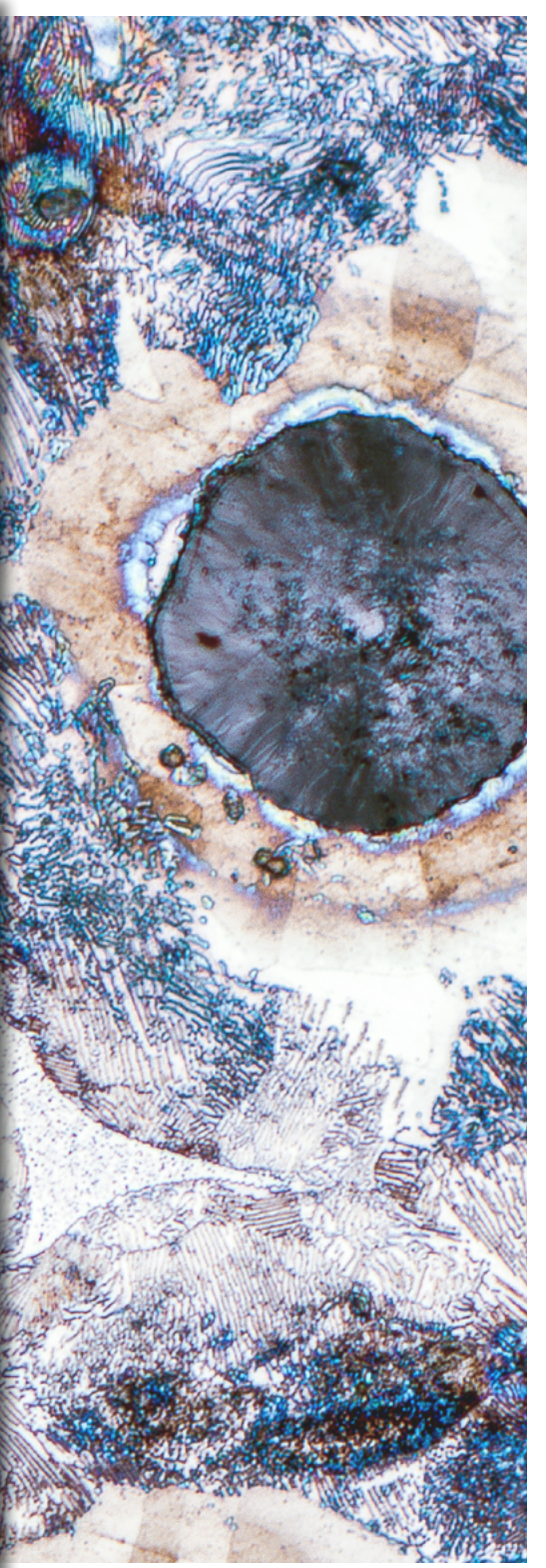
Wydział Inżynierii Materiałowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

ZESPOŁY BADAWCZE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

OFERTA B+R

WYDANIE II



ISBN: 978-83-966679-0-8

DOI: 10.32062/20221102

prof. dr hab. inż.
Adam Woźniak
Prorektor ds. Rozwoju
w kadencji 2020-2024

OD PROREKTORA DS. ROZWOJU POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

Współpraca środowiska naukowego i biznesu jest jedynym z kluczowych czynników wpływających na możliwość skutecznego transferu technologii, a tym samym kreowania innowacyjnej gospodarki, która będzie służyć potrzebom współczesnego społeczeństwa i rozwojowi naszego Kraju. Budowa platformy do komunikacji nauki i biznesu, w tym nawiązywania kontaktów i wymiany doświadczeń oraz przekuwania potrzeb w realne rozwiązania jest ważnym elementem tej współpracy.

Politechnika Warszawska dysponuje unikatową infrastrukturą i aparaturą naukową oraz ogromnym potencjałem zespołów badawczych w obszarze nauk technicznych. Dzięki temu Politechnika Warszawska zajmuje czołowe miejsce wśród polskich uczelni technicznych, szczególnie w obszarze badań aplikacyjnych, których efektem są patenty i innowacje. Komercjalizacja wiedzy jest potwierdzeniem użyteczności społecznej badań prowadzonych na uczelni, a środki z niej uzyskiwane stają się coraz ważniejszym elementem finansowania kolejnych prac badawczo-rozwojowych.

