	69
Zakręcki A.: Opracowanie metody projektowania i wytwarzania ortez przedramienia w technologii druku 3D	70
Zakrzewska P., Kuźnia M., Telejko T.: Nowe perspektywy w produkcji pianek poliuretanowych: alternatywne źródła dla polioli petrochemicznych.....	71
Zbies P.: Spiekanie laserowe ceramiki cyrkonowej	72
Zygmunt-Kowalska B., Szajding A., Kuźnia M.: Zastosowanie termowizji do analizy własności sztywnej pianki poliuretanowej	73

BAKTERIOBÓJCZE WŁAŚCIWOŚCI WARSTWY ZOL-ŻEL NA PODŁOŻACH POLIMEROWYCH DO ZASTOSOWAŃ MEDYCZNYCH

BACTERICIDAL PROPERTIES OF THE SOL-GEL LAYER ON POLYMER SUBSTRATES IN MEDICAL APPLICATIONS

Armatys P.^{1,*}, Długoń E.¹, Smólka G.², Fraczek-Szczypta A.¹, Stodolak-Zych E.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
al. Mickiewicza 30, Kraków 30-059, Polska

² Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Lekarski, Klinika Laryngologii,
ul. Poniatowskiego 15, Katowice 40-055, Polska

*parmatys@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Metoda zol-żel, polimery inertne, silikon, właściwości bakteriobójcze, warstwy

Streszczenie

Biomateriały polimerowe stanowią grupę tworzyw wykorzystywanych zarówno w wyrobach medycznych, implantach jak i elementach sztucznych narządów. Dobrym przykładem jest tu silikon szeroko stosowany w różnych gałęziach medycyny - od implantów piersi [1], przez opatrunki [2], [3], po leki [4]. Brak toksyczności, wysoka biokompatybilność i wysoka energia powierzchniowa nie zwalniają silikonu z tendencji do tworzenia się biofilmu na jego powierzchni [3], [5]. Celem utrzymania wyższej aseptyki biomateriału stosowane są rozwiązania oparte na modyfikacji objętości lub powierzchni tworzywa czynnikami o charakterze biobójczym np. antybiotykami, nanocząstkami. Jedną z takich metod może być pokrywanie materiałów silikonowych warstwami nanoszonymi metodą zol-żel.

W pracy przedstawione są wyniki badań nad komercyjnym biomedycznym materiałem silikonowym poddanym modyfikacji ośmioma zolami - siloksanowym (TD), fenolowo-siloksanowym (FD), siloksanowo-glinowym (TD-Al), siloksanowo-tytanowym (TD-Ti), tytanowym (Ti), cynkowym (Zn) oraz zolami TD i TD-Al modyfikowanymi ekstraktem z zielonej herbaty (TD-H, TD-Al-H). Referencje dla badanych materiałów stanowił silikon niemodyfikowany. W celu przygotowania do nakładania warstw próbki siloksanowe poddano trawieniu w kwasie fluorowodorowym. Pozostałości kwasu usunięto z silikonu po czym nałożono warstwę poprzez zanurzenie ich w odpowiednich zolach. Następnie materiały modyfikowane polimeryzowano w temperaturze 100°C przez tydzień. Gotowe kompozyty warstwowe poddano analizie mikrostrukturalnej, fizykochemicznej, strukturalnej i mikrobiologicznej kontaktując je z bakteriami Gramm ujemnymi i Gramm dodatnimi. Wykazano, że najsilniejsze właściwości biobójcze wykazują próbki modyfikowane zolem Zn i TD-Al-H oraz TD-H.

Podziękowania

Praca została zrealizowana dzięki subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (projekt nr 16.16.160.557).

Literatura

- [1] Kang S. H., Bengtson B. P., Heo C. Y., Various Properties of Silicone Breast Implant Surfaces and Multimodal Techniques for the Functional Surface Modification, *Clinics in Plastic Surgery*, 48 (2021) 87-99,
- [2] Götting M., Zibell R., Jungehülsing M., Novel silicone dressing in full thickness skin grafts - A retrospective controlled case series, *American Journal of Otolaryngology*, 42, (2021) 102848,
- [3] Rahman-Synthia S. S., Kumar S., Boparai S., Gupta S., Mohtashim A., Ali D., Prophylactic use of silicone dressing to minimize pressure injuries: Systematic review and meta-analysis, *Enfermería Clínica (English Edition)*, 33 (2023) 4-13
- [4] Sounouvou H. T., Lechanteur A., Piel G., i Evrard B., Silicones in dermatological topical drug formulation: Overview and advances, *International Journal of Pharmaceutics*, 625 (2022) 122111
- [5] Lam M., Migonney V., Falentin-Daudre C., Review of silicone surface modification techniques and coatings for antibacterial/antimicrobial applications to improve breast implant surfaces, *Acta Biomaterialia*, 121 (2021) 68-88

OCENA KORELACJI WYNIKÓW SMALL PUNCH TEST Z KLASYCZNĄ PRÓBĄ WYTRZYMAŁOŚCIOWĄ W STALACH WYSOKOWYTRZYMAŁYCH

ASSESSMENT OF CORRELATION BETWEEN SMALL PUNCH TEST RESULTS AND CONVENTIONAL STRENGTH TEST IN HIGH-STRENGTH STEELS

Baran P.^{1,2,*}, Kaźmierski T.^{2,3}, Nowak M.¹, Krawczyk J.²

¹ Urząd Dozoru Technicznego Oddział w Krakowie ul. Lucjana Rydla 50, 30-087 Kraków, Polska

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

³ Arcelor Mittal Poland S.A. Oddział w Krakowie ul. Tadeusza Sędzimiry 1, 31-752 Kraków, Polska

* pabaran@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Small Puch Test, Wytrzymałość, Stal

Streszczenie

Postęp technologii umożliwia wprowadzanie na rynek nowoczesnych metod badawczych. Przykładem nowej metodologii badania materiałów jest metoda małego stempla Small Punch Test (SPT). Metoda ta jest nisko inwazyjną metodą zaliczaną do badań nieniszczących. Użytkowość metody musi zostać jednak potwierdzona i gwarantować otrzymywanie wyników rzeczywistych, tożsamy z konwencjonalnymi metodami badawczymi.

W pracy przeprowadzono korelację wyników otrzymanych podczas badania wytrzymałości stali Dual Phase 600 (DP600) wykonanych przy użyciu metody konwencjonalnej oraz metodologii SPT. Na materiale wyjściowym, jakim był arkusz blachy wytypowano 4 sekcje, z których wycięto próbki do badań wytrzymałościowych. Próbki wycinane zostały tak, aby zachowywały one orientację równoległą z kierunkiem walcowania oraz prostopadłą do kierunku walcowania. W tych samych strefach pobrane zostały próbki, na których wykonano badania metodologią SPT. Ze względu na specyfikację badania SPT pomiary wykonano w trzech przekrojach poprzecznych blachy, w każdej sekcji badawczej.

Porównanie badań przeprowadzonych dwiema metodami pozwala na wyznaczenie korelacji między otrzymanymi wynikami.

Badania SPT wykonane w trzech przekrojach ujawniły występowanie odmiennych właściwości wytrzymałościowych materiału przy powierzchni oraz w centrum przekroju blachy. Świadczy to o wpływie walcowania na strukturę gotowego wyrobu. Wyniki otrzymywane podczas próby SPT były powtarzalne a różnice pomiędzy klasyczną próbą wytrzymałościową nie przekraczały 10%.

Podziękowania

Projekt finansowany w ramach VII edycji „Doktorat Wdrożeniowy”, przez ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

BADANIA ELEKTROCHEMICZNE STALI 316L MODYFIKOWANEJ LASEROWO

ELECTROCHEMICAL INVESTIGATION OF LASER-MODIFIED 316L STEEL

Błajszczak Ł.^{1,*}, Grysakowski B.², Kąc S.¹

¹ AGH, WIMiP, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² AGH, WO, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*blajszcz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

badania korozyjne, elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna, laser, stal nierdzewna

Streszczenie

Jednym ze sposobów modyfikowania powierzchni laserami impulsowymi jest ablacja laserowa, która jest wywoływana krótkimi impulsami laserowymi o dużej intensywności, co prowadzi do usuwania materiału z warstwy wierzchniej [1]. Obróbka laserowa pozwala na wytwarzanie równomiernych hierarchicznych wzorów na powierzchni stali, bez przetopienia materiału. Ablacja powoduje na powierzchni powstanie aktywnego magnetytu [2] oraz tlenków chromu, które mogą wpływać na zwilżalność powierzchni. Zwilżalność powierzchni może wpływać pośrednio na odporność korozyjną w roztworach ciekłych.

Próbki ze stali 316L obrobiono laserem TC-300 o mocy wyjściowej 300 W oraz długości fali 1064 nm. Wykorzystano różne prędkości skanowania 3000, 5000 i 7000 mm/s.

Badania elektrochemiczne zostały wykonane za pomocą potencjostatu. Płynem, w którym wykonano pomiary był roztwór Ringera w temperaturze 37 °C. Zastosowano standardowy układ trzech elektrod, przeciw elektroda: Pt, elektroda odniesienia: Ag/AgCl, a elektrodą pracującą była badana próbka. Pomiar potencjału obwodu otwartego (OCP) wykonano w czasie 24 godzin.

Wyniki OCP wykazały, że stabilizuje się jedynie próbka w stanie wyjściowym. Ze względu na rozbudowaną morfologię i niejednorodność powierzchni próbki po obróbce laserowej nie stabilizują się po czasie 24h. Dla próbki w stanie wyjściowym rejestrowane są najniższe wartości potencjału, a dla próbki 7000 najwyższe. Wyniki EIS (elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna) pokazują niewielki wzrost odporności korozyjnej dla próbki obrabianej z prędkością 3000 mm/s, obserwujemy wyższe wartości impedancji. Pokazuje to zarówno wykres Nyquista jak i Bodego. Badania LSV (woltamperometria liniowa) potwierdzają wynik EIS, widać nieznaczną poprawę odporności korozyjnej dla próbki 3000 mm/s - występuje niższy prąd o około pół rzędu wielkości w stosunku do próbki w stanie wyjściowym. Dla próbek 5000 i 7000 mm/s obszary pasywne są słabo wykształcone i przechodzą płynnie w obszar transpasywny - w aktywne roztwarzanie próbki.

Podziękowania

Badania sfinansowano z subwencji WIMiP nr 16.16.110.663

Podziękowania dla firmy ECL TECH Polska Sp. Z. o. o. za możliwość przeprowadzenia obróbki laserowej.

Literatura

- [1] Bauerle D. Laser Processing and Chemistry, Fourth Edition, 2011, s. 237
- [2] Tong W., Xiong D. Direct laser texturing technique for metal surfaces to achieve superhydrophobicity, Mat. Today Physics 23, 2022, 100651
- [3] Kedia S., Bonagani S. K., et al. Nanosecond laser surface texturing of type 316L stainless steel for contact guidance of bone cells and superior corrosion resistance, Coll. and Interface Sc. Communications 42, 2021, 100419

SKRAWALNOŚĆ BEZOŁOWIOWYCH STOPÓW MIEDZI PRZEZNACZONYCH DO LUTOWANIA W INSTALACJACH WODY PITNEJ I GAZU

MACHINABILITY OF LEAD-FREE COPPER ALLOYS INTENDED FOR SOLDERING
IN DRINKING WATER AND GAS INSTALLATIONS

Chaczyk A.^{1,2,*}, Skoda P.³, Pańcikiewicz K.², Krawczyk J.²

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,
al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

³ SANHA GmbH & Co. KG, Im Teelbruch 80, Essen, 45219, Niemcy

*agnieszka.chaczyk@sanha.com

Słowa Kluczowe

Stopy miedzi bez Pb, skrawalność, chropowatość, kształt wióra, pobór mocy.

Streszczenie

Praca dotyczy oceny skrawalności 4 stopów miedzi: CuZn41Mg, CuZn21Si3P w dwóch wariantach, różniących się zawartością pierwiastków stopowych i CuZn35Sn1P. Są to materiały o zawartości ołowiu nieprzekraczającej 0,1%. Z literatury wiadomo, że stop CuZn21Si3P może stanowić alternatywę dla stopów miedzi z ołowiem pod względem skrawalności [1] i odporności na odcynkowanie [2]. Stop CuZn35Sn1P jest materiałem niedawno dopuszczonym do kontaktu z wodą pitną, ale niewiele jest informacji na temat jego skrawalności. Natomiast CuZn41Mg jest nowym stopem produkowanym przez firmę Diehl i zgodnie z kartą charakterystyki jego skrawalność porównywana jest do CuZn39Pb3.

W pracy dla każdego materiału wykonano próby toczenia wzdłużnego i toczenia powierzchni czółowej pręta w 9 wersjach: przy stałej prędkości skrawania (V_c), zmiennym posuwie (f), i zmiennej głębokości skrawania (ap). Prezentowane badania stanowią część prac mających na celu wyznaczenie własnego wskaźnika skrawalności dla parku maszynowego firmy SANHA Polska i wybór optymalnych parametrów skrawania dla danego materiału. Kolejnym celem pracy jest wykonanie testów zwilżalności lutowi bezołowiowych na próbkach po obróbce skrawaniem.

W celu oceny skrawalności dokonano pomiaru chropowatości (R_a) i poboru mocy - poprzez sczytanie wartości bezpośrednio z wyświetlacza tokarki, a także sklasyfikowano kształt i rozmiar otrzymanych wiórów zgodnie z PN-ISO 3685.

Otrzymane wyniki są podstawą do dalszych badań prowadzonych w ramach doktoratu wdrożeniowego, którego celem jest wdrożenie do produkcji dobrze obrabialnych materiałów bezołowiowych do instalacji wody pitnej i gazu, charakteryzujących się dobrą lutownością i odpornością na korozję.

Podziękowania

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

Literatura

- [1] Schultheiss F., Johansson D., Linde M., Tam P. L., Bushlya V., Zhou J., Nyborg L. & Ståhl J.-E., Machinability of CuZn21Si3P brass, *Materials Science and Technology* 32:17 (2016) 1744-1750
- [2] Choucri J., Zanutto F., Grassi V., Balbo A., Touhami M. E., Mansouri I., Monticelli C.: Corrosion Behavior of Different Brass Alloys for Drinking Water Distribution Systems, *Metals* 9:6 (2019) 649

OPRACOWANIE OSADZANIA ELEKTROFORETYCZNEGO POWŁOK OLEJEK CYNAMONOWY/ALGINIAN SODU NA PODŁOŻACH STALI NIERDZEWNEJ AUSTENITYCZNEJ

DEVELOPMENT OF ELECTROPHORETIC DEPOSITION OF CINNAMON OIL/SODIUM ALGINATE COATINGS ON STAINLESS STEEL SUBSTRATES

Cudak T.^{1,*}, Fiołek A.¹, Moskalewicz T.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki
Przemysłowej, ul. Czarnowiejska 66, Kraków, 30-054, Polska

*tcudak@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

powłoki naturalne, alginian sodu, olejek cynamonowy, stal X2CrNiMo17-12-2

Streszczenie

Duże zainteresowanie składnikami naturalnego pochodzenia w inżynierii biomedycznej wynika z ich biokompatybilności, biodegradowalności, biostabilności oraz łatwej dostępności i odnawialności źródeł. Perspektywnym rozwiązaniem ograniczającym zakażenia okołowszczepowe metalowych implantów kostnych krótkookresowych mogą być powłoki o osnowie biopolimeru i dodatku przeciwdrobnoustrojowego w postaci olejku eterycznego [1]. Celem niniejszej pracy było opracowanie warunków osadzania elektroforetycznego (EPD) powłok olejek cynamonowy z liści/alginian sodu (ang. *cinnamon oil/sodium alginate*, CO/SA) na podłożach stali nierdzewnej austenitycznej X2CrNiMo17-12-2, jak również zbadanie morfologii powierzchni powłok oraz ich adhezji do podłoża.

W celu zwiększenia adhezji powłok do stalowych podłoży zastosowano obróbkę chemiczną stali w mieszaninie kwasów azotowego i fluorowodorowego. Do osadzania powłok przygotowano roztwór SA o stężeniu 4 g/l, a następnie dodano CO o stężeniu 2 ml/l oraz surfaktant Tween 80 w celu uzyskania nanoemulsji. Makroskopowo jednorodne powłoki uzyskano ustalając sposób przygotowania nanoemulsji (szybkość i czas mieszania) oraz parametry EPD, napięcie prądu 5 V i czas osadzania 300 s. Morfologię powierzchni powłok obserwowano za pomocą SEM, natomiast przyczepność powłok do podłoży zbadano metodą siatki nacięć zgodnie z normą ASTM D3359B. Obserwacje mikroskopowe wykazały stosunkowo równomierne rozmieszczenie kropelek olejku na powierzchni powłoki. Wykazano, że obróbka chemiczna stali powoduje zwiększenie adhezji powłok jednoskładnikowych alginianu sodu od klasy adhezji 0B do klasy 3B. Dla powłok CO/SA osadzonych z emulsji określono klasę adhezji 0B, natomiast dla powłok osadzonych z nanoemulsji adhezja była znacznie większa (klasa 3B). Wynika to z obecności drobniejszych kropelek olejku i ich jednorodnego rozmieszczenia w osnowie polimeru. Praca ta pokazała, że EPD jest obiecującą metodą współosadzania alginianu sodu i olejku z liści cynamonu w celu wytwarzania powłok kompozytowych o potencjalnych właściwościach przeciwdrobnoustrojowych.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane w całości ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2022/45/B/ST5/00242.

Literatura

[1] Unalan I., Boccaccini A. R., Essential oils in biomedical applications: Recent progress and future opportunities, *Current Opinion in Biomedical Engineering*, 17 (2021) 100261

WPŁYW MODYFIKACJI POLIMEROWYCH NOŚNIKÓW LEKÓW DO PŁUC NA ICH WŁAŚCIWOŚCI AERODYNAMICZNE

THE IMPACT OF MODIFYING POLYMERIC CARRIERS FOR PULMONARY DRUG DELIVERY ON THEIR AERODYNAMIC PROPERTIES

Czajkowski J.^{1,*}, Kwiecień K.², Knap K.², Pamuła E.²

¹ AGH Kraków, WEAlIB, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² AGH Kraków, WIMiC, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*jonaszcz@student.agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Dostarczanie leków do płuc, Mikrosfery, Poli(bezwodnik sebacynowy), Aglomeracja suchego proszku, Pokrycie PEGiem

Streszczenie

Zakres rozmiarów nośników leków przeznaczonych do terapii wziewnej jest bardzo wąski. Powstawanie aglomeratów prowadzi do zwiększenia rozmiarów cząstek, co może spowodować, że inhalowane nośniki nie przedostaną się do miejsca dotkniętego chorobą. Nierównomierna dystrybucja cząstek w płucach sprawia, że stężenie leku może być niewystarczające do uzyskania oczekiwanych efektów terapeutycznych. W niniejszym badaniu, sprawdzany jest wpływ zastosowanych modyfikacji cząstek na bazie poli(bezwodnika sebacynowego) na ich skłonność do agregacji. Przeprowadzone modyfikacje polegały na pokryciu cząstek poli(glikolem etylenowym) (PEGiem) lub dodaniu porogenów (wodorowęglanu sodu (NaHCO_3) lub amonu (NH_4HCO_3)) w trakcie ich syntezy. Dokonano oceny rozmiaru cząstek, ich sypkości, morfologii i stopnia agregacji. Charakterystykę ogólnego rozmiaru i morfologii cząstek przeprowadzono stosując mikroskopię SEM. Natomiast do oceny agregacji cząstek wykorzystano laserowy analizator cząstek w postaci suchej. Uzyskane wyniki wskazują na redukcję aglomeracji cząstek pokrytych PEGiem wraz ze zwiększaniem jego masy cząsteczkowej. Zastosowane porogeny pozwoliły na wytworzenie mikrosfer, które również wykazały zmniejszoną tendencję do agregacji. Około 26% udziału frakcji cząstek w zakresie odpowiednim do inhalacji wykazały cząstki pokryte PEG400, PEG575 oraz z dodatkiem NH_4HCO_3 o stężeniu 0,2%. Zauważone tendencje mogą pozwolić na wytworzenie nośników leków o odpowiedniej do inhalacji średnicy aerodynamicznej poprzez zmniejszenie ich podatności na aglomerację, co poprawi skuteczność dostarczania leków do płuc drogą wziewną.

NANOCZĄSTKI NIKLU OSADZONE NA WĘGLU AKTYWNYM JAKO POTENCJALNE KATALIZATORY DO METANACJI CO₂

NICKEL NANOPARTICLES DEPOSITED ON ACTIVATED CARBON AS POTENTIAL CATALYSTS FOR CO₂ METHANATION

Dudek K.^{1,*}, Żabiński P.¹, Kornaus K.²

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Metali Nieżelaznych, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

²Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

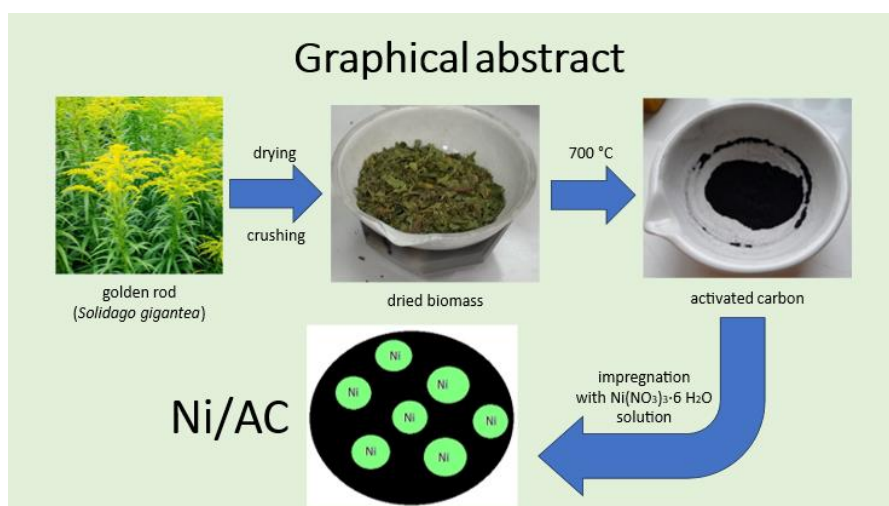
*kdudek@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

węgiel aktywny, biomasa, nikiel, metanacja, kataliza

Streszczenie

Referat obejmuje metodykę syntezy i badania układów typu Ni/węgiel aktywny. Zawiera także omówienie potencjalnych zastosowań otrzymanych materiałów oraz analizę ich parametrów fizykochemicznych pod kątem użycia w charakterze katalizatorów w procesie metanacji CO₂. Przedstawia również obecny stan wiedzy na temat węgla aktywnych różnego pochodzenia. Poszczególne warianty węgla aktywnego opisane w niniejszej pracy zostały otrzymane na drodze pirolizy suchej biomasy nawłoci w zmiennych warunkach termicznych w strumieniu azotu. Nanocząstki Ni zostały osadzone na powierzchni węgla metodą impregnacji na mokro z roztworu azotanu(V) niklu. Techniki SEM-EDS, MPA-S, TGA i badania stopnia adsorpcji azotu użyto do sporządzenia charakterystyki materiałów. Badanie SEM-EDS wykazało, że osadzony nikiel ma postać licznych, niewielkich i silnie rozproszonych cząstek. Analiza MPA-S ujawniła wysoką efektywność adsorpcji niklu na węglu aktywnym (76 mg Ni na 1 g węgla), a w badaniu TGA udowodniono wysoką stabilność termiczną tego materiału. Dzięki wykonaniu badania adsorpcji wodoru wyznaczono izotermy BET dla otrzymanych węgli, określając tym samym wielkość powierzchni właściwej węgla - najlepszy wariant osiągnął wartość 4.36 m²/g. Otrzymane wyniki porównano z podobnym materiałem - również układem Ni/węgiel aktywny, ale w jego przypadku węgiel powstał w procesie pirolizy tataraku [1].



Rys. 1 Uproszczony schemat otrzymywania nanocząstek Ni na węglu aktywnym z nawłoci.

Literatura

[1] Yue X., Chen D., Luo J., Huang Z., Hong L., Hu Y., Direct synthesis of methane-rich gas from reed biomass pyrolysis volatiles over its biochar-supported Ni catalysts, Biomass and Bioenergy 154 (2021) 106250.

MOŻLIWOŚCI MODYFIKACJI MIKROSTRUKTURY I WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH STALI NIESTOPOWYCH POPRZECZ ULTRASZYBKIE NAGRZEWANIE DO OBRÓBKIE CIEPLNEJ

POSSIBILITIES OF MODIFYING THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF NON-ALLOY STEEL THROUGH ULTRA-FAST HEATING FOR HEAT TREATMENT

Dziurka R.^{1,*}, Anioł W.², Mojžiš M.³, Bała P.^{1,4}

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

² Aroca Safty, ul. Cechowa 64c, 30-685 Kraków, Polska

³ ŽP Research and Development Centre, Kolkáreň 35, 976 81 Podbrezová Slovakia

⁴ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

*dziurka@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

przemiany fazowe, badania dylatometryczne, ultraszybkie nagrzewanie, rekrytalizacja

Streszczenie

Głównym celem prezentowanych w pracy badań, jest wskazanie możliwych do osiągnięcia warunków nagrzewania celem zmniejszenia wielkości ziarna badanych stali jedynie przez obróbkę cieplną. W literaturze [1-6] można znaleźć opisywane zjawisko odnoszące się do wpływu tzw. ultraszybkiego nagrzewania do temperatur austenitizowania na poprawę własności materiałów metalicznych, poprzez zmniejszenie wielkości ziarna. Opisywany proces składa się zasadniczo z kilku połączonych ze sobą zabiegów w tym przeróbki plastycznej albo na zimno lub termomechanicznej w ściśle określonych warunkach temperatury i odkształcenia. Kolejny etap to proces szybkiego nagrzewania z szybkościami przekraczającymi 100 °C/s a często określanymi jako ultraszybkim, gdzie parametry mieszczą się w zakresie 400÷1500 °C/s. Na podstawie wstępnych badań udało się udowodnić, że rozdrobnienie ziarna możliwe jest jedynie przez obróbkę cieplną w wyżarzonym materiale. W pracy zawarto badania mające na celu szerszy opis zjawiska z określeniem potencjalnych granicznych parametrów lub czynników mających wpływ na ten efekt dla wybranych stali.

Podziękowania

Wyniki badań zaprezentowane w artykule zostały opracowane przy użyciu sprzętu finansowanego ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” jak i wyniki badań były realizowane w ramach konkursu PAKIET HABILITACYJNY.

Literatura

- [1] Caballero F. G., Capdevila C., García de Andrés C., Influence of scale parameters of pearlite on the kinetics of anisothermal pearlite-to-austenite transformation in a eutectoid steel, *Scripta Mater.* 42 (2000) 1159-1165
- [2] Jacot A., Rappaz M., A combined model for the description of austenitization, homogenization and grain growth in hypoeutectoid Fe-C steels during heating, *Acta Mater.* 47 (1999) 1645-1651
- [3] Dykhuizen R. C., Robino C. V., Knorovsky G. A., A method for extracting phase change kinetics from dilatation for multistep transformations: Austenitization of a low carbon steel, *Metall. Mater. Trans.* 30B (1999) 107-117
- [4] Meshkov Y. Y., Pereloma E. V., The effect of heating rate on reverse transformations in steels and Fe-Ni-based alloys, in book: *Phase transformations in steel*, Vol. 1. Ed. E. V. Pereloma, D. V. Edmonds. 2012
- [5] Aaronson H. I., Nie J. F., Discussion to “The bainitic mechanism of austenite formation during rapid heating”, *Scripta Mater.* 42 (2000) 505-509
- [6] Kaluba W. J., Taillard R., Foct J., A reply to “Discussion to “the bainitic mechanism of austenite formation during rapid heating”, *Scripta Mater.* 42 (2000) 511-516

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE MAGNETIC FIELD DURING Ni ELECTRODEPOSITION FROM CITRATE BATH AND ITS ELECTROCATALYTIC PERFORMANCE TOWARDS HYDROGEN EVOLUTION REACTION

WPLYW TEMPERATURY NA POLE MAGNETYCZNE PODCZAS OSADZANIA ELEKTROLITYCZNEGO NIKLU Z KĄPIELI CYTRYNIANOWEJ I JEGO WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROKATALITYCZNE NA REAKCJĘ WYDZIELANIA SIĘ WODORU

Elsharkawy S.^{1,2,*}, Kutyla D.¹, Boryczka B.¹, Żabiński P.¹

¹ Faculty of Non-Ferrous-Metals, AGH University of Krakow, al. Mickiewicza 30, 30-059 Krakow, Poland

²Chemistry Department, Faculty of Science, Tanta University, Tanta, Egypt
*elsharka@agh.edu.pl

Key words

Electrodeposition, magnetic field, nickel thin films, hydrogen evolution

Abstract

The demand for energy surpasses the available supply, leading to various economic, social, and environmental consequences. Hydrogen is one of the most clean and renewable source for energy. Therefore, the electrocatalytic hydrogen evolution reaction (HER) presents a promising eco-friendly approach for generating sustainable hydrogen energy. However, in alkaline conditions, HER encounters slow kinetics due to challenges associated with hydrogen adsorption and hydrolysis. In this article, Thin Ni films were synthesized using the electrodeposition technique from citrate electrolyte. Their suitability as electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction (HER) in a 1 M NaOH solution was estimated. This research investigates how the uniform magnetic field and temperature affect the process of nickel electrodeposition from a citrate bath and its subsequent influence on surface morphology and catalytic properties for the hydrogen evolution reaction (HER). Additionally, alterations in surface material wettability were examined based on changing the temperature during using the magnetic field for the electrodeposition process and shows how this effect on the catalytic performance towards HER. The outputs show that using the magnetic field for fabrication of Ni thin films at room temperature enhances the surface morphology and its catalytic performance for HER. However, the study reveals that using the temperature for Ni electrodeposition improves its catalytic performance independently of the magnetic field, whereas combining temperature with the magnetic field for Ni thin films fabrication diminishes their catalytic performance for the hydrogen evolution reaction (HER). The nickel thin film produced at 25°C under the influence of a magnetic field, whether parallel or perpendicular, demonstrates the lowest overpotential of -268 mV to achieve a current density of 10 mA cm⁻². Additionally, it exhibits the smallest Tafel slope values of 106 mV dec⁻¹ and 128 mV dec⁻¹ for the parallel (B_{||}) and perpendicular (B_⊥) directions, respectively. However, the magnetic field effect diminishes at elevated temperatures. Nickel thin films prepared at 35°C under the influence of perpendicular (B_⊥) and parallel (B_{||}) directions exhibit higher overpotential values of -314 mV and -322 mV, respectively.

TRWAŁOŚĆ NARZĘDZI KUŹNICZYCH W PROCESIE KUCIA MATRYCOWEGO NA GORAĆO

DURABILITY OF FORGING TOOLS IN THE HOT DIE FORGING PROCESS

Ficak G.^{1,2,*}

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

²GK Forge Sp. z o.o. Przemysłowa 10, 43-440 Goleszów, Polska

*gfcak@agh.edu.pl, gfcak@gkforge.pl

Słowa Kluczowe

Trwałość narzędzi, zużycie ściernie, symulacje numeryczne, model Archarda, metoda odwrotnego skanowania.

Streszczenie

Obniżona trwałość narzędzi w procesie kucia matrycowego na gorąco jest jedną determinant wpływających na cenę detalu. Szacuję się, że 70% narzędzi jest wycofywane z powodu odkształcenia plastycznego lub zużycia ściernego. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki symulacji numerycznych zużycia narzędzi przy wykorzystaniu dwóch standardowych podprogramów zaimplementowanych w oprogramowaniu QForm (zużycie narzędzi w wyniku działania nacisków normalnych oraz naprężeń stycznych). Podczas eksploatacji narzędzi stwierdzono zgodność z wynikami MES. W celu oceny szybkości zużycia, zastosowano metodę odwrotnego skanowania, za pomocą której opracowano mapy lokalnego zużycia. Przedstawiono również przegląd metod do szacowania trwałości narzędzi w tym narzędzie SEPEK-2.

Podziękowania

Finansowanie: Praca finansowana przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach programu DOKTORAT WDROŻENIOWY VII edycja.

AUTONOMICZNE SYSTEMY SAMONAPRAWCZE NA BAZIE MIKROKAPSULEK

AUTONOMIC SELF-HEALING SYSTEMS BASED ON MICROCAPSULES

Golonka M.^{1,*}, Laska J.¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów,
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
*malgolonka@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

materiały inteligentne, samonaprawa, mikrokapsułki, polimery, DCPD

Streszczenie

Materiały inteligentne cieszą się rosnącym zainteresowaniem i coraz częściej pojawiają się w otaczającym nas świecie. Dowodzi tego nie tylko rosnąca liczba publikowanych prac badawczych, ale również coraz szersze wykorzystywanie wyników badań w przemyśle. Obecnie możemy je znaleźć w wielu przedmiotach codziennego użytku. Szczególnie istotną grupę stanowią materiały polimerowe o właściwościach samonaprawczych. Zostały one zainspirowane występującymi w organizmach żywych procesami biologicznymi, np. proces zrostania się złamanej kości, gojenie się ran i są zdolne do samonaprawy mikrouszkodzeń mechanicznych powstałych w czasie użytkowania. Zdolność samonaprawy ma szczególnie istotne znaczenie, gdy np. mikropęknięcia powstają w miejscach trudno dostępnych lub niewidocznych gołym okiem. Zatrzymanie propagacji uszkodzenia pozwala na nieprzerwaną eksploatację urządzenia, a co za tym idzie, również ograniczenie kosztów związanych z jego serwisowaniem.

W ostatnich latach wiedza w zakresie samonaprawy materiałów znacząco została poszerzona, jednak nadal problem jest jeszcze daleki od rozwiązania, wymaga dokładnej analizy i kontynuowania prac badawczych. Podjęto zatem próbę uzyskania autonomicznego systemu samonaprawczego, na bazie mikrokapsulek, który nie wymagałby ingerencji człowieka, a inicjowany byłby poprzez pojawienie się mikropęknięcia w matrycy wybranego polimeru. Kapsułki zawierające dicyklopentadien (DCPD) otrzymywano poprzez polimeryzację *in situ*. DCPD enkapsulowano w żywicy mocznikowo-formaldehydowej i melaminowo-formaldehydowej, a jakość otrzymanych kapsulek, ich wielkość i morfologię powierzchni oceniono z zastosowaniem cyfrowej mikroskopii optycznej. Przeprowadzono również badania spektroskopowe w podczerwieni (FTIR) w celu potwierdzenia obecności DCPD w kapsułkach. Zbadano możliwość wykorzystania kapsulek w systemie naprawczym mieszając je z katalizatorem metatezy olefin, a wyniki opisano na podstawie obrazów mikroskopii optycznej oraz widm FTIR. Przeprowadzone badania potwierdziły zdolność polimeryzacji kapsułkowanego DCPD w obecności katalizatora, co z kolei pozwala wysunąć tezę dotyczącą możliwości zastosowania uzyskanych systemów w matrycy polimerowej w celu uzyskania efektu samonaprawy mikropęknięć.

W kolejnym etapie badań, uzyskane systemy samonaprawcze testowane będą z użyciem matryc polimerowych (PE, PP). Opracowana zostanie metoda dyspergowania systemu naprawczego w matrycy, tak by zapewniona została dostateczna ilość substancji naprawczych oraz ich reakcja chemiczna w miejscu mikrouszkodzenia. Porównane zostaną także właściwości materiału z systemem oraz bez.

Podziękowania

Autorki dziękują Wydziałowi Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH za wsparcie prac badawczych (umowa nr. 16.16.160.557)

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII DRUKU PRZESTRZENNEGO BINDER JETTING DO WYTWARZANIA FORM I RDZENI ODLEWNICZYCH

APPLICATION OF BINDER JETTING 3D PRINTING TECHNOLOGY FOR THE MANUFACTURE OF SAND MOULDS AND CORES

Gruszka D.^{1, 2,*}

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Odlewnictwa, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, ul. Kawiry 30, 30-055 Kraków, Polska

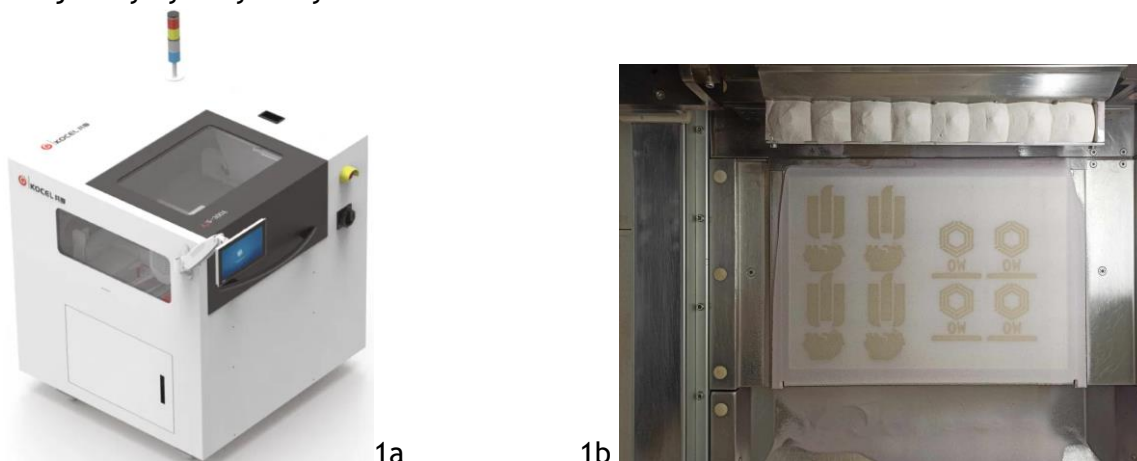
*dgruszka@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Wytwarzanie przyrostowe, Binder Jetting, przemysł 4.0, piaskowe formy i rdzenie odlewnicze, żywica furanowa

Streszczenie

Wytwarzanie przyrostowe nazywane również drukiem 3D odgrywa co raz większą rolę w dzisiejszym świecie - a co za tym idzie - również w przemyśle ciężkim [1]. Przemysł odlewniczy dla dalszego rozwoju wymaga wdrażania alternatywnych technologii pozwalających na otrzymywanie produktów o skomplikowanym kształcie i jednocześnie dokładnych i szybkich w produkcji [2]. Taką możliwość daje wytwarzanie przyrostowe form i rdzeni odlewniczych techniką Binder Jetting. Na wydziale Odlewnictwa Akademii Górniczo-Hutniczej prowadzone są badania związane z drukiem 3D form i rdzeni odlewniczych o osnowie piaskowej wiązanej żywicą furanową. Na rysunku 1 przedstawiono wykorzystywane urządzenie. Jest to drukarka AJS 300A firmy KOCEL. Pierwszy etap prowadzonych badań jest skupiony na właściwościach wytrzymałościowych oraz na dokładności wymiarowej otrzymywanych wydruków.



Rys. 1 a) KOCEL AJS 300A Sand Mold 3D Printer b) stół roboczy drukarki KOCEL w trakcie procesu wytwarzania przyrostowego

Podziękowania

Badania są wspierane przez NCN projekt nr UMO-2021/41/B/ST5/02632 (OPUS-21).

Literatura

- [1] T. A. Le Néel, P. Mognol, i J. Y. Hascoët, A review on additive manufacturing of sand molds by binder jetting and selective laser sintering, Rapid Prototyping Journal, t. 24, nr 8. Emerald Group Holdings Ltd., s. 1325-1336, 14 listopad 2018. doi: 10.1108/RPJ-10-2016-0161.
- [2] S. R. Sama, J. Wang, i G. Manogharan, „Non-conventional mold design for metal casting using 3D sand-printing”, J Manuf Process, t. 34, s. 765-775, sie. 2018, doi: 10.1016/j.jmapro.2018.03.049.

FORMOWANIE TLENKÓW $\text{Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_3$ METODĄ SAMOZAPŁONU

$\text{Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_3$ OXIDES FORMATION USING THE AUTOCOMBUSTION METHOD

Gumiennik Wł.^{1,*}, Przewoźnik J.¹, Mazurenko Ju.², Gondek Ł.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej,
al. A. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² Iwano-Frankiowski Narodowy Uniwersytet Medyczny, Wydział Informatyki Medycznej,
Fizyki Medycznej i Biologicznej, ul. Halicka 2, Iwano-Frankiowsk, 76018, Ukraina

*gumienni@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

tlenki żelaza, europ, struktura krystaliczna

Streszczenie

Synteza zmodyfikowanych tlenków żelaza poprzez proces domieszkowania metalami ziem rzadkich ma duże znaczenie w różnych zastosowaniach, w tym w fotowoltaice [1], systemach oczyszczania wody [2], obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego, docelowym dostarczaniu leków i hipertermii [3]. W tej pracy badaliśmy powstawanie faz tlenków żelaza i europu $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{-Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_3$ i EuFeO_3 przy użyciu metody samozapłonu [4].

Próbki zostały uzyskane metodą zol-żel z wykorzystaniem azotanów żelaza i europu jako materiałów wyjściowych. Azotany metali rozpuszczono w 20 ml wody destylowanej i stopniowo zmieszano przy ciągłym wirowaniu. Następnie do roztworu azotanów metali wprowadzono roztwór kwasu cytrynowego. Wartość *pH* otrzymanego roztworu została ustalona na 7 poprzez dodawanie 30% roztworu amoniaku, przy jednoczesnym utrzymaniu stałego mieszania podczas całego procesu. Cała synteza odbywała się w otwartym układzie z wolnym dostępem tlenu.

Próbki zostały scharakteryzowane za pomocą dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), spektroskopii ramanowskiej, spektroskopii rentgenowskiej z dyspersją energii (EDX) i spektroskopii mössbauerowskiej na izotopie ^{57}Fe .

Uzyskany dyfraktogram próbki niezawierającej Eu wskazuje na tworzenie się wyłącznie $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Wyniki badań rentgenowskich próbek z domieszką Eu ujawniają, że dodanie Eu podczas syntezy skutkuje pojawieniem się oprócz krystalicznych faz $\gamma\text{-Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_3$ i EuFeO_3 również widocznego tła dyfuzyjnego. Dodatkowo, wraz ze wzrostem podstawienia Eu obserwuje się w temperaturze pokojowej zwiększenie udziału dubletu linii w centrum widm mössbauerowskich i wzrostu wkładu dyfuzyjnego tła w dyfraktogramach rentgenowskich. Po wygrzaniu w powietrzu w temperaturze 900 K, zupełnie znika dyfuzyjne tło w dyfraktogramach, a faza $\gamma\text{-Eu}_x\text{Fe}_{2-x}\text{O}_3$ przechodzi transformację do dwu krystalicznych faz końcowych o stechiometrii $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ i EuFeO_3 .

Podziękowania

Projekt badawczy finansowany ze środków programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” w AGH.

Literatura

- [1] Khan M. *et al.*, Improving the efficiency of dye-sensitized solar cells based on rare-earth metal modified bismuth ferrites, *Sci. Rep.* 13 (2023) 3123
- [2] Goberna-Ferrón S. *et al.*, Influence of Silica Coatings on Magnetite-Catalyzed Selenium Reduction, *Environ. Sci. Technol.* 55, 5 (2021) 3021-3031
- [3] Pucci C. *et al.*, Superparamagnetic iron oxide nanoparticles for magnetic hyperthermia: recent advancements, molecular effects, and future directions in the omics era, *Biomater. Sci.* 10 (2022) 2103-2121
- [4] Kaykan L. *et al.*, Influence of the preparation method and aluminum ion substitution on the structure and electrical properties of lithium-iron ferrites, *Appl. Nanosci.* 12 (2022) 503-511

DOBÓR PARAMETRÓW UTWARDZANIA SPOIW NIEORGANICZNYCH PRZEZNACZONYCH DO DRUKU 3D MAS FORMIERSKICH

SELECTION OF PARAMETERS FOR HARDENING OF INORGANIC BINDERS DEDICATED FOR 3D PRINTING OF FOUNDRY MOLDS

Halejcio D.^{1,*}, Major-Gabryś K.¹

¹Wydział Odlewnictwa, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska

*dhalejci@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Druk 3D, innowacyjne metody odlewnicze, masy formierskie i rdzeniowe, spoiwo nieorganiczne

Streszczenie

Postęp w nowoczesnych technologiach umożliwia coraz szersze wykorzystanie procesów addytywnych w produkcji form i rdzeni odlewniczych. W tym przypadku zastosowanie technologii druku 3D zapewnia uzyskanie odpowiedniej dokładności wymiarowej oraz pożądanej chropowatości powierzchni odlewu. Formy i rdzenie wyprodukowane w tej technologii wykorzystywane są już w odlewnictwie stopów metali nieżelaznych i w niedługim czasie mogą być zastosowane na skalę przemysłową w odlewnictwie stopów żelaza.

W przypadku stosowania do produkcji form i rdzeni mas ze spoiwami organicznymi, które są obecnie głównie stosowane w druku 3D, podczas zalania wnęki formy ciekłym metalem spoiwo organiczne ulega destrukcji, co zapewnia dobrą wybijalność i zdolność do regeneracji mechanicznej masy formierskiej, ale skutkuje wydzieleniem szkodliwych dla środowiska gazów. Stąd obserwowane w ostatnich dekadach trendy związane z zastępowaniem spoiw organicznych proekologicznymi spoiwami nieorganicznymi. Masy takie są obecnie stosowane w klasycznych metodach produkcji form i rdzeni, ale rozwiązania oparte o spoiwa nieorganiczne dla druku 3D nie są jeszcze na skalę przemysłową stosowane.

W ramach niniejszej pracy podjęto próbę doboru parametrów wiązania nowo opracowanego spoiwa nieorganicznego. Parametry początkowe dobrano w oparciu o dane literaturowe [1], a dalsze parametry prowadzonego procesu dobrano na podstawie badań własnych. Badaniom poddano masy z klasycznym spoiwem nieorganicznym oraz masy z nowo opracowanym spoiwem nieorganicznym. Masy utwardzono w technologii warm-box oraz SMS. W przypadku technologii warm-box określono wpływ temperatury utwardzania na właściwości wytrzymałościowe badanych mas. Badaniom poddano masy z zawartością 2,0 i 2,5 cz. wag. spoiw. W przypadku technologii SMS w badaniach zastosowane zostały trzy utwardzacze komercyjne: utwardzacz na bazie estrów kwasu octowego, utwardzacz na bazie estrów kwasu węglowego oraz utwardzacz będący mieszaniną estrów. Przeprowadzono badania wpływu ilości utwardzacza w stosunku do nowo opracowanego spoiwa na właściwości wytrzymałościowe badanych mas. Przeprowadzone badania wykazały, że masa z nowo opracowanym spoiwem utwardzana termicznie przez 90 sekund w temperaturze 160°C charakteryzuje się wytrzymałością na zginanie ok. 3.0 MPa. W przypadku utwardzania chemicznego (SMS) badania podstawowych właściwości mas formierskich wykazały, że optymalnymi właściwościami charakteryzuje się masa zawierająca 2,5 cz. wag. spoiwa i 0,25 cz. wag. utwardzacza na bazie estru octowego wytrzymałość na zginanie tej masy wyniosła ok. 1,4 MPa.

Literatura

- [1] Wendling J., Thorborg J., Sterzenbach M., Schüssler J., Bügrig - Polaczek A., Thermomechanical properties of 3D-printed sand moulds using inorganic binder, Heliyon 9 (2023)

CHARAKTERYSTYKA STALI HSLA WALCOWANEJ NA GORĄCO POD KĄTEM UDARNOŚCI

CHARACTERIZATION OF THE IMPACT TOUGHNESS OF HOT-ROLLED HSLA STEEL

Hamryszczak T.^{1,2,*}, Śleboda T.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. A. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² ArcelorMittal Poland S. A. o. Kraków, ul. T. Sendzimir 1, Kraków, 31-752, Polska

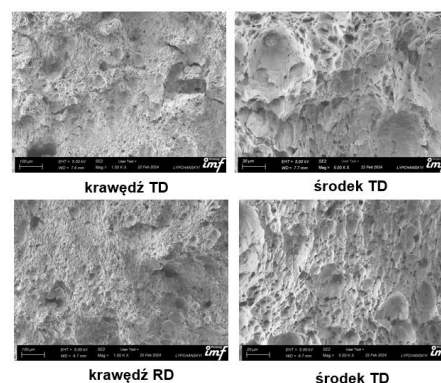
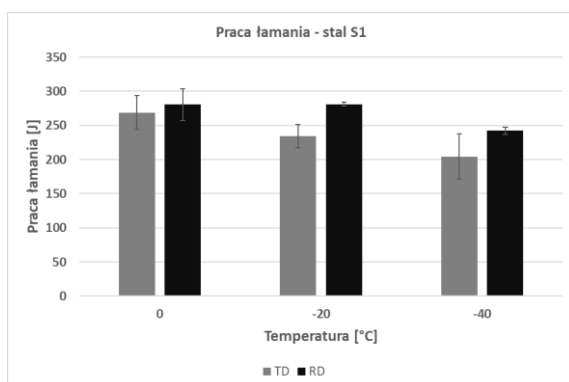
*tomasz.hamryszczak@agh.edu.pl lub tomasz.hamryszczak@arcelormittal.com

Słowa Kluczowe

Stal HSLA, walcowanie na gorąco, udarność, próby odbiorowe

Streszczenie

Stale HSLA, czyli stale o wysokiej wytrzymałości zawierające mikrodotatki Nb, V i Ti, dzięki niskiej zawartości węgla oraz znacznie wyższym własnościom wytrzymałościowym w porównaniu do zwykłych stali konstrukcyjnych, znalazły szerokie zastosowanie w wielu odpowiedzialnych konstrukcjach. Stale te nadają się zarówno do tworzenia rurociągów przesyłowych dla takich mediów jak gaz czy ropa, ale także na np. konstrukcje platform wiertniczych. Ze względu na warunki pracy - nierzadko w ciężkich warunkach pogodowych, przy ujemnych temperaturach, stale te muszą spełniać odpowiednie normy co do udarności. Jedną z prób odbiorowych tych stali jest wykonywana na życzenie klienta próba udarności w -20°C lub w -40°C . W niniejszej pracy autorzy wykonali szereg prób udarności na młocie Charpy'ego analizując wpływ parametrów procesu przemysłowego na udarność, takich jak czas nagrzewania, temperatura austenitzowania, temperatura końca walcowania, temperatura zwijania. Przeanalizowane zostały również składy chemiczne badanych stali oraz wpływ poszczególnych pierwiastków na udarność. Wykonano również analizę przetomów po próbie udarności zarówno w skali makro jak i w skali mikro przy użyciu mikroskopii skaningowej [Rys. 1].



Rys. 1 Po lewej - praca łamania w zależności od temperatury dla wybranej stali HSLA. Po prawej reprezentatywne obrazy przetomów po próbie udarności dla stali S1 i temp. -20°C . RD - kierunek walcowania, TD - kierunek poprzeczny do walcowania.

Literatura

- [1] Ghosh, A., Sahoo, S., ... Chakrabarti, D., 2014. Effect of microstructural parameters, microtexture and matrix strain on the Charpy impact properties of low carbon HSLA steel containing MnS inclusions. *Materials Science and Engineering: A* 613, 37-47.
- [2] Sasidhar, K.N., Dhande, T., ... Das Bakshi, S., 2017. Effect of transformation texture on the impact toughness of hot-rolled Ti + Nb microalloyed steel. *Materials and Design* 128, 86-97.
- [3] Gutiérrez, I., 2013. Effect of microstructure on the impact toughness of Nb-microalloyed steel: Generalisation of existing relations from ferrite-pearlite to high strength microstructures. *Materials Science and Engineering: A* 571, 57-67.

MODYFIKACJA WARSTWY WIERZCHNIEJ W PRZEBIEGU UTLENIANIA WYSOKOTEMPERATUROWEGO STOPÓW TI-AL NA OSNOWIE FAZ MIĘDZYMETALICZNYCH

MODIFICATION OF THE SURFACE LAYER IN THE BEHAVIOUR OF HIGH-TEMPERATURE OXIDATION OF INTERMETALLIC TI-AL ALLOYS

Hebda A.^{1,*}

¹ Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Mikołajczyka 5, Opole, 45-271, Polska

*a.hebda@po.edu.pl

Słowa Kluczowe

Utlenianie wysokotemperaturowe, warstwa wierzchnia, kinetyka utleniania, mikroskopia SEM

Streszczenie

Jednym z głównych problemów występujących podczas wysokotemperaturowego utleniania stopów tytanu opartych na fazach międzymetalicznych jest słabe przyleganie warstwy produktów utleniania do podłoża. Występowanie tego niekorzystnego zjawiska skutkuje skróceniem czasu użytkowania i wymaga poszukiwania optymalnych metod zwiększenia spójności warstwy tlenkowej z podłożem. Przebieg utleniania stopów Ti-Al opartych na fazie międzymetalicznej oprócz temperatury, szybkości chłodzenia [1,2], stopnia zanieczyszczenia i typu mikrostruktury [3,4], obecności azotu [5], pary wodnej [6] lub naniesionych powłok [7,8] zależy również od przygotowania powierzchni [9]. Dlatego celem badania było sprawdzenie wpływu modyfikacji warstwy powierzchniowej na morfologię i adhezję tworzących się tlenków podczas użytkowania stopów Ti-Al na osnowie faz międzymetalicznych w wysokich temperaturach. Badania polegały na przeprowadzeniu testów utleniania w wysokich temperaturach na stopach na osnowie faz TiAl i Ti₂AlNb w celu określenia kinetyki utleniania w różnych warunkach warstwy powierzchniowej. Oprócz temperatury zmienne czynniki będą obejmować rodzaj stopu i metodę modyfikacji warstwy powierzchniowej. Modyfikacja warstwy wierzchniej osiągnięta została poprzez szlifowanie powierzchni, nagniatanie toczne i obróbkę strumieniowo-ścierną.

Literatura

- [1] Małecka J. , Resistance to High-Temperature Oxidation of Ti-Al-Nb Alloys, artykuł, Materials, vol. 15, nr 6, s.1-19 (2022)
- [2] M. Yoshihara, Y. Kim, Gamma Titanium Aluminides 2003, edited by Kim Y.W., Clemens H., Rosenberg A.: The Minerals, Metals and Materials Society (2003)
- [3] Małecka J., Investigation of the oxidation behavior of orthorhombic Ti₂AlNb alloy, artykuł, Journal of Materials Engineering and Performance, 24/5, 1834-1840 (2015)
- [4] Małecka J., Rozumek D., Metallographic and Mechanical Research of the O-Ti₂AlNb Alloy, artykuł, Materials, vol. 13, nr 13, s.1-11 (2020)
- [5] W. Quadackers, P. Schaaf, N. Zheng, A. Gil, E. Wallura, Beneficial and detrimental effects on nitrogen on the oxidation behaviour of TiAl-based intermetallics, Materials and Corrosion 48 (1997)
- [6] A. Zeller, F. Dettenwanger, M. Schutze, Influence of water vapor on the oxidation behaviour of titanium aluminides, Intermetallics 10 (2002)
- [7] Małecka J., Oxidation behavior of Al₂O₃ coating on Ti-25Al-12.5Nb alloy, artykuł, Journal of Materials Engineering and Performance, 25/7, str. 2951-2958 (2016)
- [8] L. Kong, J. Qi, B. Lu, R. Yang, X. Cui, T. Li, T. Xiong, Oxidation resistance of TiAl₃-Al composite coating on orthorhombic Ti₂AlNb based alloy, Surface of Coating Technology 204 (2010)
- [9] M. Rakowski, I. Pettit, G. Meier, The effect of surface preparation on the oxidation behaviour of gamma Ti-Al-base intermetallic alloys, Scripta metallurgica et Materialia 35/12 (1996)

SPAWANIE STALI DROBNOZIARNISTEJ WYSOKIEJ WYTRZYMAŁOŚCI PROCESEM FRONIUS TWIN

HIGH STRENGTH STEEL WELDING WITH THE USE OF FRONIUS TWIN PROCESS

Karczewski M.^{1,*}

¹ Politechnika Krakowska Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki, al. Jana Pawła II 37, Kraków
31-864, Polska

*mateusz.karczewski@doktorant.pk.edu.pl

Słowa Kluczowe

Spawanie, Stal drobnoziarnista, Fronius, TWIN

Streszczenie

Od prawie trzydziestu lat firma Fronius, będąca czołowym producentem urządzeń spawalniczych, stale rozwija swoją technologię spawania dwoma drutami elektrodowymi w osłonie gazowej, zwaną technologią TWIN (metoda 131/135). Technologia spawania TWIN, jest technologią spawania wysokowydajnego, charakteryzującą się wysokim uzyskiem stopiwa, oraz wysokimi prędkościami spawania, co niewątpliwie przekłada się na wzrost produktywności w danym przedsiębiorstwie. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że tą technologię możemy jedynie realizować na stanowiskach zautomatyzowanych lub zrobotyzowanych. Podstawowa konfiguracją to TWIN PUSH, czyli system z jednym podajnikiem drutu, gdzie wykorzystywane są procesy spawania, które nie wymagają dynamicznego podawania drutu. Pewnego rodzaju rozwinięciem technologii TWIN jest konfiguracja TWIN PUSH-PULL CMT. Ten rodzaj konfiguracji podobnie jak TWIN PUSH, zapewnia wysoką wydajność procesu, lecz dzięki zastosowaniu łuku spawalniczego CMT, proces charakteryzuje się brakiem odprysków i wysokimi prędkościami spawania. Cold Metal Transfer jest to rodzaj zvarciowego przenoszenia ciekłego metalu w łuku elektrycznym, przy czym zwarcie jest realizowane przez ruch posuwisto-zwrotny drutu elektrodowego. Proces ten dedykowany jest do spawania cienkich blach, których grubość nie przekracza 3 milimetrów. Warto przy tym wspomnieć, że ta konfiguracja nie ogranicza użytkowania tylko do stosowania procesów PMC (łuk pulsacyjny) i CMT. Jeżeli wystąpi konieczność wprowadzenia większej ilości ciepła do materiału lub zwiększenie uzysku stopiwa, możliwe jest spawanie w zestawieniu PMC/PMC. Podsumowując konfiguracja TWIN PUSH-PULL CMT umożliwia spawanie wszystkimi procesami firmy Fronius i jest najbardziej rozbudowaną wersją technologii TWIN. Proces spawania TWIN znajduje zastosowanie w przemyśle do spawania różnych materiałów konstrukcyjnych, w tym stali drobnoziarnistych o podwyższonej wytrzymałości. Firma Fronius wdrożyła i planuje kolejne wdrożenia technologii TWIN do wykonywania elementów konstrukcji dźwigowych. Konstrukcje te wytwarza się ze stali S960QL, S1100QL i S1300QL. Kwestię wdrożenia technologii należy rozpatrywać w dwóch obszarach: naukowym i technologicznym. Do zagadnień naukowych zalicza się poznanie zjawisk zachodzących w obszarze spawania podczas stosowania technologii Cold Metal Transfer i TWIN, i ich wpływu na mikrostrukturę i właściwości złączy. Obszar technologiczny, to określenie uwarunkowań technologicznych dla przemysłowego zastosowania CMT TWIN dla konstrukcji stalowych o podwyższonej wytrzymałości, a także stworzenie alternatywy do obecnej stosowanej technologii, która jest łuk kryty.