Politechnika Warszawska znalazła się w gronie najlepszych uczelni w Polsce wyłonionych w wyniku konkursu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Inicjatywa Doskonałości - Uczelnia Badawcza". Uzyskaliśmy status uczelni badawczej. To olbrzymi prestiż, ale również szereg nowych możliwości szybszego rozwoju, prowadzenia badań naukowych na światowym poziomie, także rozwijania oferty badawczej dla innowacyjnej, opartej na nowych technologiach gospodarki.

Serdecznie zapraszam do zapoznania się z prezentowanym katalogiem usług B+R Politechniki Warszawskiej. Mam nadzieję, że ta lektura stanie się inspiracją i przyczynkiem do nawiązania współpracy, czego i Państwu i sobie życzę.

OD DZIEKANA WYDZIAŁU

Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej jest jednym z czołowych ośrodków naukowo-badawczych i dydaktycznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa zarówno w Polsce, jak i na świecie.

Badania prowadzone na Wydziale związane są z głównymi nurtami współczesnej nauki o materiałach. Specyfiką Wydziału jest interdyscyplinarny charakter badań, które są ukierunkowane na związki między makro-, mikro- i nanostrukturą a właściwościami materiałów stosowanych w różnych gałęziach przemysłu, m.in. w transporcie, energetyce, medycynie i ochronie środowiska.

Nasza infrastruktura badawcza i wysoko wyspecjalizowana kadra naukowa pozwalają na prowadzenie zaawansowanych badań z zakresu inżynierii materiałowej w obrębie kilkunastu grup badawczych funkcjonujących w ramach Wydziału.

Wydział Inżynierii Materiałowej prowadzi szeroką współpracę z jednostkami naukowymi oraz z przemysłem zarówno w kraju, jak i za granicą. Współpraca ta odbywa się nie tylko w ramach projektów. Bogata infrastruktura badawcza pozwala na wykonywanie ekspertyz i badań dla przemysłu, jednostek samorządu terytorialnego oraz biznesu.

Zapraszam do współpracy!

prof. dr hab. inż.
Anna Boczkowska
Dziekan Wydziału
Inżynierii Materiałowej

SPIS TREŚCI

ZAKŁAD INŻYNIERII POWIERZCHNI STR. 7
- ZESPÓŁ NANOSTAL STR. 8
- LABORATORIUM OBRÓBEK CHEMICZNYCH I ELEKTROCHEMICZNYCH STR. 10
- LABORATORIUM OBRÓBEK POWIERZCHNIOWYCH W NISKOTEMPERATUROWEJ PLAZMIE STR. 12

ZAKŁAD MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH I POLIMEROWYCH STR. 15
- ZESPÓŁ KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH STR. 16
- ZESPÓŁ MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH STR. 18
- ZESPÓŁ NANOMATERIAŁÓW BIOAKTYWNYCH STR. 20