Literatura

- [1] Chen H., Wu S., Effect of arc length on weld appearance and metal transfer in twin-wire GMAW process, *Advanced Materials Research* (2012)
- [2] Ferdinandov N., Gospodinov D., Ilieva M., Structure and Mechanical Properties of High Strength Steel 960QL Weldments. *Defect and Diffusion Forum* (2022)

WPLYW WARUNKÓW OSADZANIA ELEKTROFORETYCZNEGO NA MIKROSTRUKTURĘ POWŁOK KURKUMINA/CHITOZAN INFLUENCE OF EPD CONDITIONS ON MICROSTRUCTURE OF CURCUMIN/CHITOSAN COATINGS

Karpiński R.^{1,*}, Błoniarz A.¹, Moskalewicz T.¹

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

*rkarpinski@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

tytan, powłoki naturalne, EPD, chitozan, kurkumina

Streszczenie

Tytan i jego stopy są materiałami szeroko stosowanymi na implanty kostne ze względu na wyjątkowe właściwości użytkowe [1]. Są one jednak podatne na tworzenie się biofilmu na ich powierzchni, który przyczynia się do ryzyka powstawania infekcji. W związku z tym trwają badania nad opracowaniem antybakteryjnych powłok o osnowie biodegradowalnych polimerów. Jednym z najczęściej wykorzystywanych w tym celu biopolimerów jest chitozan [1]. Kurkumina z kolei jest obiecującym związkiem antybakteryjnym pochodzenia naturalnego, który może być współosadzany z chitozaniem [2]. Dogodną metodą wytwarzania powłok chitozanu i kurkuminy jest osadzanie elektroforetyczne (EPD).

Celem obecnej pracy było ustalenie wpływu warunków EPD na mikrostrukturę powłok kurkumina/chitozan osadzanych na tytanie technicznym. Wykazano, że sposób przygotowania roztworu znacznie wpływa na ich mikrostrukturę. Makroskopowo jednorodne powłoki otrzymano z roztworów o stężeniu kurkuminy do 1 g/L, do przygotowania których kurkuminę rozpuszczono w alkoholu etylowym przed dodaniem roztworu chitozanu. Ich mikrostruktura składała się z cząsteczek oraz z submikrometrycznych, nierozpuszczonych cząstek kurkuminy rozmieszczonych równomiernie w osnowie chitozanu. Stosowanie wyższych stężeń kurkuminy lub dodanie jej bezpośrednio do roztworu chitozanu skutkowało osadzeniem powłok niejednorodnych, zawierających liczne aglomeraty i duże, nierozpuszczone cząstki. Zastosowanie alkoholu izopropylowego w roli rozpuszczalnika spowodowało znacznie gorsze rozpuszczanie się kurkuminy, a powłoki otrzymane z tego roztworu były niejednorodne. Wydłużenie czasu rozpuszczania kurkuminy w alkoholu etylowym nie wpłynęło znacząco na jednorodność powłok oraz nie spowodowało rozpuszczenia cząstek submikrometrycznych. Jako najbardziej optymalne parametry EPD określono napięcie prądu 10 V i czas 6 minut, pozwalające na otrzymanie powłok makroskopowo jednorodnych o dużej adhezji do podłoża (klasa 4B zgodnie z normą ASTM D3359-97). Otrzymane wyniki wykazały, że badane powłoki mają potencjał do zastosowań implantologicznych i możliwe jest kontrolowanie ich mikrostruktury poprzez zmianę warunków EPD.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane w całości przez Narodowe Centrum Nauki (projekt nr 2022/45/B/ST5/00242).

Literatura

- [1] B. Makurat-Kasprolewicz, A. Ossowska, Electrophoretically deposited titanium and its alloys in biomedical engineering: Recent progress and remaining challenges, *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.* 112 (2024) e35342.
- [2] R.S. Virk, M.A.U. Rehman, M.A. Munawar, D.W. Schubert, W.H. Goldmann, J. Dusza, A.R. Boccaccini, Curcumin-containing orthopedic implant coatings deposited on poly-ether-ether-ketone/bioactive glass/hexagonal boron nitride layers by electrophoretic deposition, *Coatings* 9 (2019) 572.

ASPEKTY MIKROSTRUKTURALNE STALI DP600 OTRZYMYWANEJ W PROCESIE WALCOWANIA NA GORĄCO

MICROSTRUCTURAL ASPECTS OF HOT ROLLED DP600 STEEL

Kaźmierski T.^{1,2,*}, Krawczyk J.², Frocisz Ł.², Lypchanskyi O.², Pawlyta M.³

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

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

³ Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice, Polska

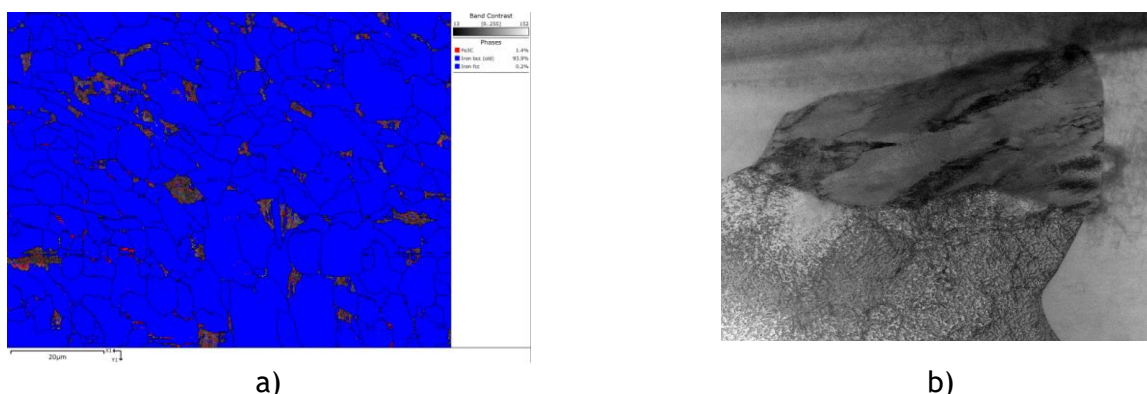
*tomasz.kazmierski@arcelormittal.com

Słowa kluczowe

stal dwufazowa, walcowanie na gorąco, mikrostruktura, TEM, EBSD,

Streszczenie

Stal DP600 charakteryzuje się złożoną mikrostrukturą, w której ferryt pełni rolę miękkiej osnowy zapewniającej dobrą plastyczność, natomiast drugi składnik strukturalny, składający się z martenzytu lub bainitu, zapewnia wysokie własności wytrzymałościowe. Zarówno udział objętościowy twardego składnika strukturalnego jak i jego morfologia oraz rozmieszczenie w osnowie ferrytu wpływają na własności stali krytyczne dla jej zastosowania w procesach kształtowania na zimno [1]. Obecność w mikrostrukturze tej stali martenzytu, bainitu i austenitu szczątkowego istotnie wpływa nie tylko na własności mechaniczne materiału, ale również na jego odporność na pękanie w trakcie odkształcenia na zimno oraz na zdolność do umocnienia odkształceniowego [2]. Przy użyciu techniki mikroskopii świetlnej jednoznaczna identyfikacja wszystkich składników mikrostrukturalnych tej stali jest często niemożliwa. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe wyniki uzyskane przy użyciu mikroskopii elektronowej, których dalsza analiza pozwoli potwierdzić lub wykluczyć obecność austenitu szczątkowego w materiale oraz da odpowiedź na pytanie dotyczące składu twardego składnika strukturalnego w stalach DP600 otrzymywanych w procesie walcowania na gorąco.



Rys. 1 a) obraz EBSD: osnowa ferrytyczna (niebieski), wyspy twardego składnika strukturalnego (szary), wydzielienia Fe₃C (czerwony), b) obraz TEM twardego składnika strukturalnego (martenzytu lub bainitu).

Podziękowania

Praca finansowana w ramach 5. edycji programu Doktoraty Wdrożeniowe MEiN

Literatura

- [1] Soudip Basua, Anirban Patraa, Balila Nagamani Jayaa, Study of microstructure-property correlations in dual phase steels for achieving enhanced strength and reduced strain partitioning, *Materialia* 25 (2022) 101522
- [2] Zhengtuan Li, Chunjing Wu, Heli Wan, Microstructure Evolution and Work Hardening Behaviour of Hot Rolled DP780 Ferrite/Bainite Dual-Phase Steel, *Advances in Materials Science and Engineering* (2023) Article ID 7995789

OPRACOWANIE I ANALIZA MODELI KOMPUTEROWYCH DO CHARAKTERYZACJI EPITAKSJALNYCH SUPERSIECI PRZY ZASTOSOWANIU SYMULACJI DYFRAKCJI

DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF COMPUTER MODELS FOR CHARACTERIZATION OF EPITAXIAL SUPERLATTICES USING DIFFRACTION SIMULATIONS

Kokosza Ł.^{1,*}

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*kokosza@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

epitaksjalne supersieci, wysokokątowa dyfrakcja rentgenowska (XRD), niskokątowa dyfrakcja rentgenowska (XRR), modelowanie komputerowe

Streszczenie

Badanie poszerza informacje na temat epitaksjalnych supersieci opartych na perowskitach $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ (LSMO), BaTiO_3 (BTO) i podłożu SrTiO_3 (STO). Wspomniane supersieci to sztucznie uzyskiwane struktury zbudowane z naprzemiennie ułożonych warstw różnych materiałów, które wykazują unikalne właściwości elektroniczne, magnetyczne i optyczne [1].

Wstępne oceny jakości nanomateriałów przeprowadzono przy użyciu zaawansowanych technik, takich jak dyfrakcja elektronów odbitych (EBSD) [2] oraz dyfrakcja wysokoenergetycznych elektronów (RHEED) [3]. Kolejne etapy analizy obejmowały zastosowanie technik dyfrakcji rentgenowskich (XRD, XRR) do dogłębnego zbadania struktury, w tym określenia parametrów krystalicznych oraz grubości i chropowatość poszczególnych warstw [1]. Istotną rolę w procesie analizy i interpretacji danych eksperymentalnych odegrały symulacje i modelowanie komputerowe. Opracowano dedykowane programy do symulacji widm XRD i XRR, bazujące na teoretycznych modelach wielowarstwowych nanomateriałów, które zostały wyposażone w algorytmy optymalizacyjne. Przeprowadzone badania oraz symulacje mają na celu poszerzenie wiedzy na temat epitaksjalnych supersieci przez połączenie metod eksperymentalnych z zaprojektowanymi modelami komputerowymi.

Podziękowania

Dla zespołu specjalistów z WIMiP oraz ACMiN AGH: Zbigniew Mitura, Jakub Pawlak, Marianna Marciszko-Wiąckowska, Grzegorz Cios oraz Marek Przybylski.

Literatura

- [1] Kokosza Ł., Mitura Z., Modelling of diffraction of X-rays in perovskite superlattices., J. Phys.: Conf. Ser. 2412 (2022) 012001.
- [2] Britton T. B. et al., AstroEBSD: exploring new space in pattern indexing with methods launched from an astronomical approach., J. Appl. Cryst. 51 (2018) 1525-1534.
- [3] Mitura Z. et al., Identification of Kikuchi lines in electron diffraction patterns collected in small-angle geometry., Acta. Cryst. A80 (2024) 104-111.

WIELOWARSTWOWA KATODA DLA WYDAJNYCH I TRWAŁYCH WYSOKOTEMPERATUROWYCH OGNIW PALIWOWYCH

MULTILAYERED CATHODE FOR EFFICIENT AND LONG LIFETIME HIGH TEMPERATURE FUEL CELLS

Komorowska G.^{1,*}, Kowalczyk A.¹, Michalski P.P.², Wejrzanowski T.¹

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

² Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, Koszykowa 75, Warszawa, 00-662, Polska

*gabriela.komorowska.dokt@pw.edu.pl

Słowa Kluczowe

Ogniwo paliwowe, MCFC, katoda, EPD, tape casting,

Streszczenie

Ogniwa paliwowe, jako urządzenia konwertujące energię chemiczną w energię elektryczną, są powszechnie uważane za obiecujące, niekonwencjonalne źródło energii. Jednak kilka kwestii, takich jak trwałość, wydajność i koszt, cały czas stoi na drodze ich powszechniej komercjalizacji. Pojedyncze wysokotemperaturowe węglanowe ogniwo paliwowe (z ang. molten carbonate fuel cell - MCFC) składa się z czterech elementów: anody, katody, osnowy i elektrolitu. Najbardziej newralgicznym elementem ogniwa MCFC jest katoda. Rekcje chemiczne zachodzące na jej powierzchni są najwolniejsze i w związku z tym determinują one prędkość całego procesu. Dodatkowo, ulega ona powolnemu rozpuszczaniu się w środowisku roztopionych węglanów (elektrolit), co wpływa na zmniejszenie trwałości takiego ogniwa. Ideą prowadzonych badań jest wytworzenie wielowarstwowej katody niklowej na piance niklowej, która z jednej strony posiada warstwę srebra, natomiast od drugiej warstwę tlenku. Jako podstawa do modyfikacji metodą tape casting stosowana jest katoda składająca się z aktywnej katalitycznie warstwy niklowej na zwiększającej właściwości mechaniczne układu piance niklowej. Metoda elektroforetycznego osadzania została wykorzystana do wytworzenia warstwy srebra od strony interkolektora, gdzie pełni swoją funkcję bez narażenia na bezpośredni kontakt z agresywnym środowiskiem elektrolitu. Obecność srebra wpływa na zwiększenie wydajności transportu elektronów, co bezpośrednio odzwierciedla się we wzroście wydajności całego ogniwa [1]. Druga warstwa funkcjonalna składająca się z tlenków ma za zadanie wpłynąć na zmniejszenie rozpuszczalności katody [2]. Została ona również wytworzona metodą EPD, natomiast jedynie od strony osnowy - kontaktu z elektrolitem, gdzie powierzchnia jest najbardziej narażona na degradację.

Podziękowania

Badania były finansowane ze środków Politechniki Warszawskiej w ramach Programu Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza (IDUB).

Literatura

- [1] A. Lysik, Cwieka K., Wejrzanowski T., Skibinski J., Milewski J., Marques F. M. B., Norby T., Xing W. Silver coated cathode for molten carbonate fuel cells, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 38, pp. 19847-19857, 2020, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.05.112.
- [2] A. Meléndez-Ceballos, V. Albin, A. Ringuedé, S. M. Fernández-Valverde, and M. Cassir, Electrochemical behavior of $M_{x-1}O_x$ ($M = Ti, Ce$ and Co) ultra-thin protective layers for MCFC cathode, *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 23, pp. 12233-12241, 2014, doi: 10.1016/j.ijhydene.2014.03.213.

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-MECHANICZNE RECYKLINGOWYCH TWORZYW KONSTRUKCYJNYCH

PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF RECYCLED ENGINEERING PLASTICS

Kopciejewski P.^{1,*}, Szaraniec B.¹

¹AGH, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Biomateriałów i Kompozytów,
Al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*piotrkop@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

tworzywa sztuczne, tworzywa konstrukcyjne, recykling, właściwości mechaniczne

Streszczenie

W ostatnich dziesięcioleciach produkcja oraz wykorzystanie tworzyw sztucznych zwiększyły się istotnie na całym świecie. Do tego wzrostu przyczyniła się duża dostępność i różnorodność polimerów, ich niski ciężar, wysoka trwałość i odporność na czynniki środowiskowe oraz konkurencyjna cena w porównaniu z innymi materiałami. O ile w prostych i mało wymagających produktach takich jak np. opakowania czy materiały wykończeniowe wykorzystuje się najpopularniejsze tworzywa sztuczne, o tyle w zastosowaniach inżynierskich napotyka się na poważne ograniczenia, z których największym są właściwości mechaniczne, zwłaszcza zbyt niska wytrzymałość i moduł sprężystości. Z tego powodu pojawiła się potrzeba opracowania polimerowych materiałów konstrukcyjnych spełniających wyższe wymagania, dedykowanych dla zastosowań specjalistycznych obejmujących m.in. przemysł budowlany, motoryzacyjny czy lotniczy. Obecnie na rynku można znaleźć wiele tego typu komercyjnych tworzyw, których cena jest jednak znacznie wyższa niż tworzyw standardowych. ^{[1][2]}

Biorąc pod uwagę względy ekonomiczne i ekologiczne przetwórcy są zainteresowani recyklingiem i możliwością wykorzystania odpadów poprodukcyjnych w postaci regranulatu. Ponowne przetwórstwo polimerowych materiałów konstrukcyjnych jest jednak znacznie trudniejsze niż standardowych tworzyw takich jak np. PE czy PP. Wiąże się ono bowiem ze zmianą właściwości fizyko-mechanicznych będącymi kluczowymi w ich stosowaniu. Obecnie podczas produkcji wyrobów z tworzyw konstrukcyjnych używa się regranulatu w ilości maksymalnie 10% składu wyjściowego. Tym samym ilość materiału pozostającego do recyklingu jest niewspółmierna i prowadzi do hańdowania sporych ilości odpadów. ^[3]

W pracy zbadano jak zmieniają się właściwości fizyko-mechaniczne trzech komercyjnie dostępnych tworzyw na bazie PET, PBT, PA w zależności od ilości użytego w przetwórstwie regranulatu. Kształtki poddano badaniom mechanicznym w teście trójpunktowego zginania, jednoosiowego rozciągania oraz twardości. Określono również właściwości powierzchni, ich mikrostrukturę oraz palność.

Podziękowania

Autorzy składają podziękowania firmie KLGs Sp. z o.o., gdzie wykonano kształtki do badań. Prace realizowano w ramach badań statutowych 16.16.160.557

Literatura

- [1] Waclaw Królikowski, Polimerowe kompozyty konstrukcyjne, Wydawnictwo Naukowe PWN(2012)
- [2] Rulin Yana, Recycled polymer: Green roads for polyester plastics, Green Carbon (2024)
- [3] Igor A. Ignatyev, Recycling of Polymers: A Review, ChemSusChem (2014) Volume7, Issue 6

OCENA WZROSTU NAPYLANEJ WARSTWY METODĄ PLD Z WYKORZYSTANIEM COMSOL MULTIPHYSICS

PLD THIN FILM THICKNESS EVALUATION BASED ON THE COMSOL MULTIPHYSICS

Kopeccki B.^{1,*}, Perzyński K.¹, Madej Ł.¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. A. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

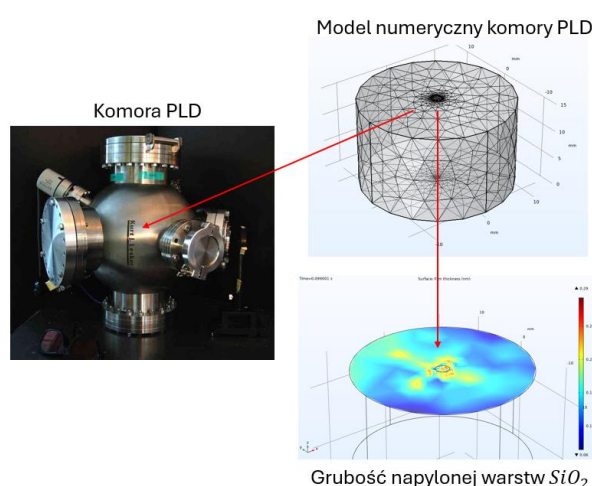
*kopeccki@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

PLD, MES, cienkie warstwy

Streszczenie

Obserwowany intensywny rozwój stanu techniki wymusza opracowanie nowych materiałów inżynierskich o specjalnych własnościach użytkowych. Jednym z rozwiązań umożliwiającym projektowanie nowych koncepcji wyrobów gotowych jest stosowanie powłok i cienkich warstw powierzchniowych w celach estetycznych, ochronnych, a także poprawiających własności użytkowe. Jedną z technik tworzenia cienkich warstw jest napylenie w próżni z użyciem wiązki lasera tzw. metoda PLD (ang. Pulsed Laser Deposition). Dzięki tej metodzie można pokrywać bardzo szeroką gamę materiałów bazowych cienkimi warstwami metalicznymi i ceramicznymi. Koncepcja metody zakłada odparowanie materiału napylanego za pomocą krótkich impulsów lasera o dużej mocy. Do tego celu używa się laserów neodymowych Nd:YAG. Poprawne przygotowanie procesu PLD wymaga jednak dokładnego ustawienia mocy lasera. Sam proces jest skomplikowany, a analiza otrzymanych wyników wymaga skorzystania ze specjalistycznych przyrządów laboratoryjnych tj. mikroskop elektronowy STEM/TEM. Dodatkowo ocena grubości napyłonej warstwy, która jest istotną informacją dla operatora urządzenia, wymaga dodatkowego czasu potrzebnego na wykonanie odpowiednich prac laboratoryjnych pozwalających na ocenę tego parametru. Dlatego coraz częściej wykorzystuje się modelowanie numeryczne do wstępnej oceny grubości powstającej warstwy. W niniejszej pracy skupiono się na opracowaniu modelu numerycznego napyłania cienkich warstw SiO_2 w komorze PLD z wykorzystaniem komercyjnego pakietu numerycznego COMSOL Multiphysics®. Zaproponowany model uwzględnia wpływ mocy lasera na przebieg procesu napyłania oraz warunki środowiskowe komory ablacyjnej i pozwala na wstępną estymację grubości powstałej warstwy. W pracy przedstawione zostaną wyniki działania modelu oraz zakres możliwości jego wykorzystania, jak również wizualizacje otrzymanych wyników symulacji.



Rys. 1 Schemat modelu napyłania PLD.

WYTWARZANIE STOPÓW WYSOKOENTROPOWYCH PRZY UŻYCIU METODY SPS

HIGH-ENTROPY ALLOYS MANUFACTURED USING THE SPS METHOD

Kopec-Surzyn A.^{1,*}, Madej M.¹

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

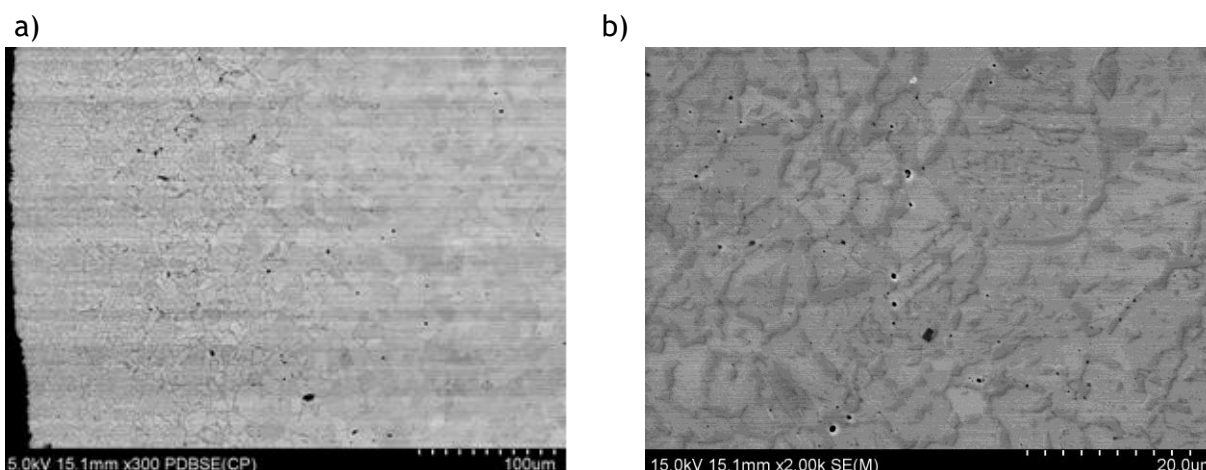
*kopecsurzyn@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

HEA, SPS, grafit, węgliki chromu

Streszczenie

Stopy wysokoentropowe (HEA - *High Entropy Alloys*) to bardzo szeroka grupa materiałów, których wytwarzanie jest problematyczne ze względu na ich złożony skład chemiczny - minimum pięć składników w stosunkach okotorównomolowych. Dlatego też często wykorzystuje się do tego celu metalurgię proszków, która daje możliwość sterowania parametrami procesu i tym samym właściwościami wyrobu. Do badań wykorzystano proszek rozpylany zawierający Co, Cr, Fe, Mn, Ni, w stosunku zbliżonym do równomolowego, przeprowadzono serię prób spiekania iskrowo-plazmowego w próżni stosując różne temperatury i czasy spiekania. Uzyskano materiał o gęstości względnej zbliżonej do materiału litego. Zaobserwowano znany problem wpływu matrycy grafitowej używanej w procesie SPS na warstwę wierzchnią spieków zawierających pierwiastki o wysokim powinowactwie do węgla. Przeprowadzono obserwację mikrostruktury, analizę rozmieszczenia pierwiastków przy użyciu SEM oraz badano twardość w funkcji odległości od powierzchni zewnętrznej. Zaobserwowano znaczne różnice twardości na powierzchni i w rdzeniu - odpowiednio 402 HV1 i 180 HV1. Wykazano powstanie wydzieleni po granicach ziaren, których udział malał wraz z oddalaniem się od powierzchni, a rentgenowska analiza fazowa potwierdziła obecność węglików chromu.



Rys. 1. Mikrostruktura spiekane go stopu wysokoentropowego: a) na przekroju, b) obszar przy powierzchni

Literatura

- [1] Cantor B., Chang I.T.H., Knight P., Vincent A.J.B., Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys. *Materials Science and Engineering: A*. 375-377 (2004) 213-218.
- [2] Zhang Y., Zhou Y, Y. J., Lin J. P., i inni, Solid-solution phase formation rules for multi-component alloys. *Advanced Engineering Materials* (2008) 10: 534-538.
- [3] Garbiec D., Iskrowe spiekanie plazmowe (SPS): teoria i praktyka. *Inżynieria Materiałowa* vol. 36 nr 2 (2015) 60-64.

WŁAŚCIWOŚCI TWARDYCH ANODOWYCH POWŁOK TLENKOWYCH MODYFIKOWANYCH CZĄSTKAMI NANOPROSZKÓW

PROPERTIES OF HARD ANODIC OXIDE COATINGS MODIFIED BY NANOPARTICLES

Kozik A.^{1,2,*}, Nowak M.¹, Góral A.²

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, ul. Piłsudskiego 19, Skawina, 32-050

² Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, ul. Reymonta 25, Kraków, 30-059, Polska

*Anna.Kozik@imn.lukasiewicz.gov.pl

Słowa Kluczowe

anodowanie, odporność na zużycie ściernie, współczynnik tarcia, potencjał zeta

Streszczenie

Rosnąca w ostatnich latach konsumpcja aluminium oraz jego stopów w różnych gałęziach przemysłu istotnie wpływa na wzrastające zainteresowanie i zapotrzebowanie na twarde anodowe powłoki tlenkowe (TAPT) o niskim współczynniku tarcia oraz posiadające właściwości samosmarujące. Ze względu na charakterystyczną strukturę warstwy tlenku, powierzchnia TAPT ma zdolność absorpcyjną. W związku z tym można ją modyfikować poprzez wprowadzenie do porowatej struktury cząstek twardych (Al_2O_3 , Si_3N_4) [1] lub cząstek spełniających funkcję smarów stałych (PTFE, MoS_2) [2]. Istnieje kilka metod wprowadzania cząstek modyfikujących do porowatej struktury TAPT. Metody te można ogólnie podzielić na dwa rodzaje. Pierwszy, w którym cząstki tworzą oddzielną warstwę, głównie na powierzchni powłoki (natryskiwanie cząstek na powierzchnię anodowej powłoki tlenkowej lub impregnacja ultradźwiękowa) [3] oraz drugi, w którym cząstki są dodawane do roztworu anodowego i wbudowywane do porowatej struktury powłoki [4]. Istnieją również inne metody: implantacja jonów, rozpylanie lub łuk próżniowy, ale metody te są bardzo kosztowne.

Celem pracy było wytworzenie TAPT modyfikowanych cząstkami nanoproszków przy użyciu dwóch metod i porównanie ich właściwości. W pierwszej metodzie bezpośrednio cząstki były wbudowywane w strukturę powłoki bezpośrednio w procesie anodowania. W drugiej metodzie najpierw wytwarzane były twarde anodowe powłoki tlenkowe ze strukturą umożliwiającą ich modyfikację, a następnie powłoka była impregnowana w zawiesinie nanocząstek. Przeanalizowano wpływ metod produkcji i rodzaju użytych cząstek na właściwości wytworzonych powłok. W tym celu strukturę porowatą twardych anodowych powłok tlenkowych modyfikowano nanometrycznymi cząstkami spełniającymi rolę smaru stałego $CaCO_3$ oraz twardymi Si_3N_4 . Badania wykazały, iż powłoka modyfikowana cząstkami Si_3N_4 wytworzona metodą impregnacji posiadała podwyższoną mikrotwardość oraz odporność na zużycie ściernie w stosunku do konwencjonalnej TAPT.

Podziękowania

Badania prowadzone są w ramach programu Ministerstwa Edukacji i Nauki „Doktorat Wdrożeniowy”, projekt nr DWD/5/0564/2021

Literatura

- [1] Mohammadi, A. Afshar, and S. Ahmadi, “ Al_2O_3/Si_3N_4 nanocomposite coating on aluminum alloy by the anodizing route: Fabrication, characterization, mechanical properties and electrochemical behavior,” *Ceram Int*, vol. 42, no. 10, pp. 12105-12114, Aug. 2016
- [2] J. Escobar, L. Arurault, and V. Turq, “Improvement of the tribological behavior of PTFE-anodic film composites prepared on 1050 aluminum substrate,” *Appl Surf Sci*, vol. 258, no. 20, pp. 8199-8208, Aug. 2012,
- [3] J. Sun, L. Weng, and Q. Xue, “Duplex treatment for surface improvement of 2024 Al.”
- [4] S. Chen, C. Kang, J. Wang, C. Liu, and K. Sun, “Synthesis of anodizing composite films containing superfine Al_2O_3 and PTFE particles on Al alloys,” *Appl Surf Sci*, vol. 256, no. 22, pp. 6518-6525, Sep. 2010.

EWOLUCJE PROCESU CYNKOWANIA OGNIOWEGO

EVOLUTION OF THE HOT-DIP GALVANIZING PROCESS

Lewartowski P.^{1,2,*}

¹Akademia Górniczo - Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie

²DK Innowacje Sp. z o.o. Węzów

*lewartow@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Cynkowanie ogniowe, pierwiastki stopowe, warstwa cynkowa

Streszczenie

W artykule omówiono ewolucję procesu cynkowania ogniowego. Dokonano przeglądu stosowanych dodatków stopowych do cynku i ich wpływu na jakość uzyskiwanych powłok na stali konstrukcyjnej. Przeanalizowano również wpływ stężenia kwasu stosowanego do trawienia materiału surowego na uzyskiwaną grubość warstwy cynku na stali.

Grubość warstewki cynku zmieniała się w zależności od stężenia pierwiastków stopowych w kąpeli. Stwierdzono, że aluminium i bizmut w niewielkim stopniu wpływają na zmniejszenie się grubości warstewki nakładanego cynku, w przypadku cyny niewielka zmiana zawartości (z 0,6 % do 0,8%) w znaczącym stopniu zmniejsza grubość warstewki cynkowej. Dodatkowo stwierdzono, że podczas nakładania ogniowego warstewki cynkowej na materiale stalowym wynosimy z kąpeli cynkowej poszczególne pierwiastki stopujące. Skutkuje to koniecznością uzupełniania pierwiastków stopowych poprzez okresowe ich dotapianie w celu utrzymania założonego składu kąpeli. Zauważono, że wraz ze wzrostem stężenia pierwiastków stopowych zmniejsza się pobór cynku (stosunek wagi elementu ocynkowanego do wagi elementu czarnego) co wpływa na poprawę ekonomiki prowadzenia procesu.

Podziękowania

Prof. dr hab. Piotr Żabiński

WPŁYW MIKRODODATKÓW NA MIKROSTRUKTURĘ I WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE STOPÓW Al-Mg Z PONADSTANDARDOWĄ ZAWARTOŚCIĄ Mg PO KUCIU NA ZIMNO

THE INFLUENCE OF MICRO-ALLOYING ELEMENTS ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF Al-Mg ALLOYS WITH ABOVE-STANDARD Mg CONTENT AFTER COLD FORGING

Limanówka K.^{1,2,*}, Boczek S.¹, Korczak P.¹, Góral A.²

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Piłsudskiego 19, Skawina, 32-050, Polska

² Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Reymonta 25, Kraków, 30-059, Polska
*kamila.limanowka@imn.lukasiewicz.gov.pl

Słowa Kluczowe

Stopy Al-Mg, mikrododatki stopowe, kucie matrycowe, mikrostruktura, właściwości mechaniczne

Streszczenie

Stopy aluminium z magnezem jako głównym pierwiastkiem stopowym są wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłu ze względu na ich doskonałe właściwości, takie jak wysoka wytrzymałość, dobra odkształcalność i odporność na korozję. Podstawowym mechanizmem umacniania stopów Al-Mg jest umocnienie roztworowe bowiem, wraz ze wzrostem zawartości magnezu wzrastają ich właściwości wytrzymałościowe [1]. Dotychczasowe normy [2] dotyczące stopów Al-Mg obejmują stopy o zawartości maksymalnie do 5.6 %wag. Mg. Ponadto, stopy Al-Mg w porównaniu z innymi stopami aluminium, mają dużą skłonność do umocnienia odkształceniowego. Rozwój stopów Al-Mg o ponadstandardowej zawartości Mg stymulowany jest chęcią dalszego zmniejszania ciężaru stopów przy jednoczesnej poprawie wytrzymałości poprzez umacnianie roztworu stałego aluminium magnezem i dodatkowo procesami przeróbki plastycznej. Wykazano, że stopy Al-Mg z ponadstandardową zawartością Mg po przeróbce plastycznej ulegają procesom naturalnego zdrowienia, co w konsekwencji prowadzi do spadku właściwości mechanicznych. W celu zahamowania zdrowienia stopów Al-Mg wprowadza się mikrododatki stopowe, tj. Sc, Zr, Er [3]. Mikrododatki te powodują powstawanie drobnodispersyjnych, równomiernie rozmieszczonych w osnowie aluminiowej wydzielen, które skutecznie blokują migrację podziarn odkształconej struktury metalu, zwiększając w ten sposób wytrzymałość i odporność na zdrowienie.

Celem pracy była analiza mikrostruktury i właściwości mechanicznych stopu Al-7 %wag. Mg oraz tego stopu z dodatkiem Sc i Zr oraz Er i Zr po procesie kucia matrycowego. W tym celu odlano stop bazowy AlMg7 oraz stopy bazowe z mikrododatkami, które następnie zhomogenizowano, wyciśnięto w temperaturze 400 °C i odkuto w temperaturze otoczenia. Określono twardość Brinella i mikrostrukturę odkuwek, a następnie wykonano wyżarzanie w celu aktywacji ewentualnych procesów zdrowienia. Zaobserwowano spadek twardości Brinella stopu AlMg7. Zastosowane mikrododatki stopowe istotnie ograniczyły spadek twardości odkuwek po wyżarzaniu.

Podziękowania

Badania realizowano w ramach programu „Doktorat Wdrożeniowy” nr DWD/4/42/2020.

Literatura

- [1] Lee B.H., Kim S.H., Park J.H., Kim H.W., Lee J.C., Role of Mg in simultaneously improving the strength and ductility of Al-Mg alloys, Mater. Sci. and Eng., 657 (2016)
- [2] Norma PN EN 573-3 Aluminium I stopu aluminium - skład chemiczny I rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie
- [3] Fu L., Li Y., Jiang F., Huang J., Xu G., Yin Z., On the role of Sc or Er micro-alloying in the microstructure evolution of Al-Mg alloy sheets during annealing, Mater. Charact. 157 (2019)

ATOMIZACJA ODPADÓW DRUKOWANYCH W TECHNOLOGII 3D: INNOWACYJNE PODEJŚCIE DO RECYKLINGU METALI, NA PRZYKŁADZIE STALI MS1

ATOMIZATION OF 3D PRINTING WASTE: AN INNOVATIVE APPROACH TO METAL RECYCLING, USING MS1 STEEL AS AN EXAMPLE

Łagoda A.^{1,*}

¹Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, ul. Mikołajczyka 5, Opole, 45-271, Polska

*a.lagoda@po.edu.pl

Słowa Kluczowe

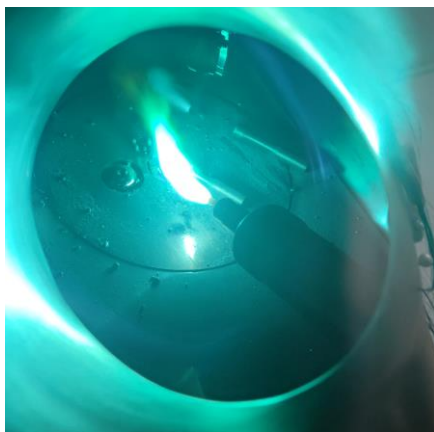
atomizacja, stal maraging MS1, druk 3D, recykling

Streszczenie

Atomizacja metali wykorzystuje procesy fizyczne, które zamieniają stopy metali w drobny proszek. Obok atomizacji gazowej czy wodnej, istnieje również mniej znana atomizacja ultradźwiękowa wykorzystująca sonotrodę. Stopiony materiał spada na sonotrodę ultradźwiękową i poddaje się atomizacji poprzez wibracje o wysokiej częstotliwości. Od częstotliwości zależy również wielkość otrzymanej cząstki proszku. Zastosowań dla atomizowanego proszku jest wiele, od metalurgii proszków po - przede wszystkim - produkcję addytywną [1].

Technologia druku 3D metali jest jedną z bardziej rozwijających się dziedzin. Pozwala na szybsze prototypowanie, łatwiejsze uzyskanie wyrobu o różnorodnych kształtach i ogranicza koszty. Nie zawsze jednak wydruk się powiedzie i generowane są odpady. Atomizacja ultradźwiękowa pozwala na zamianę nieudanego wydruku, podpory czy złomu powstałego po badaniach niszczących próbki drukowanej, ponownie na proszek.

W pracy zatomizowano 8 kg odpadów będącymi głównie nieudanymi wydrukami próbek do badań zmęczeniowych oraz złomów. Z takiej ilości odpadów udało się uzyskać 4 kg czystego proszku, z którego można ponowić wydruki. Dzięki recyklingowi metalu w taki sposób, uzyskujemy pełnowartościowy proszek do drukarki i możliwość wydruku dodatkowych próbek do badań.



Rys. 1. Wnętrze komory atomizera podczas procesu atomizacji

Literatura

- [1] Halapi D., Varga L., Ultrasonic Powder Atomization for Additive Manufacturing, Int. J. Eng. & Man. Sc. 8 (2023) 69-75

FORMOWANIE TIKSOTROPOWE ORAZ WYZNACZENIE LEPKOSCI STAŁO-CIEKŁYCH STOPÓW MIEDZI

THIXOFORMING AND IDENTIFICATION OF VISCOITY OF SEMI-SOLID COPPER ALLOYS

Madetko A.^{1,*}

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

*madetko@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Stopy miedzi, tiksforming, właściwości reologiczne, lepkość

Streszczenie

Procesy formowania stopów metali w stanie stało-ciekłym (ang. *SSM-Forming - Semi-Solid Metal Forming*) należą do zaawansowanych i nowoczesnych technologii formowania. Są realizowane w warunkach, w których występuje zjawisko tiksotropii. Stąd procesy te często nazywane są tiksformingiem (z języka angielskiego *thixoforming*). Procesy formowania tiksotropowego posiadają wybrane zalety klasycznych procesów kucia oraz odlewania, co daje im technologiczny oraz ekonomiczny potencjał do produkcji elementów o wysokich własnościach mechanicznych i jednocześnie skomplikowanym kształcie. Przemysłowe zastosowanie tej innowacyjnej technologii jest obecnie ograniczone do stopów aluminium i magnezu z uwagi na niską temperaturę krzepnięcia tych stopów, co umożliwia konstruowanie trwałych narzędzi oraz łatwe manipulowanie nimi. Formowanie tiksotropowe wysokotopliwych stopów metali, takich jak stale, z powodu dużo bardziej surowych wymagań technologicznych nie zostało do tej pory wykorzystane na skalę przemysłową. Podobna sytuacja występuje w odniesieniu do stopów Co-Cr-Ni. Formowanie tiksotropowe stopów o pośredniej temperaturze topnienia, takich jak stopy miedzi, również na chwilę obecną nie jest stosowane w praktyce. Dlatego w ramach niniejszej pracy skupiono się na badaniu procesów formowania w stanie stało-ciekłym wybranych stopów miedzi, aby zademonstrować potencjalne możliwości procesowe. W opinii autorów, metoda ta mogłaby być wykorzystana do formowania wybranych wyrobów o skomplikowanych kształtach ze stopów charakteryzujących się niską plastycznością. Dobrym przykładem są tutaj wyroby ze stopu CuSn10 (wydłużenie w statycznej próbie rozciągania około 15%) standardowo odlewane i następnie obrabiane skrawaniem.

Istota procesów formowania tiksotropowego polega na kształtowaniu stopów metali w warunkach współistnienia fazy stałej i fazy ciekłej w obszarze zawartym pomiędzy liniami solidus i likwidus. Samo współistnienie fazy stałej i ciekłej nie jest jednak wystarczające, aby mówić o procesach formowania tiksotropowego stopów metali. Mianowicie, procesy te wymagają zastosowania wsadu posiadającego w stanie stało-ciekłym mikrostrukturę globularną, określaną czasami w literaturze strukturą reokast. Duża płynność tych stopów w stanie stało-ciekłym jest wynikiem zjawisk rozrzedzania ścinaniem oraz tiksotropii związanych z pojawieniem się mikrostruktury globularnej. Powoduje to spadek lepkości umożliwiający łatwiejsze formowanie tych stopów. Taka mikrostruktura może być uzyskana w wyniku szeregu różnych procesów jakim jest poddawany stop przeznaczony do formowania tiksotropowego.

W pracy zostaną omówione podstawowe założenia procesów formowania tiksotropowego, metody kształtowania struktury globularnej oraz zjawiska reologiczne występujące w stanie stało-ciekłym. W dalszej części zostanie przedstawiona metodyka pomiarowa oparta na precyzyjnym reometrze o szerokim zakresie pomiarowym oraz piecu wysokotemperaturowym. W drugiej części zostaną przedstawione wyniki pomiarów reologicznych, a w szczególności zarejestrowana lepkość w funkcji temperatury oraz prędkości ścinania. Wykazany zostanie wpływ przemiany fazowej powodowanej procesem krzepnięcia oraz zjawiska rozrzedzania ścinaniem na zachowanie badanego stopu. Dodatkowo zostaną zaprezentowane przykładowe modele matematyczne pozwalające na opis reologii, które mogą być wykorzystane w modelowaniu kształtowania tych stopów.

BADANIA WPŁYWU PROCESU NITOWANIA NA ODKSZTAŁCENIA I NAPRĘŻENIA RESZTKOWE GENEROWANE W POŁĄCZENIACH NITOWYCH WYKONANYCH Z LOTNICZYCH STOPÓW ALUMINIUM

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE RIVETING PROCESS ON RESIDUAL STRAINS AND STRESSES GENERATED IN RIVETED JOINTS MADE OF AIRCRAFT ALUMINUM ALLOYS

Manitcaia V.^{1,*}, Korbel A.¹, Machniewicz T.¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

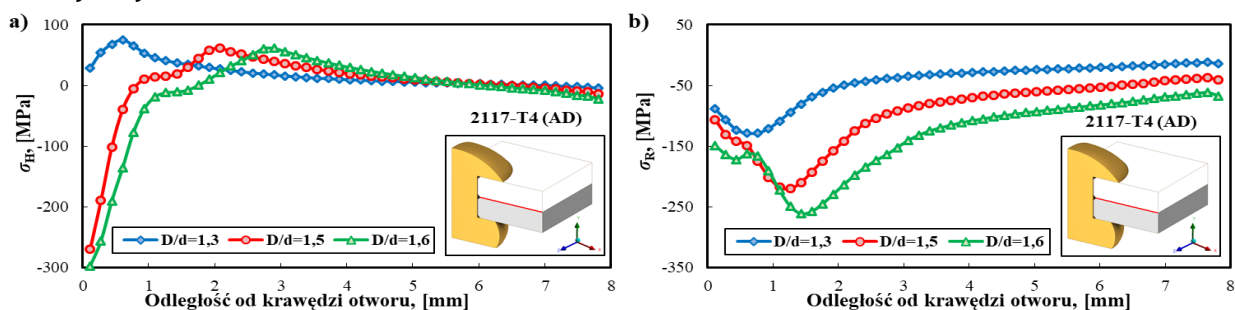
*valman@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Połączenia nitowe, stopy aluminium, ekspansja otworu nitowego, naprężenia resztkowe, analiza MES

Streszczenie

W referacie przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych oraz analiz numerycznych MES dotyczące resztkowych naprężeń i odkształceń powstających w wyniku zakuwania nitów w połączeniach nitowych stosowanych w lotnictwie. Badania przeprowadzono dla połączeń wykonanych z dwóch blach ze stopu aluminium 2024-T3 o grubości 1,6 mm i 1 mm, łączonych nitami z łbem uniwersalnym MS20470-AD (stop aluminium 2117-T4) o średnicy trzonu 3,96 mm. Na drodze eksperymentalnej określony został wpływ siły zakuwania nitu na wymiary geometryczne formowanych zakuwek oraz ekspansję otworów nitowych. Próby statycznego rozciągania dostarczyły danych dotyczących charakterystyk mechanicznych rozważanych materiałów. Dane eksperymentalne zostały następnie wykorzystane do opracowania w programie ANSYS Workbench, a następnie do walidacji, trójwymiarowego modelu MES odwzorowującego proces nitowania rozważanych połączeń. Model ten uwzględniał nieliniowe charakterystyki materiałów, zjawisko tarcia między poszczególnymi elementami połączenia, oraz nieliniowość brzegową wynikającą ze zmiennych warunków kontaktu między nimi. Wyniki symulacji pozwoliły określić wpływ siły zakuwania nitu na rozkłady resztkowych naprężeń generowanych wokół otworów nitowych, jak to przykładowo ilustruje rys. 1 dla różnych stopni zakucia nitu D/d (D - średnica zakuwki, d - średnica rdzenia nitu). Wiarygodność tych wyników została potwierdzona dobrą zgodnością zmierzonych rzeczywistych wymiarów zakuwek oraz ekspansji otworów nitowych z wynikami analiz numerycznych.



Rys. 1. Resztkowe naprężenia wyznaczone na podstawie MES na powierzchni styku połączenia nitowego w blasze po stronie zakuwki: a) obwodowe (σ_H); b) promieniowe (σ_R).

WPLYW STĘŻENIA SURFAKTANTU NA WYTWARZANIE MIKROŻELI Z GUMY GELLAN

EFFECT OF SURFACTANT CONCENTRATION ON THE MANUFACTURING OF GELLAN GUM MICROGELS

Marecik S.^{1,*}, Pietryga K.¹, Pamuła E.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Katedra Biomateriałów i Kompozytów, al. A. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*smarecik@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

guma gellan, mikrożele, emulsja W/O, SPAN80

Streszczenie

Mikrożele (MG) są obiecującym rozwiązaniem w modułowej inżynierii wielu tkanek. Mogą być one stosowane jako wstrzykiwalne biomateriały wspomagające regenerację tkanki kostnej, chrzęstnej, mięśniowej czy nerwowej [1], [2].

Celem niniejszych badań było zobrazowanie wpływu surfaktantu na wytwarzanie MG z niskoacetylowanej gumy gellan (GG, Gelzan CM, Sigma). Materiał został otrzymany metodą emulsyfikacji woda w oleju. Fazę olejową stanowił olej rzepakowy z dodatkiem monooleinianu sorbitanu (SPAN80, Sigma) o stężeniach od 0 do 0,4% (v/v). Faza zdyspergowana została otrzymana przez rozpuszczenie proszku GG w dejonizowanej wodzie MiliQ. Roztwór GG przygotowano w stężeniach 2% oraz 2,5% (w/v). Próbkę homogenizowano na mieszadło magnetycznym z prędkościami 800 obr./min, 1000 obr./min, 1200 obr./min oraz 1400 obr./min, a następnie próbki zliofilizowano. Otrzymane materiały zobrazowano za pomocą mikroskopii optycznej (Keyence VHX-900F). Kolejnym krokiem było zmierzenie średnic zastępczych MG (n=100) z wykorzystaniem programu ImageJ. Analizę statystyczną przeprowadzono wykorzystując program OriginPro 2023b.

Otrzymane MG charakteryzowały się medianami rozmiarów od 109 μm dla $C_{GG}=2\%$, $C_{SPAN80}=0,1\%$, prędkości mieszania 1000 obr./min do 918 μm dla $C_{GG}=2,5\%$, $C_{SPAN80}=0\%$, prędkości mieszania 800 obr./min. Najniższym współczynnikiem zmienności rozmiaru (23,9%) cechowały się MG otrzymane przy stężeniach $C_{GG}=2\%$, $C_{SPAN80}=0,4\%$ oraz prędkości mieszania 1400 obr./min.

Wyniki badań sugerują, że kontrolowane parametry wytwarzania MG z GG, w tym stosowanie surfaktantu i zmiany prędkości, istotnie wpływają na rozmiary otrzymywanych materiałów, co może mieć znaczenie w ich potencjalnym wykorzystaniu w inżynierii tkankowej.

Literatura

- [1] Q. Feng, D. Li, Q. Li, X. Cao, and H. Dong, 'Microgel assembly: Fabrication, characteristics and application in tissue engineering and regenerative medicine', *Bioact. Mater.*, vol. 9, pp. 105-119, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.bioactmat.2021.07.020.
- [2] P. Xia, K. Zhang, S. Yan, G. Li, and J. Yin, 'Biomimetic, biodegradable, and osteoinductive Microgels with open porous structure and excellent injectability for construction of microtissues for bone tissue engineering', *Chem. Eng. J.*, vol. 414, p. 128714, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.cej.2021.128714.

WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE, FIZYKOCHEMICZNE I BIOLOGICZNE MATERIAŁÓW WŁÓKNISTYCH NA BAZIE PCL I PVDF PRZEZNACZONYCH NA UZUPEŁNIANIE TKANEK MIĘKKICH MECHANICAL, PHYSICOCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF PCL AND PVDF-BASED FIBROUS MATERIALS FOR SOFT TISSUE REPLACEMENT

Marszałek A.^{1,*}, Ścisłowska-Czarnecka A.², Gajek M.¹, Stodolak-Zych E.¹

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

²Akademia Wychowania Fizycznego, Wydział Rehabilitacji Ruchowej, Instytut Nauk Stosowanych, Kraków 31-571, Polska

*amarszalek@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Polikaprolakton, poli(fluorek winylidenu), elektroprzędzenie, medycyna rekonstrukcyjna

Streszczenie

Elektroprzędzone materiały włókniste cieszą się od lat zainteresowaniem ze strony medycyny rekonstrukcyjnej i regeneracyjnej. Ich mikrostruktura z jednej strony zapewnia wytrzymałość implantu i możliwość jego dopasowania do kształtu ubytku w warunkach sali operacyjnej, z drugiej strony włókna mogą mimikować elementy macierz zewnątrzkomórkową (ECM), stanowiąc rusztowanie dla komórek.

Tym samym nadają się zarówno do uzupełniania ubytków tkanek miękkich jak i jako podłoża dla inżynierii tkankowej. Dodatkowym atrybutem metody formowania jaką jest elektroprzędzenie jest możliwość wykorzystania wielu polimerów wykazujących choćby minimalne właściwości włóknotwórcze [1].

Celem badań było wytworzenie włókien monopolimerowych z polikaprolaktonu (PCL, Sigma-Aldrich, M_w ~80 kDa) lub poli(fluorku winylidenu) (PVDF, Sigma-Aldrich, M_w ~275 kDa) oraz z włóknin dwupolimerowych z wykorzystaniem metody elektroprzędzenia sekwencyjnego oraz konkurencyjnego. Otrzymane materiały zostały scharakteryzowane pod względem mikrostruktury włókien oraz rozkładu ich wielkości za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (Apreo 2 SEM, ThermoFisher Scientific). Przebadano właściwości fizykochemiczne takie jak zwilżalność oraz swobodną energię powierzchniową (goniometr DSA 25 KRÜSS). Dodatkowo włókniny zostały poddane badaniom mechanicznym: statycznej próbie rozciągania w celu sprawdzenia wytrzymałości mechanicznej (RetroLine ZwickRoell). Właściwości biologiczne w postaci określenia żywotności komórek i cytotoksyczności zostały zbadane w kontakcie komórek linii makrofagów (RAW 243) z wytworzonymi materiałami.

Na podstawie badań wykazano, że włókniny monopolimerowe cechują się dwumodalnym rozkładem wielkości włókien. Wszystkie otrzymane materiały włókniste posiadały własności hydrofobowe (kąąt zwilżania powyżej 100°) oraz cechowały się wysoką wytrzymałością na rozciąganie (powyżej 1MPa). Badania biologiczne potwierdziły biogodność wytworzonych podłoży. Widoczna jest zależność pomiędzy składem i warunkami elektroprzędzenia włókien a właściwościami mechanicznymi, fizykochemicznymi i biologicznymi finalnych materiałów.

Podziękowania

Praca została zrealizowana dzięki subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (projekt nr 16.16.160.557)

Literatura

- [1] Nathani K., Damani M., Mangrulkar S., Sawarkar S., Polymeric nanofibers derived therapeutic approach for skeletal muscle regeneration: The promising future of muscle repair, *J Drug Deliv Sci Technol* 94 (2024) 105503

ODZYSK JONÓW Pd(II) Z ROZTWORÓW WODNYCH PRZY UŻYCIU WĘGLA AKTYWNEGO OTRZYMANEGO W JEDNOETAPOWEJ SYNTEZIE Z NASION WIŚNI

RECOVERY OF Pd(II) IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS USING ACTIVATED CARBON OBTAINED IN A SINGLE-STAGE SYNTHESIS FROM CHERRY SEEDS

Michałek T.^{1,*}, Wojnicki M.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Metali Nieżelaznych, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*tomaszm@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Recykling, Adsorpcja, Pallad, Ekologia

Streszczenie

Procesy sorpcyjne są szeroko stosowane w zastosowaniach środowiskowych i przemysłowych do usuwania zanieczyszczeń [1], a także do odzyskiwania cennych metali z roztworów wodnych [2]. Aktywowane węgle są uznawane za jeden z najbardziej wszechstronnych sorbentów ze względu na ich wysoką powierzchnię właściwą, mikroporowatość oraz zdolność adsorpcji różnych metali ciężkich [3]. Wykorzystanie węgla aktywnych jako sorbentów może być dodatkowo ekologiczne, ponieważ można je produkować z odpadowej biomasy produkowanej przez przemysł.

Węgla aktywne zostały wyprodukowane w procesie pirolizy zmielonych nasion wiśni. Zbadano wpływ temperatury i czasu karbonizacji. Wykorzystując metodę BET, określono powierzchnię aktywowanych węgli oraz dystrybucję porów, natomiast obrazy SEM dostarczyły dodatkowych informacji na temat struktury powierzchni. Badanie FT-IR umożliwiło jakościowo ocenić różnicę w ilości grup funkcyjnych pomiędzy węglami. Do testów adsorpcyjnych wykorzystano kompleksowe jony chlorkowe Pd(II). Stwierdzono, że otrzymane aktywowane węgle były odpowiednie do odzysku palladu z rozcieńczonych roztworów wodnych. Spośród badanych parametrów syntezy węgla, optymalnymi okazała się temperatura 500 °C oraz czas pirolizy wynoszący 3 godziny.



Rysunek 1. Ogólny schemat przeprowadzonych badań [4].