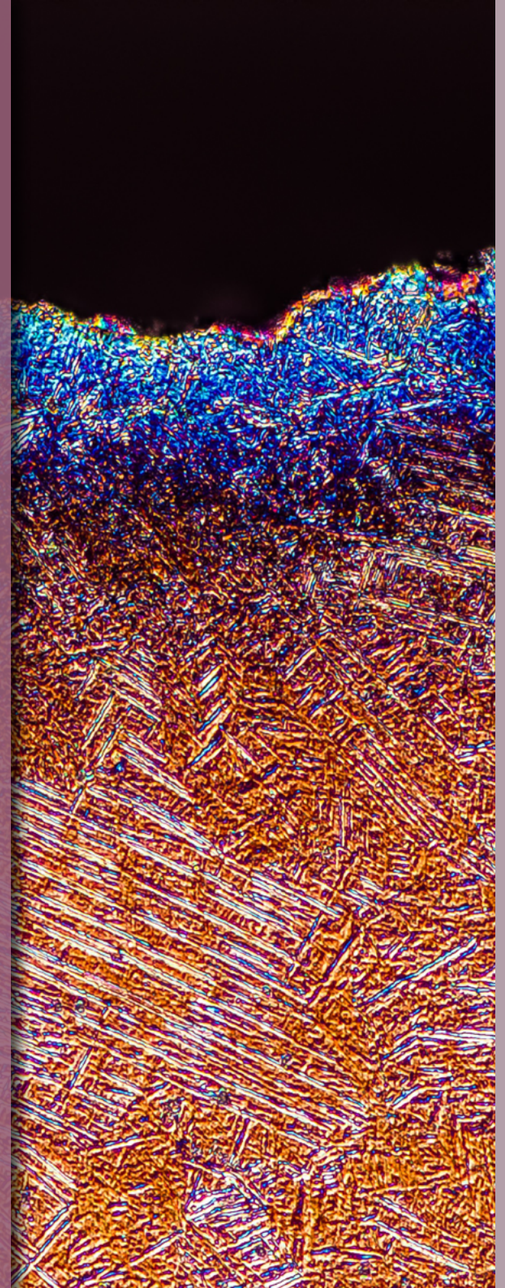
ZAKŁAD MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH I FUNKCJONALNYCH STR. 23
- ZESPÓŁ CIECZY NIENEWTONOWSKICH STR. 24
- ZESPÓŁ MATERIAŁÓW MAGNETYCZNYCH STR. 26
- ZESPÓŁ AMORFICZNYCHI NANOKRYSTALICZNYCH MATERIAŁÓW MAGNETYCZNIE MIĘKKICH STR. 28
- ZESPÓŁ STOPÓW WYSOKOENTROPOWYCH STR. 30
- ZESPÓŁ SYNTEZY MECHANICZNEJ I SPIEKANIA PROSZKÓW STR. 32
- ZESPÓŁ SZKIEŁ METALICZNYCH STR. 34

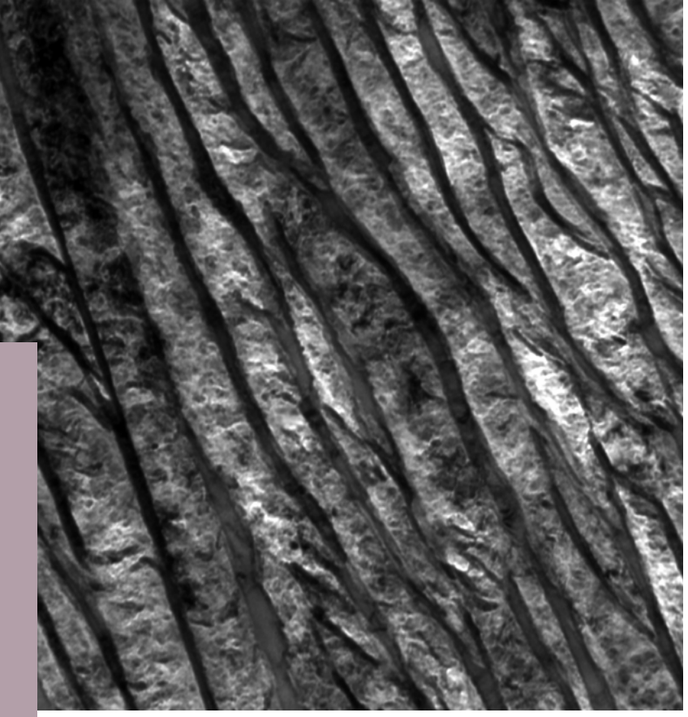
ZAKŁAD PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW STR. 37
- ZESPÓŁ MODELOWANIA KOMPUTEROWEGO MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI STR. 38
- ZESPÓŁ CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁÓW ODKSZTAŁCANYCH PLASTYCZNIE STR. 40
- ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA METALI NIEŻELAZNYCH I ICH STOPÓW STR. 42
- ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA PRZEMYSŁU WYDOBYWCZEGO STR. 44
- ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA ENERGETYKI STR. 46
- ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA PRZEMYSŁU LOTNICZEGO STR. 48