Literatura

- [1] Yin, C.Y., Aroua, M.K., Daud, W.M.A.W., Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions. *Sep. Purif. Technol.* 52 (2007) 403-415
- [2] Mpinga, C.N., Bradshaw, S.M., Akdogan, G., Snyders, C.A., Eksteen, J.J., The extraction of Pt, Pd and Au from an alkaline cyanide simulated heap leachate by granular activated carbon. *Miner. Eng.* 55 (2014) 11-17
- [3] Lo, S.F., Wang, S.Y., Tsai, M.J., Lin, L.D., Adsorption capacity and removal efficiency of heavy metal ions by Moso and Ma bamboo activated carbons. *Chem. Eng. Res. Des.* 90 (2012) 1397-1406
- [4] Michałek, T., Wojtaszek, K., Małecki, S., Kornaus, K., Wandor, S., Druciarek, J., Fitzner, K., Wojnicki, M., Recovery of Pd(II) Ions from Aqueous Solutions Using Activated Carbon Obtained in a Single-Stage Synthesis from Cherry Seeds. *C.* 9 (2023) 46

WPŁYW DODATKU OLEJKÓW ETERYCZNYCH I ICH SKŁADNIKÓW NA MORFOLOGIĘ I WŁAŚCIWOŚCI POWIERZCHNI POWŁOK O OSNOWIE CHITOZANU OSADZANYCH ELEKTROFORETYCZNIE

INFLUENCE OF THE ADDITION OF ESSENTIAL OILS AND ITS COMPONENTS ON MORPHOLOGY AND SURFACE PROPERTIES OF CHITOSAN-BASED COATINGS DEPOSITED ELECTROPHORETICALLY

Mielczarek M.^{1,*}, Moskalewicz T.¹

¹AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, ul. Czarnowiejska 66, Kraków, 30-054, Polska

*mmielcz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Chitozan, olejki eteryczne, powłoki, EPD

Streszczenie

Naturalny biopolimer chitozan jest jednym z najczęściej używanych materiałów do wytwarzania powłok do zastosowań biomedycznych ze względu na dużą biogodność i właściwości przeciwdrobnoustrojowe [1]. Jest on także często podstawowym składnikiem powłok kompozytowych osadzanych elektroforetycznie [2]. Do osnowy chitozanu wprowadzane są składniki aktywne, które zwiększają bioaktywność, właściwości przeciwdrobnoustrojowe czy odporność na korozję elektrochemiczną. Jednymi z obiecujących dodatków dla poprawy właściwości antybakteryjnych chitozanu są olejki eteryczne oraz ich składniki [2], [3].

W niniejszej pracy skoncentrowano się na ocenie wpływu olejków eterycznych (cytronelowy typ Java, cynamonowy z liści, cynamonowy z kory, tymiankowy) oraz ich składników (citronellol, aldehyd cynamonowy, tymol, karwakrol) na morfologię i właściwości powierzchni powłok o osnowie chitozanu osadzonych elektroforetycznie na podłożach tytanu technicznego Grade 1. Wykazano różnice w morfologii powierzchni powłok w zależności od użytego składnika i jego stężenia w układzie dyspersyjnym stosowanym do osadzania. Stwierdzono, że w większości przypadków zwiększenie stężenia olejku bądź jego składnika w układzie dyspersyjnym skutkowało zmniejszeniem adhezji powłok do podłoża. Analiza kąta zwilżania dla wody pokazała, że większość powłok kompozytowych miała większą zwilżalność (kąąt zwilżania w zakresie 70-90°) od powłok jednoskładnikowych chitozanu (kąąt zwilżania około 100°). Powłoki kompozytowe miały także większą swobodną energię powierzchniową od powłok chitozanu.

Na podstawie otrzymanych wyników wybrano najbardziej perspektywiczne powłoki, które zostaną poddane w przyszłości badaniom mikrobiologicznym oraz odporności na korozję elektrochemiczną.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane w całości przez Narodowe Centrum Nauki (projekt nr DEC-2022/45/B/ST5/00242).

Literatura

- [1] M. Asim Akhtar, C. E. Mariotti, B. Conti, and A. R. Boccaccini, 'Electrophoretic deposition of ferulic acid loaded bioactive glass/chitosan as antibacterial and bioactive composite coatings', *Surf. Coat. Technol.*, vol. 405, p. 126657, 2021, doi: 10.1016/j.surfcoat.2020.126657.
- [2] M. Mielczarek, J. Marchewka, K. Kowalski, Ł. Cieniek, M. Sitarz, and T. Moskalewicz, 'Effect of tea tree oil addition on the microstructure, structure and selected properties of chitosan-based coatings electrophoretically deposited on zirconium alloy substrates', *Appl. Surf. Sci.*, vol. 609, p. 155266, 2023, doi: 10.1016/j.apsusc.2022.155266.
- [3] M. Mielczarek *et al.*, 'Influence of the EPD route and surface preparation of titanium substrates on the microstructure, surface topography and usage properties of chitosan coatings incorporated in Tea Tree Oil and Terpinen-4-ol', *Appl. Surf. Sci.*, vol. 655, 2024, doi: 10.1016/j.apsusc.2024.159626.

SENSORY OPARTE NA BARWNIKACH AZOWYCH DO OZNACZANIA ŚLADOWYCH ILOŚCI JONÓW Pd(II) W ROZTWORACH

AZO-DYE BASED SENSORS FOR THE DETERMINATION OF TRACE AMOUNTS OF Pd(II) IONS IN SOLUTIONS

Pach A.^{1,*}, Luty-Błocho M.¹, Podborska A.²

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Metali Nieżelaznych,
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

²Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Akademickie Centrum Materiałów
i Nanotechnologii, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

*apach@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

czujnik chemiczny, selektywne oznaczanie jonów Pd(II), kompleksy metaloorganiczne, barwniki azowe, spektrofotometria UV-Vis

Streszczenie

Prawidłowe oznaczenie palladu w roztworach odpadowych jest ważnym zagadnieniem w rozwoju skutecznych metod recyklingu tego metalu z zanieczyszczeń. Kluczowym aspektem w procesie oznaczania palladu w roztworach jest precyzyjne określenie nawet minimalnych ilości tego pierwiastka w odpadach oraz prawidłowe określenie jego zawartości w obecności metali o podobnych właściwościach (głównie w obecności platyny). W niniejszej pracy opracowano selektywny czujnik chemiczny do wykrywania śladowych ilości jonów Pd(II) w roztworach. Działanie czujnika opiera się na reakcji jonów Pd(II) z barwnikami azowymi, w wyniku czego otrzymuje się barwny kompleks o charakterystycznym widmie UV-Vis. Zbadano wpływ struktury związków azowych na tworzenie się kompleksów metaloorganicznych z jonami Pd(II) w roztworach wodnych. Wykazano, że możliwe jest ilościowe i jakościowe oznaczanie jonów Pd(II) w obecności barwnika azowego: tropeoliny OO. Optymalizując warunki tworzenia kompleksu, oznaczanie jonów Pd(II) przeprowadzono w obecności anionów chlorkowych i chloranowych oraz kationów metali pochodzących z dysocjacji soli chloranowych. Oznaczanie jonów Pd(II), badania zostało również przeprowadzone w obecności jonów platyny Pt(II) i Pt(IV). Z uwagi na dużą czułość metod spektrofotometrycznych na początkowe stężenia składników, pomiary prowadzono w szerokim zakresie stężeń reagentów. Znajomość widm pierwotnych reagentów oraz zrozumienie procesu formowania kompleksów metaloorganicznych umożliwia precyzyjne oznaczanie jonów palladu w obecności anionów i kationów. Wykorzystanie prawa Lamberta-Beera pozwala na dokładne określenie stężenia jonów palladu w badanym roztworze.

Literatura

- [1] Marczenko, Z. Spektrofotometryczne Oznaczanie Pierwiastków, 3rd ed.; Państwowe Wydawnictwo Naukowe: Warszawa, Poland, 1979; pp. 19-20; 65-68.
- [2] Luty-Błocho, M.; Podborska, A.; Musielak, B.; Hessel, V. The specialized twin-solution method for selective Pd(II) ions determination and methyl orange removal. *J. Mol. Liq.* 2021, 340.

TERMOCHROMOWE ORGANICZNE MATERIAŁY FAZOWO-ZMIENNE DO AKUMULACJI ENERGII CIEPLNEJ

THERMOCHROMIC ORGANIC PHASE CHANGE MATERIALS FOR THERMAL ENERGY STORAGE

Paprota N.^{1,*}, Pielichowska K.¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
*npaprota@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

materiały fazowo-zmienne, termochromizm, akumulacja energii cieplnej

Streszczenie

Magazynowanie ciepła utajonego z wykorzystaniem materiałów fazowo-zmiennych (PCM) jest jedną z najbardziej preferowanych form akumulacji nadmiarowej energii. PCM wykorzystują utajone ciepło przemiany fazowej do kontrolowania temperatur w określonym zakresie. Do magazynowania energii cieplnej można stosować materiały charakteryzujące się różnymi rodzajami przejść fazowych (ciało stałe-ciecz, ciało stałe-ciało stałe, ciało stałe-gaz, ciecz-gaz). Jednak ze względu na najmniejsze zmiany objętości podczas przejścia fazowego, najpopularniejsze są PCM z przejściami fazowymi ciało stałe-ciecz i ciało stałe-ciało stałe [1,2]. W materiałach fazowo-zmiennych akumulacja lub uwalnianie energii cieplnej zachodzi na skutek przejścia fazowego, co pozwala na zmagazynowanie dużej ilości ciepła w niewielkiej masie i objętości materiału. Zastosowanie dodatkowych właściwości termochromowych umożliwia obserwację zmian koloru termochromowych materiałów fazowo-zmiennych (TPCM) podczas przejścia fazowego. Dzięki temu wizualizacja procesu zmiany fazy jest bardziej intuicyjna i prostsza [3], [4].

Niniejsza praca miała na celu zbadanie termochromowych oraz termicznych właściwości termochromowych materiałów fazowo-zmiennych. Składnikami układów termochromowych były kwasy tłuszczowe, alkohole tłuszczowe oraz purpura bromokrezolowa stosowana jako barwnik. Badane materiały charakteryzują się wysokimi wartościami entalpii przemian fazowych, dobrą stabilnością termiczną i odwracalnymi właściwościami termochromowymi. Wyniki badań wykazały, że materiały te mają duży potencjał w zastosowaniu jako termochromowe materiały fazowo-zmienne.

Podziękowania

Praca ta została sfinansowana z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Projekt nr 16.16.160.557) oraz z Programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej.

Literatura

- [1] Pielichowska K, Pielichowski K. Phase change materials for thermal energy storage. Prog. Mater. Sci. 2014;
- [2] Zhang W, Ji X, Zeng C, Yin Y, Wang C. A sultone-based reversible dark red-yellow conversion thermochromic colorant with adjustable switching temperature. Color. Technol. 2019.
- [3] Li Z, Wu X, Wu N, Fan Y, Sun X, Song T, Zhong Q. Shape-Stabilized Thermochromic Phase-Change Materials. J. Thermophys. Heat Transf. 2018.
- [4] Günther E, Hiebler S, Mehling H, Redlich R. Enthalpy of phase change materials as a function of temperature: Required accuracy and suitable measurement methods. Int J Thermophys, 2009.

ANALIZA WPŁYWU MODELU ZARODKOWANIA NA CHARAKTERYSTYKĘ ROZROSTU ZIAREN W SYMULACJI REKRYSYALIZACJI DYNAMICZNEJ METODĄ LOSOWYCH AUTOMATÓW KOMÓRKOWYCH

ANALYSIS OF NUCLEATION MODEL IMPACT ON GRAIN GROWTH CHARACTERISTICS IN DYNAMIC RECRYSTALLIZATION SIMULATION USING RANDOM CELLULAR AUTOMATA METHOD

Pawlikowski K.^{1,*}, Sitko M.¹, Madej Ł.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej,
al. A. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska
*kpawliko@agh.edu.pl

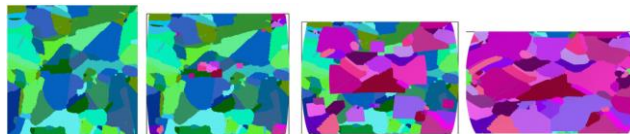
Słowa Kluczowe

Modelowanie, rekryształizacja dynamiczna, losowe automaty komórkowe

Streszczenie

Symulacje numeryczne pozwalają wspomóc zrozumienie zjawisk i mechanizmów kontrolujących ewolucję mikrostruktury materiału zachodzącą w trakcie przeróbki cieplno-mechanicznej, co jest kluczowe z punktu widzenia projektowania nowych materiałów i technologii. Metoda automatów komórkowych (CA) jest często stosowana do modelowania zmian mikrostrukturalnych w materiałach metalicznych ponieważ zapewnia możliwość bezpośredniej obserwacji zmian zachodzących na poziomie pojedynczych ziaren. Jednak przy dużych odkształceniach plastycznych i wysokich temperaturach, typowych dla zjawiska rekryształizacji dynamicznej (DRX), metoda CA napotyka ograniczenia związane ze zmianami kształtu obszaru obliczeniowego. Istnieją techniki uwzględnienia odkształcenia w regularnych siatkach CA [1], lecz mogą one wprowadzać istotne błędy numeryczne. Rozwiązaniem, które pozwala bezpośrednio odwzorować wpływu odkształcenia domeny obliczeniowej na proces rekryształizacji dynamicznej jest podejście hybrydowe łączące losowe automaty komórkowe RCA, oraz metodę elementów skończonych (FE).

W ramach pracy skupiono się na implementacji modelu zarodkowania i rozrostu w przestrzeni RCAFÉ oraz wyznaczeniu ich parametrów. W tym celu zintegrowano modele znane z literatury [2, 3] z opracowanym algorytmem RCAFÉ, przeprowadzono symulacje rekryształizacji dynamicznej dla różnych parametrów (Rys. 1) oraz porównano wyniki z danymi eksperymentalnymi.



Rysunek 2 Symulacja procesu rekryształizacji dynamicznej podczas próby spęczania próbki modelowego stopu austenitu

Podziękowania

Praca realizowana w ramach projektu Narodowego Centrum Nauki nr 2019/35/B/ST8/00046.

Literatura

- [1] Chen F., Cui Z., Liu J., Chen W., Chen S., Mesoscale simulation of the high-temperature austenitizing and dynamic recrystallization by coupling a cellular automaton with a topology deformation technique, *Mater. Sci. Eng.* 527 (2010) 21-22,
- [2] Ding R, Guo Z X. Coupled quantitative simulation of microstructural evolution and plastic flow during dynamic recrystallization. *Acta Mater* 49 (2001) 3163-3175
- [3] Kugler G, Turk R. Modeling the dynamic recrystallization under multi-stage hot deformation. *Acta Mater* 52 (2004) 4659-4668

ANALIZA KRYSZTAŁIZACJI W AMORFICZNYM STOPIE $Mg_{72}Zn_{27}Cu_1$ O PRZEZNACZENIU BIOMEDYCZNYM

ANALYSIS OF CRYSTALLIZATION IN AN AMORPHOUS ALLOY $Mg_{72}Zn_{27}Cu_1$ FOR BIOMEDICAL PURPOSES

Pierwoła A.^{1,*}

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Odlewnictwa, al. Mickiewicza
30, Kraków, 30-059, Polska
*pierwola@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Szko metaliczne, materiały biomedyczne, kinetyka krystalizacji

Streszczenie

Materiały biomedyczne są nieustannie rozwijane i ulepszone. W przypadku tymczasowych implantów (np. śrub stabilizujących kości, stenów) obserwuje się poszukiwanie materiałów, które z czasem i w bezpieczny sposób rozтворzą się w organizmie. Idealnym kandydatem wydają się być szkła metaliczne na bazie pierwiastków występujących naturalnie w organizmie tj. magnez i cynk. Ich struktura amorficzna będzie z czasem ulegać krystalizacji i jednocześnie korodować. Procesy te następują z różną szybkością i silnie zależą od składu chemicznego. Zwrócono uwagę, że niewielki dodatek antybakteryjnej miedzi do stopu Mg-Zn jest nietoksyczny, a może pozytywnie wpłynąć na stabilność szkła metalicznego i jeszcze bardziej poprawić odporność korozyjną.

Z krystalicznego $Mg_{72}Zn_{27}Cu_1$ za pomocą przędzenia ze stopu (ang. meltspinning) uzyskano cienkie tasiemki. Ich amorficzność została potwierdzona za pomocą XRD oraz SEM. Tasiemki wygrzewano nieizotermicznie w DSC z szybkościami 5, 10, 20, 40 i 80 K/min od temperatury otoczenia do stopienia. Dla każdego pomiaru wyznaczono temperatury odpowiadające zeszkleniu T_g oraz początku T_x i maksimum T_p obu pików krystalizacji. Wartości charakterystycznych temperatur rosną wraz z szybkością wygrzewania, a zakresy temperatur wynoszą odpowiednio: dla T_g – 376,64–410,11 K, dla T_{x1} – 387,20–424,06 K, dla T_{p1} – 393,76–434,08 K, dla T_{x2} – 487,92–579,91 K oraz dla T_{p2} – 502,72–591,59 K.

Następnie na podstawie otrzymanych danych wyznaczono energie aktywacji poszczególnych przemian (oraz lokalne energie aktywacji) wykorzystując metodę Kissingera (KAS). Wartości wynoszą odpowiednio $E_g = 98,50$ kJ/mol, $E_{x1} = 95,15$ kJ/mol, $E_{p1} = 89,91$ kJ/mol, $E_{x2} = 62,01$ kJ/mol, $E_{p2} = 67,31$ kJ/mol. Wskazuje to na większą barierę energetyczną podczas zeszklenia niż krystalizacji, jednakże świadczy o wystarczającej stabilności szkła metalicznego. Wykorzystując metodę Jeziorny-Avrami obliczono średni współczynnik Avramiego n i stałą szybkości reakcji k . Dla pierwszego pików $n = 1,82$ – $2,57$ i $k = 0,049$ – $0,137$; dla drugiego pików $n = 2,06$ – $3,11$ i $k = 0,054$ – $0,070$. Wynika z tego, że krystalizacja opiera się głównie na jedno- i dwuwymiarowym wzroście kryształów przy stałej/malejącej szybkości zarodkowania. Wartości n i k maleją wraz ze wzrostem szybkości wygrzewania, zatem im niższa szybkość ogrzewania, tym wyższa szybkość zarodkowania. Można to wytłumaczyć niewystarczającym czasem potrzebnym na równy wzrost kryształów.

Ponadto zachowanie n jest charakterystyczne dla wygrzewania nieizotermicznego i może mieć związek z zarodkowaniem atermalnym przy wyższych szybkościach grzania. Badania XRD potwierdzają występowanie dwóch wyraźnych pików krystalizacji. Ponadto wskazują na obecność faz α -Mg i $Mg_{12}Zn_{13}$.

Podziękowania

Finansowanie z projektu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza”, nr 501.696.7996

OKREŚLENIE ZDOLNOŚCI DO ZESZKLENIA STOPÓW Z UKŁADU Zr-Cu-Al ZA POMOCĄ BADAN STRUKTURALNYCH I OBSERWACJI MIKROSKOPOWYCH

DETERMINATION OF THE GLASS-FORMING ABILITY OF ALLOYS FROM THE ZR-CU-AL SYSTEM USING STRUCTURAL ANALYSIS AND MICROSCOPIC OBSERVATIONS

Pikulski D.^{1,*}, Koziel T.¹, Pajor K.¹, Gondek Ł.²

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Czarnowiejska 66, Kraków, 30-059, Polska

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Władysława Reymonta 19, Kraków, 30-059, Polska

*dapikulski@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Stopy Zr-Cu-Al, zdolność do zeszklenia, masywne szkła metaliczne, metoda suction casting.

Streszczenie

Przedstawiona praca dotyczy syntezy i charakterystyki stopów Cu-Zr-Al, gdzie głównym celem jest poprawa ich właściwości mechanicznych poprzez tworzenie kompozytów amorficzno-krystalicznych [1]. Zbadanie czynników wpływających na powstawanie fazy B2 CuZr podczas krzepnięcia i występowanie przemiany martenzytycznej, może przyczynić się do rozwoju komercyjnych zastosowań tych materiałów.

Szklą metaliczne są bardzo obiecujące w zastosowaniach inżynierskich, oferując unikalne właściwości, takie jak wysoka wytrzymałość i odporność na korozję. Jednak ich kruchość ogranicza powszechne zastosowanie tych materiałów w sytuacjach obciążeniowych. Aby przezwyciężyć to ograniczenie, bada się kompozyty masywnych szkieł metalicznych, ze szczególnym uwzględnieniem stopów Cu-Zr-Al [2]. Poprzez wprowadzenie faz krystalicznych do osnowy amorficznej, kompozyty te mają na celu połączenie doskonałych właściwości szkieł metalicznych z ciągliwością materiałów krystalicznych.

W pracy badamy trzy grupy stopów z układu trójskładnikowego Cu-Zr-Al odlanych w piecu łukowym w atmosferze ochronnej argonu. Próbkę odlaliśmy o średnicy od 5 mm do 10 mm przy różnych temperaturach chłodzenia, zapewniając wytworzenie podczas krzepnięcia fazy B2 CuZr, która przekształca się w fazę B19' podczas odkształcenia, powodując umocnienie materiału [3]. Strukturę próbek scharakteryzowaliśmy metodą dyfrakcji promieni rentgenowskich, a ilość wydzieleni krystalicznych obliczyliśmy za pomocą mikroskopii świetlnej. Skład chemiczny próbek zbadaliśmy za pomocą spektroskopii dyspersji energii podczas obserwacji elektronowym mikroskopem skaningowym. Kolejne planowane badania to ścisnienie oraz analiza termiczna, w celu określenia właściwości mechanicznych oraz charakterystycznych temperatur i zdolności do zeszklenia czy tendencji do tworzenia fazy B2 podczas krzepnięcia.

Literatura

- [1] T. Koziel, Masywne szkła metaliczne i kompozyty o osnowie amorficznej w stopach Cu-Zr-Al, nr 341, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2019.
- [2] J. Qiao, H. Jia, P.K. Liaw, Metallic glass matrix composites, Mater. Sci. Eng. R Reports, vol. 100 (2016) 1-69.
- [3] J.B. Li, J.S.C. Jang, C. Li, S.R. Jian, P.H. Tsai, J.D. Hwang, J.C. Huang, T.G. Nieh, Significant plasticity enhancement of ZrCu-based bulk metallic glass composite dispersed by in situ and ex situ Ta particles, Mater. Sci. Eng. A, vol. 551 (2012) 249-254.

MODEL DYNAMICZNY PROCESU ODSIARCZANIA SURÓWKI WIELKOPIECOWEJ W KADZI

DYNAMIC MODEL OF HOT METAL DESULFURIZATION PROCESS IN LADLE

Podolska-Loska A.^{1,2,*}

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej,
ul. Czarnowiejska 66, Kraków, 30-059, Polska

² ArcelorMittal Poland S.A, Al. Piłsudskiego 92, Dąbrowa Górnicza, 41-308, Polska
*podolska@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Surówka wielkopieczowa, odsiarczanie, modelowanie matematyczne

Streszczenie

Celem prowadzonych badań dotyczących procesu odsiarczania surówki wielkopieczowej w kadzi zalewowej jest stworzenie dynamicznego modelu matematycznego, który uwzględni zarówno aspekty kinetyczne, jak i termodynamiczne procesu [1]. Ma to na celu zwiększenie dokładności przewidywania

i uzyskiwania poziomu zawartości siarki w surówce, a także optymalizację kosztów procesu. Modelując fizycznie zjawisko mieszania kąpieli metalicznej, udało się określić wpływ sposobu podawania środka odsiarczającego na czas całkowitego wymieszania kąpieli metalicznej. Pozwoliło to określić dystrybucję reagentów w kąpieli metalicznej, co wpłynęło na dalsze etapy badań.

Stosując teorię reaktorów elementarnych [2] i wzbogacając ją o obliczenia równowagi termodynamicznej z wykorzystaniem programu Fact Sage [3], możliwe będzie modelowanie zmiany zawartości siarki podczas procesu odsiarczania w poszczególnych reaktorach elementarnych. Takie podejście do problemu pozwoli na zastosowanie rozwiązania, które umożliwi dokładne śledzenie procesu usuwania siarki z kąpieli metalicznej w zadanym przedziale czasowym. Takie wykorzystanie wiedzy z zakresu kinetyki procesu i aspektów termodynamicznych może prowadzić do jeszcze lepszej kontroli procesu odsiarczania surówki.

Podziękowania

Autor składa podziękowania firmie ArcelorMittal Poland S.A. za udostępnienie danych procesowych umożliwiających przeprowadzenie badań. Badania realizowane są w ramach Programu Doktorat Wdrożeniowy finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr kontraktu DWD/05/0190/2021 z dnia 29.12.2021

Literatura

- [1] Zou Z., Zou Y., Zhang L., Wang N., Mathematical Model of Hot Metal Desulphurization by Powder Injection, ISIJ International (2001), vol. 41, 66-69
- [2] Falkus J., Fizyczne i matematyczne modelowanie procesów mieszania kąpieli metalowej w reaktorach metalurgicznych, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 1998
- [3] Kargul T., Falkus J., A Hybrid Model of Steel Refining in The Ladle Furnace, Steel Research International (2010), vol. 11, 953-958

WYKORZYSTANIE ODPADÓW CELULOZOWYCH W PRODUKCJI KRUSZYW LEKKICH

USE OF CELLULOSE WASTE IN LIGHTWEIGHT AGGREGATES PRODUCTION

Prewendowski S.^{1,*}, Panna W.², Szumera M.¹

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

²Akademia Tarnowska, Wydział Politechniczny, Katedra Technologii i Zarządzania Produkcją, ul. A. Mickiewicza 8, 33-100 Tarnów

*prewendo@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Odpady celulozowe, kruszywa lekkie, surowce ilaste, recykling odpadów organicznych, minerały ilaste

Streszczenie

Przedmiotem pracy jest charakterystyka kruszyw lekkich przeznaczonych do celów budowlanych na przykładzie surowca krzemionkowo-ilastego z południowo-wschodniej Polski (złoże Dylągówka-Zapady).

Podstawowym celem badań jest ocena możliwości zagospodarowania nagromadzonych odpadów organicznych (celulozowych) poprzez włączenie ich do cyklu produkcyjnego kruszyw lekkich. Magazynowanie wspomnianych odpadów jest szczególnie problematyczne dla zakładów przetwórczych i organów samorządu terytorialnego, ponieważ m.in. wiąże się z wysokimi kosztami ich utylizacji/magazynowania w skali roku. Z uwagi na to, w oparciu o patent [1], podjęto próbę potwierdzenia założeń technologii wypalania granulatu ilastego, który może być wykorzystany do celów zootechnicznych, rolniczych i budowlanych. W prowadzonych badaniach dokonano jakościowej oceny zachodzących przemian fizykochemicznych surowca ilasto-krzemionkowego, po dodaniu do jego składu surowcowego, określonych ilości odpadu celulozowego (10% wag., 20% wag. i 30% wag.). Wykorzystano w tym celu metody termiczne, takie jak termodylatometria (TD), mikroskopia wysokotemperaturowa z analizą obrazu (IA-HSM) oraz różnicowa kalorymetria skaningowa z termograwimetrią (DSC/TG) i z analizą wydzielanych produktów gazowych (QMS). Na podstawie wymienionych powyżej metod ustalono m.in. zakres temperaturowy, w którym proces spiekania surowca zachodzi bez widocznego efektu jego zagęszczenia. Do otrzymania wypalanego granulatu wykorzystano zakres temperatur 850-950 °C, który został przetestowany jako materiał na kruszywa lekkie. Warto podkreślić, iż redukcja temperatury wypalania granulatów przekłada się jednoznacznie na znaczne obniżenie kosztów produkcji, co stanowi kluczową kwestię w skali przemysłowej.

Podziękowania

Praca ta została wykonana w ramach dofinansowania działalności statutowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki (16.16.160.557).

Literatura

- [1] Kukułka A., Panna W., Kulik G. 2019 - Sposób produkcji mączki surowcowej, ilastego granulatu suszonego oraz ilastego granulatu wypalanego oraz linia produkcji mączki surowcowej, ilastego granulatu suszonego oraz ilastego granulatu wypalanego. PAT - P.429284 Warszawa.

OPTIMALIZACJA PROCESU OTRZYMYWANIA I OCENA BIOLOGICZNA CZĄSTEK Z WĘGLANU WAPNIA

OPTIMALIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS AND BIOLOGICAL EVALUATION OF CALCIUM CARBONATE PARTICLES

Pudelko-Prażuch I.^{1,*}, Wojtanek K.¹, Pamuła E.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,
Katedra Biomateriałów i Kompozytów, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*ipudelko@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Cząstki CaCO₃, alendronian sodu, dostarczanie leku, komórki MG-63, regeneracja tkanki kostnej

Streszczenie

Węglan wapnia, jako naturalny minerał jest szeroko badany pod kątem różnych zastosowań medycznych [1]. Jest to materiał biokompatybilny z tkanką kostną, który charakteryzuje się dużą podatnością na degradację i dużą osteokonduktywnością [2]. Wielu badaczy bada CaCO₃ w postaci cząstek jako kandydata do zastosowania w systemach dostarczania leków [3]. W niniejszej pracy przedstawiono optymalizację procesu wytwarzania cząstek CaCO₃ metodą strącania z wykorzystaniem kombinacji różnych czasów działania ultradźwięków i stosowanych stężeń środka powierzchniowo czynnego. W zależności od zastosowanych warunków wytworzono cząstki o różnych rozmiarach. Cząstki zostały załadowane alendronianem sodu (Aln, 5% lub 10% wagowo) ze stosunkowo wysoką efektywnością enkapsulacji między 40 a 50%, w zależności od ilości dodanego Aln; załadowanie lekiem wynosiło 9% w obu przypadkach. Przeprowadzono ocenę cytotoksyczności poprzez kontakt 10% (w/v) ekstraktów z wytworzonych cząstek z osteoblastopodobnymi komórkami MG-63. Żaden z badanych ekstraktów nie okazał się cytotoksyczny. Ponadto przeprowadzono badanie *in vitro* w bezpośrednim kontakcie komórek MG-63 z cząstkami zawieszonymi w medium hodowlanym. Wyniki wykazały, że wytworzone cząstki są cytokompatybilne z komórkami MG-63. Jednakże, im wyższe stężenie zawiesiny cząstek i im większa ilość alendronianu obecnego w roztworze, tym niższa była aktywność metaboliczna komórek. Przedstawiona metoda wytwarzania cząstek CaCO₃ jest prosta, ekonomiczna i pozwala na wytwarzanie cząstek o wymaganym rozmiarze i kształcie, które są cytokompatybilne z komórkami MG-63 w określonych stężeniach zawiesin cząstek.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane z programu "Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza" oraz subwencji (nr 16.16.160.557) dla Akademii Górniczo-Hutniczej. Autorzy kierują również podziękowania do pracowników Laboratorium Mikroskopii Elektronowej Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH w Krakowie.

Literatura

- [1] L. Li, Y. Yang, Y. Lv, P. Yin, and T. Lei, Porous calcite CaCO₃ microspheres: Preparation, characterization and release behavior as doxorubicin carrier, *Colloids Surf. B Biointerfaces*, 186 (2020) 110720
- [2] A. M. Ferreira, A. S. Vikulina, and D. Volodkin, CaCO₃ crystals as versatile carriers for controlled delivery of antimicrobials, *J. Controlled Release*, 328 (2020) 470-489
- [3] T. Yang, Y. Ao, J. Feng, C. Wang, and J. Zhang, Biomineralization inspired synthesis of CaCO₃-based DDS for pH-responsive release of anticancer drug, *Mater. Today Commun.*, 27 (2021) 102256

W POSZUKIWANIU WODORKÓW W UKŁADZIE REPdAl (RE - PIERWIASTEK ZIEMI RZADKIEJ) IN SEARCH OF HYDRIDES IN REPdAl (RE - RARE EARTH ELEMENT) SYSTEM

Robótka P.^{1,*}, Gondek Ł.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki
Stosowanej, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*probotka@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

związki międzymetaliczne, wodorki metali, struktura krystaliczna

Streszczenie

W ostatnich latach, związki międzymetaliczne bazujące na metalach ziem rzadkich znalazły szerokie zastosowanie w magazynowaniu wodoru, ze względu na swoją bezpieczną i efektywną metodę przechowywania, jak również odwracalność reakcji. Właściwości strukturalne związków RePdAl (gdzie Re - pierwiastki ziem rzadkich) są notowane w literaturze od lat 90tych. Struktura krystaliczna tej serii związków jest heksagonalna, typu ZrNiAl (grupa przestrzenna nr 189) [1]. Seria ta jest interesująca z wielu powodów. W związkach RePdAl magnetyczne atomy ziem rzadkich (Re) w płaszczyźnie bazowej układają się w trójkątną sieć będącą zdystortowaną siecią kagome [2]. Warto zaznaczyć, że związki oparte na ciężkich pierwiastkach ziem rzadkich krystalizują się w dwóch różnych strukturach: heksagonalnej, typu ZrNiAl, jako metastabilnej modyfikacji wysokotemperaturowej (HTM), oraz rombowej, typu TiNiSi, jako stabilnej modyfikacji niskotemperaturowej (LTM). Przejście izostrukturnalne zostało potwierdzone dla GdPdAl oraz TbPdAl, natomiast jego brak potwierdzono dla DyPdAl oraz HoPdAl [3, 4, 5, 6]. Chociaż związki te są znane od dłuższego czasu, w literaturze wciąż nie ma doniesień na temat możliwości wodorowania. Seria związków RePdAl została poddana badaniu absorpcji wodoru używając metody Sievertsa. Badania absorpcji wodoru przez te związki pokazały, że dla związków z lekkimi pierwiastkami ziem rzadkich koncentracja wodoru osiąga ~2 H/f.u..

Literatura

- [1] K. Prokes, P. Manuel, D. T. Adroja, H. Kitazawa, T. Goto, Y. Isikawa, Magnetic order in CePdAl single crystal: Effect of magnetic field, *Physica B* 385-386, 359-362 (2006) DOI: 10.1016/j.jmmm.2006.10.071
- [2] H. Kitazawa, A. Donni, G. Kido, Magnetic properties of field oriented hexagonal TbPdAl, *Physica B* 281&282, 165-166 (2000) DOI: 10.1016/S0921-4526(99)01004-2
- [3] A. Donni, H. Kitazawa, P. Fischer, F. Fauth, Evidence for an isostructural phase transition in the metastable high-temperature modification of TbPdAl, *Journal of Alloys and Compounds* 289, 11-17 (1999) DOI: 10.1016/S0925-8388(99)00157-7
- [4] J. Kusz, H. Bohm, E. Talik, M. Skutecka, J. Deniszczyk, Isostructural phase transition in the GdPdAl single crystals, *Journal of Alloys and Compounds* 348, 65-71 (2003) DOI: 10.1016/S0925-8388(02)00849-6
- [5] E. Talik, M. Skutecka, J. Kusz, H. Bohm, Magnetic properties of DyPdAl, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 272-276, 767-768 (2004) DOI: 10.1016/j.jmmm.2003.11.242
- [6] E. Talik, M. Skutecka, T. Mydlarz, J. Kusz, H. Bohm, Role of hybridization in magnetic properties of DyPdAl single crystals, *Journal of Alloys and Compound* 391, 1-7 (2005) DOI: 10.1016/j.jallcom.2004.08.063

INNOWACYJNA TECHNOLOGIA WYTWARZANIA PIERŚCIENI WIELKOGABARYTOWYCH DO ZASTOSOWANIA W NAJTRUDNIEJSZYCH WARUNKACH EKSPLOATACJI W PRZEMYSŁE OKRĘTOWYM I OFFSHORE

AN INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING LARGE-SCALE RINGS FOR
USE IN THE MOST DEMANDING OPERATING CONDITIONS IN THE SHIPBUILDING
AND OFFSHORE INDUSTRY

Rokosz Z.^{1,*}, Kowalski J.¹, Kajpust S.¹

¹ ZARMEN FPA, Filarskiego 39, Zdzeszowice, 47-330, Polska

* Szczepan.Kajpust@zarmenfpa.pl

Słowa Kluczowe

stal, pierścienie kuto-walcowane, własności mechaniczne, mikrostruktura, jakość wewnętrzna

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań przemysłowych i prac rozwojowych zrealizowanych w ramach projektu pt. „Innowacyjna technologia wytwarzania pierścieni wielkogabarytowych do zastosowania w najtrudniejszych warunkach eksploatacji w przemyśle okrętowym i offshore”. Badania przemysłowe obejmowały m.in. opracowanie modeli materiałowych i charakterystyk wybranych gatunków stali oraz symulacje numeryczne procesów kształtowania i obróbki cieplnej pierścieni kuto-walcowanych. Na tej podstawie zdefiniowano wymagania dla parametrów termomechanicznych kucia i walcowania oraz parametrów obróbki cieplnej, które zostały zweryfikowane w oparciu o próby doświadczałne w warunkach laboratoryjnych. W ramach prac rozwojowych zaprojektowano nową kompleksową technologię wytwarzania pierścieni oraz założenia dla linii pilotażowej umożliwiającej zastosowanie zdefiniowanych parametrów procesowych. Rozwiązania te zostały zweryfikowane poprzez wykonanie symulacji numerycznych oraz badań jakościowych pierścieni prototypowych wytworzonych zgodnie z założoną technologią na dedykowanej linii pilotażowej w warunkach przemysłowych ZARMEN FPA.

Efektom realizacji projektu była innowacja produktowa - nowej generacji pierścienie charakteryzujące się unikatowymi cechami jakościowymi. Są to między innymi:

- wysoki stopień zagęszczenia materiału oraz eliminacja defektów struktury odlewniczej i w rezultacie znaczne ograniczenie wielkości nieciągłości materiałowych wykrywanych metodami ultradźwiękowymi;
- niski poziom szumów strukturalnych i tłumienia fali ultradźwiękowej świadczący o uzyskaniu wysokiego stopnia rozdrobnienia mikrostruktury i wysokiej jednorodności strukturalnej materiału;
- optymalna z punktu widzenia jakości mikrostruktura zapewniająca znaczną poprawę parametrów wytrzymałościowych oraz zwiększenie udarności KV w temperaturze otoczenia i temperaturach obniżonych;
- wysoka dokładność wymiarowa i jakość powierzchni pierścieni o skomplikowanych kształtach przestrzennych po finalnej obróbce mechanicznej.

Podziękowania

Praca wykonana w ramach projektu nr POIR.01.02.00-00-0086/19 pt. „Innowacyjna technologia wytwarzania pierścieni wielkogabarytowych do zastosowania w najtrudniejszych warunkach eksploatacji w przemyśle okrętowym i offshore” dofinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (Działanie 1.2. Sektorowe programy B+R - „INNOSTAL” POIR)

KOMPOZYTY Z UKŁADY $TiB_2 - C - MoSi_2$ COMPOSITES FROM THE $TiB_2 - C - MoSi_2$ SYSTEM

Sajdak M.^{1,*}, Kornaus K.¹, Zych Ł.¹, Zientara D.¹, Gubernat A.¹

¹Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
*msajdak@agh.edu.pl

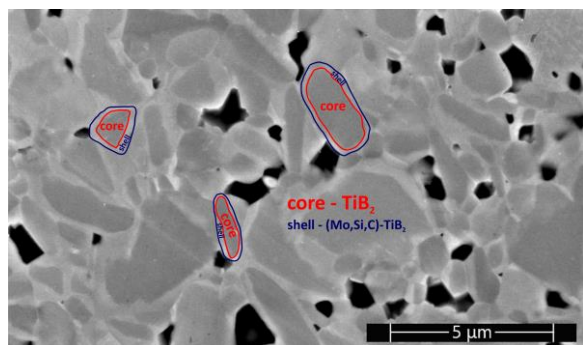
Słowa Kluczowe

TiB_2 , $MoSi_2$, węgiel, prasowanie na gorąco, właściwości fizykochemiczne

Streszczenie

Dwuborek tytanu TiB_2 o strukturze typu AlB_2 jest jednym z materiałów zaliczanych do ceramiki wysokotemperaturowej. Ze względu na silne kowalencyjne wiązania występujące w strukturze TiB_2 , dwuborek tytanu posiada szereg unikatowych właściwości, ale jest też materiałem trudnosiekalnym. Otrzymanie gęstych polikryształów wymaga zastosowania chemicznej i fizycznej aktywacji spiekania. [1-4]

W pracy wykonano badania siekalności kompozytów na bazie TiB_2 z różną ilością dodatku węgla (1-4%); $MoSi_2$ (2,5; 5 i 10%) jak również węgla (2%) i $MoSi_2$ (2,5; 5 i 10%). Spiekanie przeprowadzono techniką prasowania na gorąco w temperaturze 2150°C dla próbek z dodatkiem węgla i 1800°C dla próbek z dodatkiem $MoSi_2$ oraz $MoSi_2$ i węgla. W wyniku prasowania na gorąco TiB_2 z w/w dodatkami otrzymano jednofazowe polikryształy i kompozyty o wysokiej gęstości, większej od 95%. Oba zastosowane dodatki można uznać za aktywatory spiekania TiB_2 . Dzięki dodatkowi węgla możliwe jest wytworzenie jednofazowych polikryształów, w których zgodnie z analizą składu fazowego zidentyfikowano tylko TiB_2 . Za sprawą dodatku $MoSi_2$ jak również połączonych dodatków $MoSi_2$ i węgla możliwe jest istotne obniżenie temperatury spiekania TiB_2 o około 300°C oraz wytworzenie gęstych kompozytów o mikrostrukturze typu *core-shell* charakterystycznej dla cermetali.



Rys. 1. Mikrostruktura kompozytu TiB_2 -10% $MoSi_2$.

W pracy wykazano, że węgiel jest skutecznym reduktorem zanieczyszczeń tlenkowych. Na podstawie badań stwierdzono również, że w przypadku dodatku $MoSi_2$ za sprawą faz ciekłych z układu Si-B-O oraz plastycznego odkształcenia $MoSi_2$ możliwe staje się wytworzenie gęstych kompozytów. Otrzymane materiały, dzięki swoim bardzo dobrym właściwościom tj. wysokiej twardości, wysokiej odporności na kruche

pękanie i niskiej odkształcalności, mają potencjał w zastosowaniach wysokotemperaturowych. Wymagane są jednak dalsze badania wytworzonych materiałów pod kątem ich właściwości cieplnych i chemicznych.

Literatura

- [1] Basu, B.; Raju, G.B.; Suri, A.K. Processing and Properties of Monolithic TiB_2 Based Materials. Int. Mater. Rev. 2006, 51, 352-374.
- [2] Golla, B.R.; Mukhopadhyay, A.; Basu, B.; Thimmappa, S.K. Review on Ultra-High Temperature Boride Ceramics. Prog. Mater. Sci. 2020, 111, 100651.
- [3] Fahrenholtz, W.G.; Hilmas, G.E. Ultra-High Temperature Ceramics: Materials for Extreme Environments. Scr. Mater. 2017, 129, 94-99.
- [4] Murthy, T.S.R.C.; Basu, B.; Balasubramaniam, R.; Suri, A.K.; Subramanian, C.; Fotedar, R.K. Processing and Properties of TiB_2 with $MoSi_2$ Sinter-Additive: A First Report. J. Am. Ceram. Soc. 2006, 89, 131-138.

ANALIZA PORÓWNAWCZA MIKROSTRUKTURY I WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH STOPU 800HT PO WIELOLETNIEJ EKSPLOATACJI ORAZ NOWEGO WYROBU

COMPARATIVE ANALYSIS OF MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF ALLOY 800HT AFTER MANY YEARS OF OPERATION AND OF NEW PRODUCT

Sierakowski D.^{1,*}, Tuz L.¹, Kąc. S.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej, ul. Czarnowiejska 66, Kraków, 30-054, Polska

* sierakow@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

stop 800HT, wieloletnia eksploatacja, nowy wyrób, mikrostruktura, własności mechaniczne

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę wyników badań mikrostruktury oraz twardości stopu 800HT, przeprowadzonych na wyrobie po wieloletniej eksploatacji oraz badań przeprowadzonych na nowym wyrobie hutniczym. Badaniom poddano próbki pobrane bezpośrednio z elementów instalacji chemicznej po ok. 30 latach eksploatacji (próbki referencyjne) oraz próbki z materiału nieeksploatowanego, które poddane zostały obróbce cieplnej w procesach przesycania i wygrzewania. W ramach badań wykonano analizy mikrostruktury za pomocą mikroskopii świetlnej (LM), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), mikroanalizy składu chemicznego wykorzystując metodę spektroskopii energodispersyjnej (EDS), a także wykonano pomiary twardości metodą Vickersa. Uzyskane wyniki badań ujawniły różnice w mikrostrukturze oraz twardości badanych materiałów. W mikrostrukturze materiału po eksploatacji zauważyć można degradację struktury z widocznymi płytkowymi i globularnymi wydzieleniami wtórnymi, które są rozmieszczone zarówno w granicach ziarn, jak i we wnętrzach ziarn. W materiale poeksploatacyjnym zaobserwowano także występowanie pasm poślizgu. Dodatkowo ujawniono występowanie wydzieleni faz γ' oraz σ .

WPLYW PARAMETRÓW KSZTAŁTOWANIA NA GORĄCO NA STAN MIKROSTRUKTURY STOPU U720LI WYKONANEGO Z PROSZKÓW

THE INFLUENCE OF HOT FORMING PARAMETERS ON THE MICROSTRUCTURE OF THE U720LI ALLOY MANUFACTURED FROM POWDERS

Skonieczna W.^{1,*}, Wojtaszek M.¹, Cichocki K.¹, Lypchanskyi O.¹,
Kopyściański M.², Goły M.³, Prah U.⁴

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Plastycznej Przeróbki Metali i Metalurgii Ekstrakcyjnej, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Inżynierii Powierzchni i Analiz Materiałów, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

³ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków, al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

⁴ Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institute of Metal Forming, Akademiestraße 6, Freiberg, 09599, Niemcy
*skoniecz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Stopy niklu, przeróbka plastyczna, mikrostruktura, proszki elementarne, testy plastometryczne

Streszczenie

W pracy podjęto problem doboru efektywnej metody wytwarzania stopu U720LI z proszków elementarnych, zaprojektowania korzystnych parametrów i pozostałych warunków jej realizacji, a następnie określenia wpływu parametrów odkształcenia na gorąco otrzymanego stopu na stan jego mikrostruktury. Opracowano technologię wytwarzania półwyrobu do przeróbki plastycznej, która prowadzi do otrzymania korzystnej mikrostruktury wyjściowej oraz do jednorodnego rozprowadzenia pierwiastków stopowych w objętości materiału. Do realizacji tego celu stosowano kolejno mieszanie proszków elementarnych w wysokoenergetycznym młynie Attritor, a następnie spiekanie mieszaniny pod naciskiem na prasie hydraulicznej, z zastosowaniem właściwie opracowanych parametrów wymienionych procesów. Otrzymany spiek posłużył jako materiał wyjściowy do testów plastometrycznych. Testy wykonano w ściśle kontrolowanych warunkach, wykorzystując do tego celu symulator procesów przeróbki plastycznej na gorąco (Warmumformsimulator - WUMSI), będący na wyposażeniu Institut für Metallformung TU-Freiberg, Niemcy. Badania prowadzono w zakresie temperatury od 950 do 1200°C, z prędkością odkształcenia w zakresie od 0,1 do 20 s⁻¹ oraz do uzyskania wartości odkształcenia rzeczywistego równej 1. Bezpośrednio po zakończeniu testów próbki chłodzono z dużą prędkością, w celu zachowania mikrostruktury w stanie bezpośrednio po odkształceniu. Na podstawie danych z testów plastometrycznych opracowano krzywe płynięcia materiału dla poszczególnych zestawień parametrów. Materiał w stanie po odkształceniu poddano badaniom EBSD, które pozwoliły na jakościową i ilościową analizę stanu mikrostruktury, ze szczególnym uwzględnieniem wielkości ziarna. Na podstawie uzyskanych map IPF wyznaczono średnią wielkość ziarna materiału dla każdego z wariantów testu. Otrzymane wyniki pozwoliły na opracowanie zależności między parametrami testów a stanem mikrostruktury stopu U720LI otrzymanego proponowaną metodą z proszków elementarnych. W perspektywie otrzymane wyniki mogą być wykorzystane podczas projektowania procesów wytwarzania elementów konstrukcji ze stopu U720LI metodami przeróbki plastycznej na gorąco w taki sposób, aby zapewnić z góry założoną mikrostrukturę, pozwalającą na uzyskanie własności wymaganych w założonych warunkach pracy, szczególnie w wysokich temperaturach i agresywnych środowiskach.

ŁATWOFORMOWALNE NANOKOMPOZYTY JAKO OSŁONA PRZED PROMIENIOWANIEM GAMMA I RENTGENOWSKIM

EASILY FORMABLE NANOCOMPOSITES AS A SHIELD AGAINST GAMMA AND X-RAY RADIATION

Sobczak J.^{1,*}, Truskiewicz A.², Żyła G.³

¹Szkoła Doktorska Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, al. Powstańców Warszawy 12, Rzeszów, 35-959, Polska

²Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Nauk Medycznych, ul. Warzywna 1A, Rzeszów, 35-310, Polska

³Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Matematyki i Fizyki Stosowanej, al. Powstańców Warszawy 6, Rzeszów, 35-959, Polska

*d569@stud.prz.edu.pl

Słowa Kluczowe

Kompozyty, promieniowanie jonizujące, nanocząstki, parafina

Streszczenie

Promieniowanie jonizujące pomimo swojego wszechstronnego zastosowania jest szkodliwe dla organizmów żywych w związku z czym należy się przed nim chronić. Zgodnie z podstawową zasadą ochrony radiologicznej, zasadą ALARA (z ang. *As Low As Reasonably Achievable*), aby zminimalizować dawkę poniżej maksymalnie dopuszczalnej należy mieć na uwadze takie czynniki jak czas ekspozycji, odległość od źródła oraz zastosowane osłony. Koncentrując uwagę na ostatnim z wymienionych można zaobserwować szczególne zainteresowanie skupiające się na opracowywaniu nowej klasy materiałów czyli *nanokompozytów*, które z uwagi na różnorodność możliwości doboru składników (macierzy oraz nano- i mikromaterii) może stanowić alternatywę dla aktualnych rozwiązań [1]. W niniejszej pracy opisano nanokompozyty osłonowe w których jako macierz wykorzystano parafinę, natomiast dodatek stanowiły nano- i mikrocząsteczki żelaza o różnej wielkości (od 22 nm do 63 μm) [2]. Przygotowane kompozyty zawierały frakcję masową cząsteczek żelaza wynoszącą 10%, natomiast w przypadku mikrokompozytów badanie poszerzono o frakcję masową wynoszącą 50%. Kompozyty charakteryzowały się łatwoformowalnością w nadawaniu dowolnego kształtu pod wpływem ciepła i siły rąk w temperaturze pokojowej, eliminując tym samym potrzebę przeprowadzania ponownego procesu produkcji celem nadania pożądanej morfologii kształtu osłony. Badanie zdolności absorpcji promieniowania gamma oraz X wyznaczono eksperymentalnie odpowiednio używając kobaltu ⁶⁰Co oraz przy użyciu klinicznego systemu diagnostyki rentgenowskiej PROTEUS firmy GE Medical Systems. Wyniki przeprowadzonych badań pokazały, że rozmiar nano- i mikrocząstek (analizując tą samą frakcję masową żelaza) miał niewielki wpływ na zdolność do tłumienia padającego promieniowania, natomiast wyższa zawartość cząsteczek żelaza w parafinie powodowała poprawę właściwości osłonowych zaproponowanych kompozytów. Opracowana metodologia wytwarzania kompozytów osłonowych na bazie parafiny z dodatkiem cząsteczek żelaza stwarza możliwość produkcji łatwoformowalnych, prostych pod względem składu, przyjaznych środowisku, nietoksycznych, łatwo poddających się recyklingowi osłon w dowolnym miejscu zapotrzebowania *ad exemplum* w medycynie jako personalizowane osłony, bądź w przemyśle jako dodatkowe elementy w konstrukcjach osłonowych.

Literatura

[1] Sobczak J., Żyła G., Nano and microcomposites as gamma and X-ray ionizing radiation shielding materials – A review, *Energy*, 290, 130210 (2024)

[2] Sobczak J., Truskiewicz A., Korczeniowski E., Cyganiuk A., Terzyk A. P., Kolanowska A., Jędrzyński R. G., Boncel S., Żyła G., Shape-Controlled Iron-Paraffin Composites as γ - and X-ray Shielding Materials Formable by Warmth-of-Hands-Derived Plasticity, *ACS Applied Engineering Materials*, 1, 3237-3253 (2023)

MATERIAŁY FAZOWO-ZMIENNE W KOMPOZYTACH DO KONWERSJI I MAGAZYNOWANIA ENERGII SŁONECZNEJ

PHASE CHANGE MATERIALS IN COMPOSITES FOR SOLAR ENERGY CONVERSION AND STORAGE

Suchorowiec K.^{1,*}, Pielichowska K.¹

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki
al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*suchorowiec@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

materiał fazowo-zmienny, fototermiczna konwersja energii, magazynowanie energii

Streszczenie

Pozyskiwanie energii ze źródeł odnawialnych staje się w ostatnich latach istotną dziedziną, w której prowadzone są nieprzerwanie badania mające na celu optymalizację układów pozyskujących i gromadzących energię z odnawialnych źródeł energii. Konwersja i wykorzystanie energii słonecznej staje się wiodącym tematem badawczym w inżynierii materiałowej jak i innych dziedzinach technicznych. Pozyskiwanie energii słonecznej wymaga jednak zrównoważonego i inteligentnego projektowania materiałów wykorzystywanych do tego celu. Materiały fazowo-zmienne stają się odpowiedzią na wady występujące w obecnych układach i materiałach wykorzystywanych do tego celu [1].

Przyjazne dla środowiska organiczne materiały fazowo-zmienne, takie jak alkohole i kwasy tłuszczowe, parafiny oraz poli(glikol etylenowy) o różnej średniej masie molowej wykazują duży potencjał do zastosowania ich jako magazyny energii cieplnej pochodzącej z konwersji energii promieniowania słonecznego, ponieważ wykazują one dużą gęstość jej magazynowania w czasie przemian fazowych. Jednak materiały fazowo-zmienne same w sobie nie są w stanie skutecznie i efektywnie prowadzić do konwersji energii słonecznej oraz zachowywać nadanego kształtu podczas przemian fazowych, dlatego też wykorzystywane są różne układy kompozytowe mające na celu uskutecznienie konwersji energii promieniowania słonecznego w energię cieplną, a następnie magazynowanie jej w postaci ciepła utajonego przemiany fazowej, przy jak najlepszym zachowaniu kształtu pierwotnego materiału [2].

W niniejszej pracy przedstawiono sposoby tworzenia układów kompozytowych różnych materiałów fazowo-zmiennych opierających się na modyfikacjach dodatkami lub matrycami węglowymi, które mogą mieć swoje zastosowanie w konwersji energii promieniowania słonecznego w energię cieplną a następnie jej magazynowania i uwalniania. Dodatkowo przebadano wytworzone układy pod kątem właściwości termicznych (analiza termogravimetryczna, skaningowa kalorymetria różnicowa), mikrostruktury materiału (skaningowa mikroskopia elektronowa), a także wykonano test wycieku i stabilności kształtu dla otrzymanych kompozytów.

Przeprowadzone badania wskazują na pozytywne oddziaływanie poszczególnych materiałów składowych kompozytu oraz udowadniają, iż wytworzone materiały posiadają potencjał aplikacyjny jako magazyny energii cieplnej pochodzącej z konwersji promieniowania słonecznego.

Podziękowania

Praca ta została wsparta dotacją Ministra Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Projekt nr 16.16.160.557) oraz Programem „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Literatura

- [1] Sara. Tahan Latibari and S. M. Sadrameli, 'Carbon based material included-shaped stabilized phase change materials for sunlight-driven energy conversion and storage: An extensive review', *Solar Energy*, vol. 170, pp. 1130-1161, Aug. 2018
- [2] Y. Wei, J. Li, F. Sun, J. Wu, and L. Zhao, 'Leakage-proof phase change composites supported by biomass carbon aerogels from succulents', *Green Chem.*, vol. 20, no. 8, pp. 1858-1865, Apr. 2018

WYBRANE ASPEKTY PROCESU WALCOWANIA ASYMETRYCZNEGO PÓLWYROBÓW TYPU TRB

SELECTED ASPECTS OF THE ASYMMETRIC ROLLING PROCESS OF TRB SEMI- FINISHED PRODUCTS

Sulek B.^{1,2,*}, Krawczyk J.¹

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz - Poznański Instytut Technologiczny, Estkowskiego 6, 61-755 Poznań

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

* bartosz.sulek@pit.lukasiewicz.gov.pl

Słowa Kluczowe

Tailored Blanks, asymetria walcowania, umocnienie materiału, stal konstrukcyjna

Streszczenie

Cechą charakteryzującą półprodukty typu Tailored Blanks (TB) jest co najmniej jedna zmienna, do której może zaliczać się zmienna grubość, własności czy rodzaj i gatunek materiału na przekroju arkusza. W zależności od typu zmiennej oraz technologii, jaką został wykonany dany półwyrób TB, zaliczany jest do innej podgrupy [1,2]. Jedną z obecnie rozwijanych oraz badanych technologii wytwarzania TB jest walcowanie, a uzyskane za jej pomocą produkty noszą nazwę Tailor Rolled Blanks (TRB). W zależności od kierunku nadania półwyrobom TRB zmiennego kształtu stosowane są różne odmiany technologii walcowania [2]. W przypadku zmiany kształtu w kierunku wzdłużnym do kierunku walcowania stosowane jest tzw. walcowanie elastyczne, podczas którego zmienny kształt nadawany jest w wyniku okresowo zmiennej szczeliny walcowniczej. Znacznie bardziej problematyczne jest natomiast nadanie produktom TRB, zmiennego kształtu w kierunku poprzecznym do kierunku walcowania. Obecnie badane i rozwijane technologie umożliwiają na uzyskanie takich półwyrobów TRB za pomocą stopniowego kształtowania materiału w 30-40 przejściach przez klatkę walcowniczą lub w 4 do 6 przejściach wskutek stosowania złożonego procesu technologicznego polegającego na wstępnym spłaszczeniu i wygięciu materiału na jego krawędziach [3,4].

W ramach prowadzonych badań opracowano technologię kształtowania taśm TRB o zmiennym kształcie w kierunku poprzeczny do kierunku walcowania pozwalającą na uzyskanie finalnego kształtu taśmy w jednym przepuście walcowniczym. Badana metoda polega na wykorzystaniu specjalnego kompletu walców, składającego się z jednego walca bruzdowego oraz drugiego gładkiego, a także na wprowadzeniu do procesu walcowania asymetrii. Prezentowane wyniki badań skupione były na opisanie wpływu stosowanej technologii na zmiany materiałowe oraz ich zróżnicowanie na przekroju badanych taśm. Dodatkowo przedstawiono wpływ wprowadzonego złożonego stanu odkształcenia (w wyniku zastosowania jednego walca bruzdowego) na zmiany w stanie naprężeń w materiale, a także jego wpływ na kształt poprzeczny oraz wzdłużny uzyskanych taśm TRB.

Podziękowania

Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach V edycji doktoratów wdrożeniowych

Literatura

[1] Miyazaki Y., Sakiyama T., Kodama S., Welding techniques for tailored blanks, Nippon Steel Technical Report 95 (2007), 46-52

[2] Kopp R., Wiedner C., Meyer A., Flexibly rolled sheet metal and its use in sheet metal forming, Advanced Materials Research 6-8 (2005), 81-92

[3] Kopp R., Böhlke P., A new rolling process for strips with a defined cross section, CIRP Annals 52 (2003), 197-200

[4] Wang X.G., Wang S., Liu X.H., Variable thickness rolling of plates thick in the middle and thin on the sides, Journal of Materials Processing Technology 277 (2020) 116432

MATERIAŁY FAZOWO-ZMIENNE ZE STABILIZACJĄ KSZTAŁTU DO DŁUGOTERMINOWEJ AKUMULACJI CIEPŁA

PHASE-CHANGE MATERIALS WITH SHAPE STABILIZATION FOR LONG-TERM HEAT ACCUMULATION

Szatkowska M.^{1,*}, Pielichowska K.¹

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

*szatkowska@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Materiały fazowo-zmienne (PCM), alkohole cukrowe, stabilizacja kształtu

Streszczenie

Materiały fazowo-zmienne (PCM), szczególnie alkohole cukrowe, cieszą się zainteresowaniem naukowców od wielu lat ze względu na ich zdolność do magazynowania energii cieplnej i szeroki zakres potencjalnych zastosowań oraz dużą zdolności magazynowania energii [1,2]. Materiały te mają prawie dwukrotnie wyższe utajone ciepło topnienia niż inne materiały organiczne [3], dodatkowo przemiana zachodzi w stosunkowo wysokich temperaturach jak dla materiałów organicznych. Zachodzenie w PCM przemiany fazowej ciało stałe-ciecz jest przyczyną wyciekania materiałów podczas magazynowania energii [4]. Jednym ze sposobów ograniczenia tego problemu jest zastosowanie stabilizacji kształtu. Można to zrobić wykorzystując polisacharydy [4] czy karbonizowane skórki owoców [6].

Celem przeprowadzonych badań było porównanie właściwości PCM stabilizowanego za pomocą skrobi oraz infiltrowanego do karbonizowanej skórki pomarańczy. Do scharakteryzowania właściwości otrzymanych kompozytów PCM wykorzystano różnicową kalorymetrię skaningową (DSC), analizę termogravimetryczną (TGA) i mikroskop optyczny. Dodatkowo obliczono procent PCM infiltrujący do zwęglonej biomasy owoców.

Podziękowania

Praca ta została sfinansowana z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Projekt nr 16.16.160.557) oraz z Programu „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza” dla Akademii Górniczo-Hutniczej.

Literatura

- [1] Jia R. i in., „Heat capacities of some sugar alcohols as phase change materials for thermal energy storage applications”, *The Journal of Chemical Thermodynamics*. 115 (2017) 233-248
- [2] Gunasekara S. N., Pan R., Chiu J. N., i Martin V., „Polyols as phase change materials for surplus thermal energy storage”, *Applied Energy*, 162 (2016) 1439-1452
- [3] Latibari S. T. i Sadrameli S. M., „Carbon based material included-shaped stabilized phase change materials for sunlight-driven energy conversion and storage: An extensive review”, *Solar Energy*, 170 (2018) 1130-1161
- [4] Pielichowska K. i Pielichowski K., „Novel biodegradable form stable phase change materials: Blends of poly(ethylene oxide) and gelatinized potato starch”, *J. Appl. Polym. Sci.* (2010)
- [5] Liu H., Qian Z., Wang Q., Wu D., i Wang X., „Development of Renewable Biomass-Derived Carbonaceous Aerogel/Mannitol Phase-Change Composites for High Thermal-Energy-Release Efficiency and Shape Stabilization”, *ACS Appl. Energy Mater.* 4 (2021) 1714-1730
- [6] Xu Y. i in., „Preparation and performance of shape-stable phase change materials based on carbonized-abandoned orange peel and paraffin”, *Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures* 27, (2019) 289-298

BADANIE WPŁYWU DODATKU NATURALNYCH WŁÓKIEN NA PROCES DEGRADACJI KOMPOZYTU POLIMEROWEGO

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NATURAL FIBRE ADDITION ON THE DEGRADATION PROCESS OF A POLYMER COMPOSITE

Szczepanik E.^{1,*}, Szatkowski P.¹, Pielichowska K.¹

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

*eszczepanik@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

biokompozyt, włókna naturalne, wełna, biodegradacja

Streszczenie

Nadmierne zużycie tworzyw sztucznych spowodowało w ostatnich latach nakierowanie badań na opracowanie materiałów łatwo biodegradowalnych. Jednym z rozwiązań jest wykorzystanie składników pochodzenia naturalnego, np. włókien roślinnych czy zwierzęcych. Włókna te, oprócz przyspieszenia biodegradacji, mogą dodatkowo poprawić właściwości mechaniczne i zmniejszyć gęstość materiału [1]. Biorąc pod uwagę dostępność i korzystne właściwości, powszechnie badane są włókna lniane, których zaletami są niska cena i mała gęstość, a także bardzo obiecujące właściwości mechaniczne. Często włókna te porównywane są do szeroko stosowanych w przemyśle włókien szklanych [2,3]. Ważnym aspektem niniejszej pracy była analiza właściwości włókien zwierzęcych. Nie cieszą się one tak dużym zainteresowaniem jak włókna roślinne. Przykładem włókien o ciekawych właściwościach są włókna z wełny owczej. Ich zdolność do pochłaniania wody, skład chemiczny i szybka biodegradacja dają nadzieję na otrzymanie materiałów, które mogą mieć kontrolowaną szybkość degradacji, co można wykorzystać przy projektowaniu nawozów charakteryzujących się stopniowym uwalnianiem do środowiska składników takich jak woda, azot czy siarka [4,5].

Celem pracy było otrzymanie kompozytów z polilaktydu (PLA) zawierających włókna lniane lub wełniane, które mogą posłużyć jako składnik determinujący szybkość procesu degradacji. Próbkę wykonaną metodą wtryskową poddano procesom degradacji za pomocą światła UV w komorze starzeniowej lub poprzez kompostowanie w glebie ze ściółką symulującą środowisko naturalne.

Przeprowadzone badania pozwoliły na ocenę wpływu dodatku włókien na degradację polimeru oraz na porównanie właściwości kompozytów z włóknami zwierzęcymi i roślinnymi. W tym celu przeprowadzono badania metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej (DSC), termogravimetrii (TG) oraz dynamicznej analizy mechanicznej (DMA) zarówno dla materiałów przed jak i po degradacji. Dodatkowo, mikrostrukturę włókien i matrycy oceniono przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM).

Podziękowania

Praca ta została sfinansowana z subwencji Ministerstwa Edukacji i Nauki dla Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (Projekt nr 16.16.160.557).

Literatura

- [1] Motru S., Adithyakrishna V. H., Bharath J., Guruprasad R., Development and Evaluation of Mechanical Properties of Biodegradable PLA/Flax Fiber Green Composite Laminates, *Mater Today Proc* 24 (2020) 641-649
- [2] Johari A. P., Mohanty S., Kurmvanshi S. K., Nayak S. K., Influence of Different Treated Cellulose Fibers on the Mechanical and Thermal Properties of Poly(lactic acid), *ACS Sustain Chem Eng* 4/3 (2016) 1619-1629
- [3] Yadav V., Singh S., A comprehensive review of natural fiber composites: Applications, processing techniques and properties, *Mater Today Proc* 56 (2022) 2537-2542
- [4] Carrasco M. F. A. et al., A new bio-based fibre-reinforced polymer obtained from sheep wool short fibres and PLA, *Green Mater* 8/2 (2019) 79-91
- [5] Szatkowski P. et al., Production of biodegradable packaging with sheep wool fibres for medical applications and assessment of the biodegradation process, *Animal Science and Genetics* 18/3 (2022) 57-67

MODYFIKACJA ELEKTROD PASTOWYCH Z WĘGLA SZKLISTEGO ZA POMOCĄ Gd_2O_3 I GO

MODIFICATION OF GLASSY CARBON PASTE ELECTRODES WITH Gd_2O_3 AND GO Szczurkowska A.^{1,*}, Królicka A.¹, Charitos, N.-F².

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

² National and Kapodistrian University of Athens, Department of Chemistry, Panepistimiopolis, 15771 Ilissia, Greece

*azon@agh.edu.pl

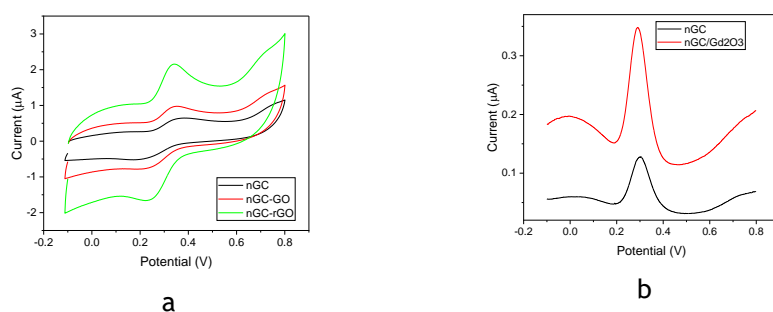
Słowa Kluczowe

Elektrody pastowe, węgiel szklisty, tlenek gadolinu, tlenek grafenu

Streszczenie

Potrzeba wykonywania szybkich i dokładnych oznaczeń w przemyśle, ochronie środowiska oraz ochronie zdrowia jest czynnikiem stymulującym ciągły rozwój technologii wykorzystujących czujniki elektrochemiczne. Spośród wielu opracowanych elektrod na uwagę zasługują elektrody wykonane z pasty węglowej, ze względu na ich korzystne właściwości takie jak łatwość modyfikacji oraz łatwa odnawialność powierzchni. Modyfikacje past węglowych mogą być wykonywane w prosty sposób poprzez wprowadzenie do pasty węglowej modyfikatorów, takich jak na przykład „tlenek grafenu” (GO) oraz tlenek gadolinu. GO jest często stosowanym modyfikatorem, natomiast użycie Gd_2O_3 jako modyfikatora jest nowością. Gd_2O_3 wykazuje interesujące właściwości chemiczne, optyczne i magnetyczne a także katalityczne [1], które mogą zostać wykorzystane do wzmacniania sygnałów analitycznych, rejestrowanych techniką woltamperometrii strippingowej.

Celem badań jest wykonanie serii elektrod pastowych z naturalnego węgla szklistego z dodatkiem tlenku gadolinu oraz tlenku grafenu i ocena wpływu modyfikacji na parametry analityczne procedur wykorzystujących nowe elektrody. Przykładowe krzywe woltamperometryczne zarejestrowane techniką CV oraz DPV w roztworze zawierającą katechinę przedstawiono na rysunku 1. Jak wynika z rysunku 1, użycie modyfikatorów GO oraz Gd_2O_3 powoduje znaczące wzmocnienie sygnałów.



Rys. 1. Woltamperogramy (a) CV oraz (b) DPV zarejestrowane za pomocą elektrod pastowych typu nGC/PDMS w roztworze zawierającym 0,025 mg/l katechiny. rGO - GO zredukowany z wykorzystaniem lasera

Podziękowania

(A.Z.) Badania zostały przeprowadzone z wykorzystaniem "Finansowania badań prowadzonych w ramach przygotowania rozprawy doktorskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH". Edycja 2023

(C. N.-F.) The work carried out as part of the Erasmus Exchange Program (2024)

Literatura

[1] Thanikaivelan E., Gokul Raj S., Murugakoothan P., Synthesis and characterisation of erbium doped gadolinium oxide ($Er:Gd_2O_3$) nanorods, Materials Today: Proceedings (2023) dostępne online od 7 listopada

WPŁYW DRGAŃ ULTRADŹWIĘKOWYCH PODCZAS KRYSTALIZACJI STOPU Zn-Bi NA MIKROSTRUKTURĘ ORAZ WŁASNOŚCI MECHANICZNE

INFLUENCE OF ULTRASONIC VIBRATIONS DURING CRYSTALLIZATION PROCESS
ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE Zn-Bi ALLOY

Szot A.^{1,*}, Boczek G.¹, Pałka P.¹

¹AGH University of Krakow, Wydział Metali Nieżelaznych, al. Adama Mickiewicza 30, Krakow,
30-059, Poland

*szot@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Ultradźwięki, mikrostruktura, stopy Zn - Bi

Streszczenie

W pracy badano wpływ drgań ultradźwiękowych towarzyszących krystalizacji stopu monotektycznego Zn-2%Bi na mikrostrukturę i własności mechaniczne. Odlewanie przeprowadzono do specjalnie skonstruowanego tygla, do którego powierzchni przykładano punktowo źródło drgań. Częstotliwość przyłożonych drgań wynosiła 28 kHz. Uzyskany materiał badano pod kątem rozkładu cząstek bizmutu, rozkładu wielkości ziarna oraz mikrotwardości Vickersa. Odlewy wykonane przy obecności drgań ultradźwiękowych zostały porównane do stopu Zn - 2%Bi odlewanych grawitacyjnie.

Uzyskane wyniki wykazały znaczny wpływ ultradźwięków na stopień uporządkowania mikrostruktury oraz statystykę rozkładu ziaren w porównaniu z materiałem referencyjnym odlewanych konwencjonalnie. Zaobserwowano także zmniejszenie się błędów statystycznych (odchylenia standardowego) podczas pomiarów mikrotwardości.

ROLA WTRĄCEŃ NIEMETALICZNYCH W STALACH ELEKTROTECHNICZNYCH

THE ROLE OF NON-METALLIC INCLUSIONS IN ELECTRICAL STEELS

Ścibisz K.^{1,2,*}, Krawczyk J.², Matusiewicz P.², Pawlyta M.³

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

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

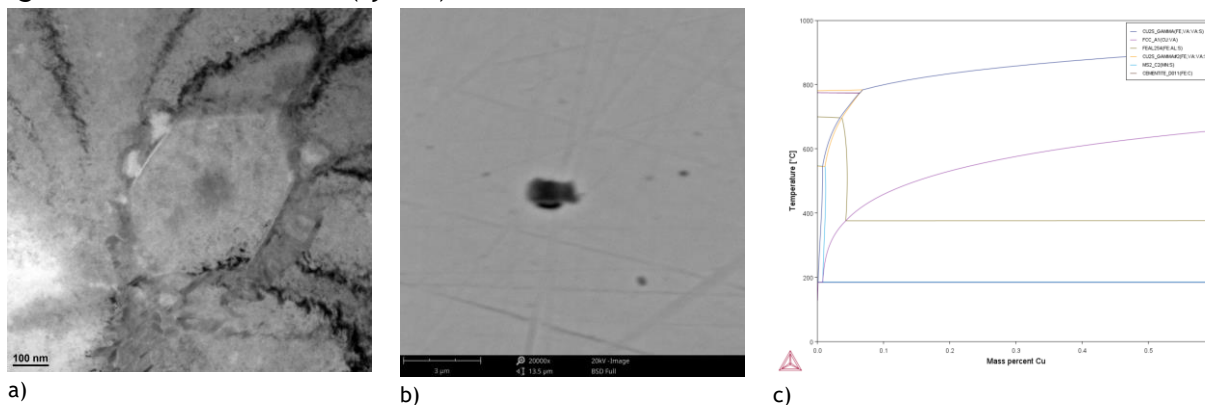
³ Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska

*scibisz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe: Wtrącenia niemetaliczne, stal elektrotechniczna, tekstura Gossa,

Streszczenie

Dla zapewnienia wysokiej wydajności w tym wysokiej indukcji magnetycznej i niskiej stratności stali elektrotechnicznych jednym z głównych wymagań produkcyjnych jest uzyskanie tekstury Gossa $\{110\}\langle 001\rangle$ w której to kierunku $\langle 001\rangle$ jest kierunkiem łatwej magnetyzacji [1]. W uzyskaniu silnej tekstury istotną rolę odgrywają inhibitory wtórnej rekrytalizacji: siarczek miedzi (CuS) i azotek aluminium (AlN) [2]. Opóźniają one normalny wzrost ziaren podczas pierwotnej rekrytalizacji, wpływając również na preferencyjny wzrost ziaren o orientacji Gossa podczas wtórnej rekrytalizacji [3]. Proces formowania się wtrąceń niemetalicznych jest ściśle zależny od składu chemicznego i procentowej zawartości poszczególnych pierwiastków. W niniejszej pracy skupiono się na identyfikacji wtrąceń niemetalicznych po procesie walcowania na gorąco. Zwrócono również uwagę na rolę miedzi w stalach wysokokrzemowych. Do badań wykorzystano stal wysokokrzemową o zawartości około 3% Si i 0.5% Cu. Identyfikacji wtrąceń niemetalicznych dokonano podczas obserwacji metalograficznych z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego, TEM i SEM (rys.1a,b). Wpływ dodatku miedzi na fazy równowagowe zasymulowano przy użyciu oprogramowania ThermoCalc (rys.1c).



Rys.1. a) Siarczek miedzi, TEM; b) Azotek aluminium, SEM; c) Przewidywany zakres wydzielania fazy bogatej w miedź, diagram fazowy dla stali: 0.034% C, 3.12% Si, 0.28% Mn.

Podziękowania

Praca finansowana przez Ministerstwo Edukacji i Nauki w ramach V edycji doktoratów wdrożeniowych.

Literatura

[1] Ścibisz K., Krawczyk J., Magnetic Properties of Fe-Si electrical steel after laser scribing, Arch. Metall. Mater. 69 (2024), 1, 381-387

[2] Alcantra F.L, Barbosa R. Cunha M.A., Study of Aluminum Nitride Precipitation in Fe-3% Si Steel, Materials Research. 2013, 16, 5, 1039-1044

[3] Vodárek V., Volodarskaja A., Miklušová S., Holešínský J., Žáček O., Precipitation Reactions in a Copper - Bearing GOES, Procedia Materials Science 12 (2016) 77 - 82

WPŁYW IMPREGNACJI TWORZYWA MAGNEZJOWO-SPINELOWEGO ROZTWORAMI SOLI NA JEGO PODSTAWOWE WŁASNOŚCI FIZYCZNE ORAZ WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNE

THE EFFECT OF IMPREGNATION OF MAGNESIA-SPINEL MATERIAL WITH SALT SOLUTIONS ON ITS BASIC PHYSICAL PROPERTIES AND SELECTED OPERATIONAL PROPERTIES

Śliwa A.^{1,*}

¹ Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych - Centrum Materiałów Ogniotrwałych, ul. Toszecka 99, Gliwice, 44-100, Polska
*andrzej.sliwa@icimb.lukasiewicz.gov.pl

Słowa Kluczowe

impregnacja, spinel, roztwory solne

Streszczenie

Materiały magnezjowo-spinelowe zawierające chrom znajdują nadal bardzo szerokie zastosowanie jako wyłożenia ogniotrwałe urządzeń stosowanych zarówno w metalurgii żelaza, jak również metali nieżelaznych. W referacie przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu procesu impregnacji wybranego materiału z zastosowaniem roztworów soli stanowiących prekursory głównych składników fazowych tego tworzywa, czyli MgO (peryklazu) oraz MgCr₂O₄ (spinelu). Głównym celem zastosowanej impregnacji było zwiększenie odporności korozyjnej materiału na działanie żużli z procesu wytwarzania miedzi metodą konwertorową. W ramach badań określono zmiany składu fazowego prekursorów tlenkowych zachodzących w szerokim zakresie temperatury od 150 do 1300 °C oraz powiązane z nimi zmiany mikrostrukturalne zachodzące w tworzywie magnezjowo-spinelowym poddanych impregnacji. Proces impregnacji z wykorzystaniem obu roztworów nie wpłynął znacząco na takie parametry jak: wytrzymałość na ściskanie i zginanie po wypaleniu w 1350°C oraz OWT, natomiast stwierdzono obniżenie wytrzymałości na zginanie w temperaturze 1450 °C o ok. 10 i 19 % odpowiednio dla materiału impregnowanego roztworem prekursora MgCr₂O₄ i MgO. Parametry mikrostrukturalne tworzyw impregnowanych ulegały zmianom wraz ze wzrostem temperatury, o czym świadczyły wzrastające wartości mediany średnicy porów oraz porowatości otwartej. Stwierdzono także istotne zmiany w rozkładzie wielkości porów które dotyczyły głównie udziału porów o średnicach poniżej 1 μm oraz porów, których średnice mieściły się w zakresach od 5 do 10 μm i od 10 do 30 μm. Generalnie wraz ze wzrostem temperatury obserwowano spadek udziału porów o rozmiarach średnic poniżej 1 μm, jednak z punktu widzenia oceny zmian mikrostrukturalnych powstałych w wyniku impregnacji tworzywa roztworami prekursorów istotne są zmiany w zakresie udziałów porów o średnicach od 5 do 30 μm.[1] Realizowane równoległe badania gazoprzepuszczalności potwierdziły wyniki uzyskane na drodze analiz porozymetrycznych. Ostatecznie wykonane badania porównawcze odporności korozyjnej materiału nie impregnowanego, oraz materiałów impregnowanych roztworami prekursora tlenkowego i spinelowego, wykazały, że najwyższy wzrost odporności korozyjnej tworzywa magnezjowo-spinelowego na oddziaływanie żużli miedziowych uzyskano w przypadku zastosowania impregnacji prekurorem tlenkowym.

Literatura

- [1] Śliwa A., Wala T., Badania wpływu impregnacji roztworami soli magnezu na własności tworzywa magnezjowo-spinelowego - Sprawozdanie IMO 2007 (materiał niepublikowany)

ANALIZA WPŁYWU ANIONÓW NIEORGANICZNYCH NA WŁAŚCIWOŚCI SPOIW AKTYWOWANYCH ALKALICZNIE

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INORGANIC ANIONS ON THE PROPERTIES OF ALKALI-ACTIVATED BINDERS

Świszcz D.^{1,*}

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

*dswiszc@student.agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

geopolimery, granulowany żużel wielkopiecowy, aktywacja alkaliczna

Streszczenie

Spojwa aktywowane alkalicznie to nieorganiczne materiały wiążące powstające w wyniku reakcji materiału bogatego w tlenek glinu oraz krzemionkę z aktywatorem alkalicznym. Do produkcji tych materiałów jako prekursor można wykorzystać m. in. metakaolin, bądź surowce odpadowe takie jak popiół lotny, granulowany żużel wielkopiecowy, popiół ze spalania stałych odpadów komunalnych czy inne odpady kopalniane. Właściwości otrzymanego spoiwa zależą od składu i właściwości materiału odpadowego użytego do jego produkcji.

W niniejszej pracy określono wpływ różnych anionów nieorganicznych na właściwości spoiw aktywowanych alkalicznie. W celu opisu struktury otrzymanych kompozytów posłużono się metodą spektroskopii oscylacyjnej. Stwierdzono, że struktura spoiw w dużym stopniu zależy od składu chemicznego wyjściowego materiału oraz zastosowanego aktywatora alkalicznego. Aniony nieorganiczne, w tym jony siarczanowe(VI), azotanowe(V) i fosforanowe(VI), mogą mieć znaczący wpływ na strukturę takich spoiw.

Jony siarczanowe(VI) mogą reagować z jonami wapnia w materiale wyjściowym, tworząc ettryngit, którego obecność może polepszyć lub w dłuższej perspektywie osłabić strukturę spoiwa. Aniony fosforanowe(V) mogą również reagować z jonami wapnia w materiale wyjściowym, wytrącając trudno rozpuszczalny fosforan(V) wapnia, który ma negatywny wpływ na właściwości mechaniczne spoiwa. Z drugiej strony, aniony azotanowe(V) mają korzystny wpływ na właściwości materiałów aktywowanych alkalicznie, ponieważ zwiększają ich wytrzymałość na ściskanie oraz zmniejszają porowatość.

Podziękowania

Pragnę serdecznie podziękować Pani dr hab. inż. Magdalenie Król, prof. AGH za poświęcony czas i pomoc podczas badań naukowych.

Badania strukturalne finansowane z subwencji Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (Project No 16.16.160.557).

WPLYW PROMIENIOWANIA PROTONOWEGO NA WLAŚCIWOŚCI CIENKICH WARSTW TLENKÓW METALI DO ZASTOSOWAŃ W UKŁADACH FOTOWOLTAICZNYCH

EFFECT OF PROTON RADIATION ON THE PROPERTIES OF THIN FILMS OF METAL OXIDES FOR PHOTOVOLTAIC APPLICATIONS

Ungeheuer K.^{1,*}, Rybak J.¹, Bocirnea A.², Marszałek K.W.¹

¹ Uczelnia/Instytut/Firma Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydział Informatyki, Elektroniki i telekomunikacji, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

² National Institute of Materials Physics, Atomistilor str. 405 A, Bukareszt-Magurele, 077125, Rumunia

*ungeheue@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

fotowoltaika, cienkie warstwy, warunki kosmiczne, promieniowanie protonowe, tlenki metali

Streszczenie

Zastosowanie cienkowarstwowych układów pozwala na zmniejszenie zużycia surowców oraz redukcję masy ogniw fotowoltaicznych, co jest korzystne przy wytwarzaniu ogniw fotowoltaicznych do zastosowania w kosmosie. Cienkie warstwy przewodzących tlenków transparentnych takich jak ITO (tlenek indu cyny) oraz AZO (tlenek cynku domieszkowany aluminium) mogą ponadto znaleźć zastosowanie także w układach elektrochromowych [1]. Tlenek miedzi CuO jest półprzewodnikiem typu-p [2], który razem z tlenkiem cynku ZnO będącym półprzewodnikiem typu-n tworzy złącze p-n w proponowanym systemie ogniw słonecznego [3,4]. Stosowanie wszelkich urządzeń elektronicznych, także ogniw fotowoltaicznych w przestrzeni kosmicznej, wiąże się z oddziaływaniem otoczenia na materiały. Jednym z najistotniejszych aspektów jest promieniowanie protonowe, które na niskiej orbicie okołoziemskiej jest główną częścią promieniowania kosmicznego.

Szkoło z warstwą ITO zostało zakupione jako gotowy produkt, warstwa AZO została osadzona z wykorzystaniem metody osadzania warstw atomowych (ALD - atomic layer deposition), natomiast warstwy tlenku miedzi i cynku były przygotowane z wykorzystaniem jonowego rozpylania magnetronowego.

Każdy z materiałów został zbadany pod względem właściwości strukturalnych (dyfrakcja rentgenowska XRD), optycznych (spektrofotometria i elipsometria spektroskopowa) i elektrycznych (czteropunktowy pomiar rezystywności powierzchniowej), które to wyniki zostaną zaprezentowane. Próbki zostały napromieniowane wiązką protonów o energii 226,5 MeV i fluencji $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$, co pozwala zasymulować wpływ promieniowania kosmicznego na materiał. W pracy przedstawione zostaną wyniki pomiarów właściwości chemicznych powierzchni warstw AZO i ITO przed i po napromieniowaniu, które zostały zmierzone za pomocą rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów w Narodowym Instytucie Fizyki Materiałów, Magurele, Rumunia.

Literatura

- [1] Rybak J., Marszałek K. W., Deposition and optical properties investigation of components for multilayer electrochromic system, J. Vac. Sci. Technol. B 41, 063401 (2023)
- [2] Meyer B. K., et al., Binary copper oxide semiconductors: From materials towards devices, Phys. Status Solidi B 249, No. 8, (2012) 1487-1509
- [3] Kaphle A., Echeverria E., McIlroy D. N., Hari P., Enhancement in the performance of nanostructured CuO-ZnO solar cells by band alignment, RSC Adv., 2020, 10, 7839
- [4] Lopez R., et al., Cupric oxide (CuO)/zinc oxide (ZnO) heterojunction diode with low turn-on voltage, Results in Physics 22 (2021) 103891

WPLYW WARUNKÓW PROWADZENIA HODOWLI NA PROLIFERACJĘ I RÓŻNICOWANIE KOMÓREK MACIERZYSTYCH

IMPACT OF CELL CULTURING CONDITIONS ON PROLIFERATION AND DIFFERENTIATION OF STEM CELLS

Walczak K.^{1,*}, Krok-Borkowicz M.¹, Pamuła E.¹

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*kamwalczak@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Rusztowania, mikrosfery, różnicowanie, proliferacja, inżynieria tkankowa

Streszczenie

W ostatnich latach tkanka kostna była drugą najczęściej przeszczepianą tkanką rocznie zaraz po krwi [1,2]. Gojenie i regeneracja tkanki kostnej są skuteczne w przypadku małych urazów, podczas gdy w przypadku ubytków o krytycznych rozmiarach powinny być one wspierane biomateriałami, które mogą dostarczać komórkom macierzystym niezbędnych bodźców do adhezji, proliferacji i różnicowania, a tym samym tworzenia nowej tkanki kostnej. W ramach eksperymentu, trójwymiarowe nośniki w postaci mikrosfer i rusztowań zostały wyprodukowane z degradowalnego poli(L-laktydu-co-glikolidu) (PLGA). Mikrosfery zostały otrzymane metodą emulsyjną, podczas gdy rusztowania zostały wykonane metodą odlewania z roztworu z wymywaniem porogenu (SCPL, ang. *solvent casting porogen leaching*). Mezenchymalne komórki macierzyste osadzono na mikrosferach oraz rusztowaniach, a w ramach próby kontrolnej w dołkach płytki hodowlanej z TCPS (ang. *tissue culture polystyrene*). Komórki były hodowane w warunkach dynamicznych oraz statycznych przez 1, 3, 7 oraz 14 dni. W celu zbadania różnicowania oraz proliferacji komórek wykonano badanie stężenia dehydrogenazy mleczanowej (LDH) oraz fosfatazy alkalicznej (ALP). Ponadto, wykonano fluorescencyjne barwienie przeżyciowe live/dead z wykorzystaniem kalceiny i jodku propidyny oraz barwienie falloidyną/DAPI, które umożliwiło ocenę morfologii komórek. Otrzymane mikrosfery cechowały się regularnym kształtem, a ich mediana wynosiła 95 μm. Z kolei rusztowania charakteryzowały się 82% porowatością, a średnia wielkość porów wynosiła 360 μm. Komórki hodowane w warunkach dynamicznych były bardziej rozplaszczone na powierzchni oraz miały nieregularny kształt, podczas gdy te hodowane w warunkach statycznych cechowały się wydłużonym kształtem. Ponadto liczba komórek hodowanych w warunkach dynamicznych była większa niż tych hodowanych w warunkach statycznych przez cały czas trwania eksperymentu. Tą samą zależność zaobserwowano w przypadku badania aktywności ALP, co świadczy o zajściu procesu różnicowania osteogenego. Podsumowując, porowate rusztowania okazały się bardziej odpowiednie do długoterminowego promowania adhezji komórek, proliferacji i różnicowania osteogenego, ale w warunkach klinicznych wymagałyby implantacji, co jest rozwiązaniem bardziej inwazyjnym. Natomiast zastosowanie mikrosfer można rozważyć, gdy wymagane jest małoinwazyjne rozwiązanie i ich podawanie np. za pomocą iniekcji do ubytku kostnego.

Podziękowania

Badania były wykonane w ramach subwencji dla Akademii Górniczo-Hutniczej (16.16.160.557).

Literatura

- [1] Collins M. N., Ren G., Young K., Pina S., Reis R. L., Oliveira J. M., Scaffold Fabrication Technologies and Structure/Function Properties in Bone Tissue Engineering. *Adv. Funct. Mater.* 2021, 31, 2010609.
- [2] Roseti L., Parisi V., Petretta M., Cavallo C., Desando G., Bartolotti I., Grigolo B., Scaffolds for Bone Tissue Engineering: State of the art and new perspectives, *Materials Science and Engineering C* 78 (2017) 1246-1262.

OCENA MOŻLIWOŚCI REDUKCJI CZASU OBLICZEŃ DYSKRETNEGO MODELU DYFUZYJNEJ PRZEMIANY FAZOWEJ POPRZECZ ADAPTACYJNY KROK CZASOWY

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF REDUCING THE COMPUTATION TIME OF THE DISCRETE MODEL OF DIFFUSIVE PHASE TRANSFORMATION BY AN ADAPTIVE TIME STEP

Wermiński M.^{1,*}, Sitko M.¹, Madej Ł.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Metali
i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska
*marwer@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Przemiany fazowe, modelowanie dyskretne, automaty komórkowe

Streszczenie

Zjawiska zachodzące podczas przemian fazowych w stalach od wielu lat stanowią przedmiot zainteresowań naukowców z obszaru inżynierii metali jak i specjalistów z szeroko pojętego przemysłu hutniczego. W zależności od składu chemicznego oraz warunków obróbki cieplnej stali można zidentyfikować wiele zjawisk występujących w skali mikrostruktury. Jednym z nich są dyfuzyjne przemiany fazowe głównie definiowane przez dwa równocześnie zachodzące procesy: zarodkowania i rozrostu nowopowstających ziaren, a także dyfuzję pierwiastków międzywęzłowych i substytucyjnych [1]. Każdy taki proces jest złożeniem pomniejszych zjawisk występujących w różnych skalach wymiarowych [2]. Dotychczas opracowano wiele modeli numerycznych, które starają się pomóc wyjaśnić mechanizmy tych zjawisk i zależności pomiędzy nimi na różnych poziomach skali badanego obszaru. W zależności od stopnia i formy uwzględnienia informacji, tego typu modele numeryczne można sklasyfikować jako analityczne, pełnego pola i uśrednionego pola. W niniejszej pracy zastosowano podejście pełnego pola do symulacji dyfuzyjnych przemian fazowych w stalach w warunkach ciągłego chłodzenia, wykorzystując metodę automatów komórkowych. Takie rozwiązanie zapewnia uwzględnienie niejednorodności mikrostruktury w symulacji zjawisk oraz jej odwzorowanie w formie modelu cyfrowej reprezentacji materiału DMR (ang. Digital Material Representation) [3]. Niemniej jednak zastosowanie metod pełnego pola wiąże się z względnie dużym nakładem obliczeniowym i zużyciem zasobów, co skutkuje znacznym czasem wykonania symulacji.

Dlatego celem niniejszej pracy jest redukcja czasu obliczeń złożonego modelu pola pełnego poprzez opracowanie kryteriów minimalnych kroków czasowych oraz wprowadzenie mechanizmu adaptacyjnego. W niniejszej pracy przedstawiono opracowane rozwiązania oraz uzyskane wyniki, reprezentujące ich skuteczność wraz z ich oceną.

Podziękowania

Praca realizowana w ramach badań statutowych.

Literatura

- [1] Krielaart G. P., Sietsma J., van der Zwaag S., Ferrite formation in Fe-C alloys during austenite decomposition under non-equilibrium interface conditions, *Mater. Sci. Eng. A* 237, 2 (1997) 216-223
- [2] Hillert M., Solute drag, solute trapping and diffusional dissipation of Gibbs energy, *Acta Mater.* 47, 18 (1999) 4481-4505
- [3] Madej Ł., Digital/virtual microstructures in application to metals engineering - A review, *Arch. Civ. Mech. Eng.* 17, 4 (2017) 839-854

BADANIE WPŁYWU OBRÓBKI CIEPLNEJ WĘGLA PIROLITYCZNEGO OTRZYMANEGO BEZPOŚREDNIO NA WŁÓKNACH WĘGLOWYCH NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI I MOŻLIWE ZASTOSOWANIE

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF HEAT-TREATED PYROLYTIC CARBON OBTAINED DIRECTLY ON CARBON FIBRES ON THE SELECTED PROPERTIES AND POSSIBLE APPLICATION

Wielowski R.^{1,*}, Czaja P.², Piekarczyk W.¹, Antosz A.¹, Frączek-Szczypta A.¹

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

² Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej im. Aleksandra Krupkowskiego Polskiej Akademii Nauk, ul. W. Reymonta 25, Kraków, 30-059, Polska

*rwielows@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

węgiel pirolityczny, włókna węglowe, metoda CVD, kompozyty C-C, obróbka cieplna

Streszczenie

Węgiel pirolityczny (PyC), w literaturze znany także jako pirowęgiel, jest syntetyczną odmianą węgla otrzymywaną na drodze poprzez pirolizę węglowodorów lekkich przy użyciu kombinowanych technik chemicznego osadzania z fazy gazowej (CVD) [1]. Powszechnie znalazł swoje zastosowanie przede wszystkim w przemyśle jako kompozyt węgiel-węgiel (C-C) [2] oraz w medycynie głównie jako warstwy na implanty w obszarze układu krwionośnego [3]. Innowacyjnym podejściem jest wykorzystanie jego niesamowitych właściwości mechanicznych i biologicznych do stymulacji i kontaktu z tkanką nerwową w postaci kompozytów na bazie włókien węglowych (CF) i osnowy pirowęglowej, otrzymanych nowoczesną odmianą metody CVD z bezpośrednim, oporowym grzaniem wiązki włókien [4].

Badając wpływ dodatkowej obróbki termicznej (1600°C i 2000°C) uzyskanych kompozytów (1100°C) na wybrane właściwości morfologiczne, mikrostrukturalne, teksturalne, czy strukturę i właściwości mechaniczne można ocenić relacje pomiędzy nimi, tworząc m.in. trajektorię grafityzacji i krystaliczności w obszarze fazy włóknistej i osnowy PyC, zmiany zorientowania krystalicznych i pseudokrystalicznych domen węglowych czy aspekty nieciągłości na granicy międzyfazowej w funkcji temperatury.

Wyniki prac wykazały, że PyC charakteryzował się niską i średnią teksturą (LT i MT PyC), zaś analiza trajektorii grafityzacji pozwoliła określić, iż jedynymi zmianami strukturalnymi w materiale osnowy był rozrost krystalitów bez znaczącego porządkowania się PyC. Co więcej, udowodniono, że wraz ze wzrostem temperatury, następował wzrost rozmiarów obecnych już krystalitów oraz ilość defektów mikrostrukturalnych na granicy międzyfazowej, co skorelowano z właściwościami mechanicznymi kompozytów.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu numer: UMO-2020/39/B/ST5/02126.

Literatura

- [1] Je J.H., et al., A study on the deposition of pyrolytic carbons from hydrocarbons, Carbon N Y 22 (1984) 563-570
- [2] Gruber U., et al., Chapter 12.2 Carbon Fiber Reinforced Carbon, Industrial Carbon and Graphite Materials, Volume I: Raw Materials, Production and Applications (2021).
- [3] More R.B., et al., Pyrolytic carbon for long-term medical implants, Biomaterials science. (2013) 209-222.
- [4] Frączek-Szczypta A., et al., Exploring CVD Method for Synthesizing Carbon-Carbon Composites as Materials to Contact with Nerve Tissue. Journal of Functional Biomaterials. 14(9):443 (2023).

BADANIE PODATNOŚCI MAGNETYCZNEJ ROZTWORÓW WODNYCH I ORGANICZNYCH

QUANTIFYING THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF AQUEOUS AND ORGANIC SOLUTION

Wojtaszek K.^{1,*}, Kolczyk-Siedlecka K.¹, Wojnicki M.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Metali Nieżelaznych, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

*kwojtasz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

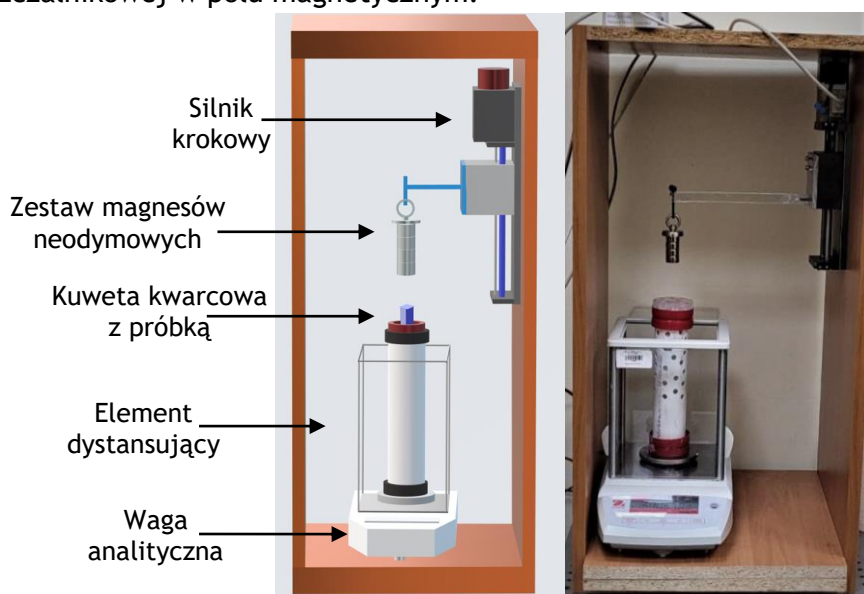
Magnetyzm, jony paramagnetyczne, waga Faradaya.

Streszczenie

Zaprezentowano nową metodę pomiaru właściwości magnetycznych roztworów wodnych i organicznych. Metoda opiera się na pomiarze siły wynikającej z oddziaływania próbki z polem magnetycznym. Wykorzystano magnesy neodymowe połączone z silnikiem krokowym do regulacji odległości między magnesami a próbką, a jako tensometru użyto wagi analitycznej (Rys. 3). Przeprowadzono pomiary podatności magnetycznej na wybranych roztworach nieorganicznych i organicznych. Symulacje numeryczne pozwoliły na przekształcenie wyników do ilościowych wartości opisujących podatność magnetyczną substancji.

Zaproponowana metoda cechuje się znaczną czułością, umożliwiając pomiar substancji organicznych i nieorganicznych. Na przykładzie metodologicznym wykonano pomiary podatności magnetycznej roztworów jonów holmu(III) oraz wybranych substancji organicznych, w tym ekstrahentów organicznych stosowanych w ekstrakcji rozpuszczalnikowej jonów metali ziem rzadkich.

Metodologia pozwala na ilościową ocenę podatności magnetycznej prawie każdej substancji za pomocą stosunkowo prostego systemu eksperymentalnego. Opracowana technika stanowi preludium do badań kinetyki migracji jonów metali ziem rzadkich podczas ekstrakcji rozpuszczalnikowej w polu magnetycznym.



Rys. 3 Stanowisko do pomiaru właściwości magnetycznych substancji.

PRECYZJA I DOKŁADNOŚĆ MAPOWANIA LOKALNYCH ZNIEKSZTAŁCENÍ SIECI PRZY WYKORZYSTANIU TECHNIKI EBSD I CALM

PRECISION AND ACCURACY OF MAPPING LOCAL LATTICE DISTORTIONS USING EBSD AND CALM TECHNIQUES

Wójciak K.^{1,*}, Tokarski T.¹, Cios G.¹, Nolze G.^{2,3}

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Al. Mickiewicza 30, 30-059
Kraków, Polska

² Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) Unter den Eichen 87, 12-205 Berlin,
Niemcy

³ TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mineralogie Brennhausgasse 16, 09-599 Freiberg, Niemcy
*kwojciak@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

Dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD), linie Kikuchiego, centrum projekcji, lokalne zniekształcenia sieci

Streszczenie

Dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD) jest bardzo wszechstronną techniką analityczną pozwalającą na charakteryzację struktury materiału.

Historycznie, obrazy dyfrakcyjne (linie Kikuchiego) zarejestrowane podczas analizy EBSD były rozwiązywane przy użyciu transformacji Hougha/Radona. Względna prostota algorytmu Hougha pozwala na szybkie indeksowanie obrazów dyfrakcyjnych/patternów w czasie rzeczywistym, jednak kosztem precyzji i dokładności rozwiązania. Ostatnia dekada przyniosła kilka nowych technik eksperymentalnej analizy patternów, skupiając się całkowicie na procedurach analizy obrazu. Techniki takie jak pattern matching lub różne warianty EBSD o wysokiej rozdzielczości, wykorzystują dużą moc obliczeniową nowoczesnych komputerów, aby skutecznie poprawić rozdzielczość kątową analizy orientacji. Wszystkie wyżej wymienione techniki wymagają jednak wcześniejszej znajomości struktury materiału w celu przeprowadzenia analizy orientacji.

Niedawno zaprezentowany algorytm [1] zastosowany w oprogramowaniu Crystallographic Analysis of Lattice Metric (CALM) skutecznie usuwa to ograniczenie. Metryka sieci i orientacja kryształu są rekonstruowane bezpośrednio z pozycji śladów i szerokości pasm Kikuchiego. Do tej pory program CALM został przetestowany na pojedynczych obrazach dyfrakcyjnych, gdzie oszacowano dokładność i precyzję [2]. Unikalna cecha tej metodologii daje również możliwość zastosowania jej w analizie ciągłej zmiany metryki sieci. Podczas mapowania geometria projekcji gnomonicznej (reprezentowana przez centrum projekcji) jest stale zmieniana, co zmniejsza ogólną wydajność algorytmu. W prezentacji zostanie przedstawiona szczegółowa analiza wpływu centrum projekcji na precyzję i dokładność pomiarów oraz zostanie odniesiona ona do metody pattern matching. Dodatkowo zostanie krótko omówiony efekt excess-deficiency (nadmiar-niedobór) wpływający na błąd w wykrywaniu pozycji pasm.

Podziękowania

Praca ta została zrealizowana w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki nr 2020/37/B/ST5/03669.

Literatura

[1] G. Nolze, T. Tokarski, Ł. Rychłowski Ł, I in. Crystallographic analysis of the lattice metric (CALM) from single electron backscatter diffraction or transmission Kikuchi diffraction pattern, J. Appl. Crystall., 54, 1012-1022, 2021.

[2] G. Nolze i in., Use of electron backscatter diffraction patterns to determine the crystal lattice. Part 1. Where is the Bragg angle? J. Appl. Crystall. 56 (2), 361-366, 2023.

OPRACOWANIE METODY PROJEKTOWANIA I WYTWARZANIA ORTEZ PRZEDRAMIENIA W TECHNOLOGII DRUKU 3D

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DESIGNING AND MANUFACTURING FOREARM ORTHOSES USING 3D PRINTING TECHNOLOGY

Zakręcki A.^{1,*}

¹Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

*zakrecki@agh.edu.pl

Słowa kluczowe

Druk 3D, projektowanie CAD, orteza przedramienia, HP MultiJet Fusion, Selective Laser Sintering

Streszczenie

Proces projektowania ortozy przedramienia wymaga od konstruktora wiedzy z zakresu urazów przedramienia, technik projektowania CAD oraz technologii wytwarzania m.in. druku 3D. W przedstawionej pracy opracowano metodę projektowania ortez przedramienia z wykorzystaniem technologii HP MultiJet Fusion (HP MJF) oraz Selective Laser Sintering (SLS). W niniejszej pracy przedstawiono zastosowanie technologii skanowania 3D na bazie skanera 3D Structure Sensor Pro do przygotowania wirtualnego modelu przedramienia do zaprojektowania na niej ortozy. Przeprowadzono kompleksową analizę materiału poliamid PA12 z którego zaprojektowano ortezę. Wykonano próbę rozciągania, zginania, wykonano pomiar chropowatości, twardości. Przygotowano dane związane z procesem projektowania ortozy w oparciu o anatomię urazu przedramienia oraz ułożenie dłoni przedramienia wraz z systemem regulacji. Opracowano schemat projektowania ortozy oparty na opracowaniu grup rozmiarowych. Przeprowadzono analizę wytrzymałościową ortozy. Wykonano ortezę w technologii HP MJF i SLS wraz z ich obróbką wykańczającą metodami obróbki wykańczającej DyeMansion. Finalnym rozwiązaniem jest orteza przedramienia z systemem regulacji. W niniejszej pracy dokonano procesu projektowania ortozy przedramienia metodą druku 3D od pracy koncepcyjnej do wykonania gotowego produktu.



Rys. 1 orteza przedramienia wykonana w technologii druku 3D

NOWE PERSPEKTYWY W PRODUKCJI PIANEK POLIURETANOWYCH: ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA DLA POLIOLI PETROCHEMICZNYCH NEW PERSPECTIVES IN THE PRODUCTION OF POLYURETHANE FOAMS: ALTERNATIVE SOURCES FOR PETROCHEMICAL POLYOLS

Zakrzewska P.^{1,*}, Kuźnia M.¹, Telejko T.¹

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, Al. Adama Mickiewicza 30, Kraków, 30-059, Polska

*trestka@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

sztynne pianki poliuretanowe, bio-poliiole, zrównoważone materiały

Streszczenie

Sztynne pianki poliuretanowe (PUR) to materiały należące do grupy polimerów syntetycznych. Jeden z głównych substratów do produkcji pianek (polioli) syntezowany jest z nieodnawialnych surowców - ropy naftowej i jej pochodnych. W ciągu ostatnich lat obserwuje się dynamiczny rozwój przemysłu polimerów syntetycznych z uwagi na coraz szersze zastosowanie tych materiałów. Zjawisko to wpływa na coraz większe zużycie ropy naftowej. Szacowane jest, że do 2050 roku w tym sektorze będzie wykorzystywane rocznie około 20% ropy naftowej zużywanej na świecie [1]. Jedną z podstawowych zasad zrównoważonego rozwoju jest ograniczenie zużycia paliw kopalnych. W związku z tym poszukuje się alternatywnych surowców, którymi można byłoby zastąpić składniki wykorzystywane w technologii materiałów poliuretanowych.

Obecnie prowadzone są badania nad częściowym zastąpieniem polioli produkowanych z substancji petrochemicznych bio-poliolami z substancji tłuszczowych. Surowce, z których pozyskiwane są ekologiczne poliiole to najczęściej oleje roślinne: olej rzepakowy, olej słonecznikowy oraz olej palmowy [2-4]. Ponadto w PUR stosuje się również zużyte oleje kuchenne [5]. Zastosowanie bio-polioli w układach sztywnej pianki poliuretanowej - oprócz pozytywnego aspektu ekologicznego - pozwala również na modyfikację i poprawę wybranych własności tych materiałów.

Obiecującym źródłem do pozyskiwania tłuszczu do produkcji bio-polioli mogą być osady ściekowe pobierane z komór odłuszczających, które po zastosowaniu wstępnej obróbki: podgrzaniu, odseparowaniu największych frakcji stałych oraz wysuszeniu mogą być przetwarzane w celu pozyskania bio-polioli. Otrzymana frakcja osadów ściekowych zawiera do 60% tłuszczu.

Podziękowania

Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki, Polska, w ramach projektu nr 2023/49/N/ST11/01000 [PRELUDIUM-22].

Literatura

- [1] Schneiderman D. K., Hillmyer M. A., 50th Anniversary Perspective: There Is a Great Future in Sustainable Polymers, *Macromolecules* 50 (2017) 3733-3749
- [2] Asare M. A., Kote P., Chaudhary S., de Souza, F. M., Gupta R. K., Sunflower oil as a renewable resource for polyurethane foams: effects of flame-retardants, *Polymers*, 14(23) (2022), 5282
- [3] Uram K., Prociak A., Kurańska M., Influence of the chemical structure of rapeseed oil-based polyols on selected properties of polyurethane foams, *Polimery* 65 (2020) 698-707
- [4] Marcovich N. E., Kurańska M., Prociak A., Malewska E., Bujok S., The effect of different palm oil-based bio-polyols on foaming process and selected properties of porous polyurethanes, *Polymer International*, 66(11) (2017) 1522-1529
- [5] Kurańska M., Malewska E., Waste cooking oil as starting resource to produce bio-polyol - analysis of transesterification process using gel permeation chromatography, *Ind. Crops Prod.* 162 (2021) 113294

SPIEKANIE LASEROWE CERAMIKI CYRKONOWEJ

LASER SINTERING OF ZIRCONIA CERAMICS

Zbiesz P.^{1,*}

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

*zbiesz@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

dwutlenek cyrkonu, selektywne spiekanie laserowe, ceramika, formowanie przestrzenne, druk 3D

Streszczenie

Jednym z najszerzej stosowanych materiałów ceramicznych w zastosowaniach funkcjonalnych i medycznych jest dwutlenek cyrkonu (ZrO_2). Jednocześnie jednym z najnowszych trendów dotyczących wytwarzania elementów ceramicznych jest ich formowanie przestrzenne ze wsparciem wiązki laserowej.

W przeciwieństwie do części formowanych z proszków metalicznych parametry spiekania laserowego (m.in. moc lasera, długość fali, atmosfera spiekania) oraz doboru materiału (oparty na wiązaniu jonowym lub kowalencyjnym) odgrywają tutaj niebagatelne znaczenie w wytwarzaniu dobrej jakości wydruków. Dodatkowo modyfikacja materiału poprzez wprowadzanie dodatków do proszków ceramicznych też ma wpływ na końcowy wynik formowania przestrzennego.

Prezentacja przedstawia wpływ właściwości cieplnych dwutlenku cyrkonu na formowanie przestrzenne wyrobów z tego materiału. Zostały również przedstawione hipotetyczne rozwiązania pozwalające na poprawę spiekalności tego materiału z użyciem wiązki laserowej.

ZASTOSOWANIE TERMOWIZJI DO ANALIZY WŁASNOŚCI SZTYWNEJ PIANKI POLIURETANOWEJ

USING THERMAL INFRARED TO ANALYSE RIGID POLYURETHANE FOAM PROPERTIES

Zygmunt-Kowalska B.^{1,*}, Szajding A.¹, Kuźnia M.¹

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

*zygmunt@agh.edu.pl

Słowa Kluczowe

poliuretany, przewodzenie ciepła, proces spieniania, promieniowanie podczerwone, termogram

Streszczenie

Stosowanie materiałów termoizolacyjnych staje się nie tylko kwestią efektywności energetycznej, ale także spełnienia norm bezpieczeństwa i jakości. Sztywna pianka poliuretanowa (SPPUR) jest jednym z najczęściej wybieranych termoizolatorów dostępnych na rynku [1], jednakże jej aplikacja musi być zgodna z restrykcyjnymi standardami obowiązującymi w branży budowlanej.

W niniejszej pracy przedstawiono możliwości wykorzystania kamery termowizyjnej i analizy otrzymanego obrazu (termogramu) do badania własności SPPUR. Kluczowy wpływ na własności pianki ma proces spieniania, który kształtuje jej strukturę komórkową [2]. Rejestracja promieniowania podczerwonego podczas formowania się SPPUR pozwala na uzyskanie wielu informacji na temat końcowego produktu poliuretanowego. Maksymalna temperatura reakcji, czas wzrostu pianki oraz szybkość ekspansji to tylko niektóre z informacji dotyczących procesu spieniania, które można pozyskać dzięki wykorzystaniu termowizji [3]. W pracy został również przedstawiony sposób przeprowadzania badań z zakresu izolacyjności cieplnej SPPUR. Procedura ta polega na umieszczeniu próbek na równomiernie nagrzanym podłożu oraz na rejestracji rozkładu temperatury na ich powierzchni w trakcie eksperymentu [4].

Podsumowując, wykorzystanie kamery termowizyjnej do badania własności SPPUR stanowi innowacyjne podejście, umożliwiające skuteczną analizę wybranych własności materiału w krótkim czasie. Metoda ta pozwala na szczegółowe monitorowanie procesu spieniania oraz własności termicznych pianki, co jest istotne dla oceny jakości i efektywności tego materiału termoizolacyjnego.

Podziękowania

Praca finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach działalności statutowej AGH nr 16.16.110.663.

Literatura

- [1] Leszczyńska M., Ryszkowska J., Szczepkowski L., Kurańska M., Prociak A., Leszczyński M.K., Gloc M., Antos-Bielska M., Mizera M., Cooperative effect of rapeseed oil-based polyol and egg shells on the structure and properties of rigid polyurethane foams, *Polym. Test.* 90 (2020) 106696
- [2] Reignier J., Alcouffe P., Méchin F., Fenouillot F., The morphology of rigid polyurethane foam matrix and its evolution with time during foaming - New insight by cryogenic scanning electron microscopy, *J. Colloid Interfac. QAAq SEZAEZe Sci.* 552 (2019) 153-165
- [3] Zakrzewska P., Zygmunt-Kowalska B., Kuźnia M., Szajding A., Telejko T., Wilk M., Biomass origin waste as activators of the polyurethane foaming process, *Energies* 16(3) (2023) 1354
- [4] Zygmunt-Kowalska B., Zakrzewska P., Szajding A., Kuźnia M., Stanik R., Gude M., Disposal of rigid polyurethane foam with fly ash as a method to obtain sustainable thermal insulation material, *Constr. Build. Mater.* 417 (2024) 135329