ZAKŁAD PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW CD. STR. 50

- ZESPÓŁ MATERIAŁÓW POROWATYCH STR. 50
- ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW ULTRADROBNOZIARNISTYCH I NANOKRYSTALICZNYCH „NANO” STR. 52
- ZESPÓŁ BIOMATERIALS STR. 54
- LABORATORIUM PREPARATYKI PRÓBEK DO BADAŃ ELEKTRONOMIKROSKOPOWYCH STR. 56
- LABORATORIUM BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH STR. 58
- LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU STR. 60
- LABORATORIUM MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ STR. 62
- LABORATORIUM DYFRAKCJI RENTGENOWSKIEJ STR. 64
- LABORATORIUM BADAŃ TERMOWIZYJNYCH STR. 66

ZAKŁAD INŻYNIERII POWIERZCHNI





ZESPÓŁ NANOSTAL

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#PRZEMIANY FAZOWE W STALACH
#OBRÓBKA CIEPLNA STALI #OBRÓBKA CIEPLNO-CHEMICZNA
#NANOSTRUKTURYZACJA STALI I ŻELIWA
#HYBRYDOWE METODY INŻYNIERII POWIERZCHNI

Zespół NANOSTAL – Technologie obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stali nanostrukturalnych działa w Zakładzie Inżynierii Powierzchni na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Grupa zajmuje się zagadnieniami kształtowania składu fazowego i mikrostruktury stali przy wykorzystaniu przemian fazowych, poprzez precyzyjne projektowanie procesów obróbki cieplnej, również przy wykorzystaniu metod inżynierii powierzchni. Celem tych prac jest optymalizacja właściwości mechanicznych i użytkowych stali, w tym jej warstwy wierzchniej, pod kątem potencjalnych zastosowań do wytwarzania określonych wyrobów.

Przedmiotem prac badawczo-rozwojowych są innowacyjne procesy obróbki pozwalające wytworzyć wielofazowe struktury nanokrystaliczne oraz struktury gradientowe, zapewniające stali unikatowe właściwości. Rozwijane są innowacyjne technologie hybrydowe łączące obróbki cieplno-chemiczne (nawęglanie, azotowanie, borowanie i inne) z procesami nanostrukturyzacji stali. Rezultatem tych prac było wytworzenie stali o twardej i odpornej na ścieranie nanokrystalicznej warstwie wierzchniej z gradientowym przejściem do ciągliwego rdzenia o dużej odporności na pękanie. Opracowane technologie obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej pozwalają uzyskiwać wyroby stalowe o szczególnych właściwościach mechanicznych i użytkowych, których nie można osiągnąć przy zastosowaniu konwencjonalnych procesów obróbki.
Zespół współpracuje z firmami takimi jak: Patentus S.A., Warszawskie Zakłady Mechaniczne „PZL-WUZETEM" S.A., Mennica Polska S. A., SECO/WARWICK S.A., Koelner Łańcucka Fabryka Śrub Sp. z o.o., a także Instytutem Mechaniki Precyzyjnej, Instytutem Technologii Eksploatacji - Państwowym Instytutem Badawczym, Central Metallurgical Research and Development Institute - CMRDI (Egipt), Spanish National Centre for Metals Research (CENIM, Hiszpania), COMTES FHT S.A. (Republika Czeska).

KONTAKT

dr hab. inż. Wiesław Świątnicki, prof. uczelni
wieslaw.swiatnicki@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 03
https://wim.pw.edu.pl/nanostal

OFEROWANE USŁUGI

- badania przemian fazowych metodą dylatometryczną
- projektowanie i wykonywanie konwencjonalnych obróbek cieplnych i cieplno-chemicznych stali (nawęglanie, azotowanie)
- projektowanie nowoczesnych procesów obróbki cieplnej stali: nanostrukturyzacji bainitycznej (NB), innowacyjnych obróbek cieplnych (Q&P, B-Q&P, B-Q&T) i innych
- charakterystyka składu fazowego i mikrostruktury przy wykorzystaniu transmisyjnej mikroskopii elektronowej, skaningowej mikroskopii elektronowej i mikroskopii świetlnej
- badania podstawowych właściwości mechanicznych (twardość, mikrotwardość, udarność, badania wytrzymałościowe)
- badania odporności na zużycie przez tarcie
- badania odporności korozyjnej
- ekspertyzy materiałowe: określanie przyczyn zniszczeń elementów maszyn i awarii konstrukcji ze stali, żeliwa i stopów metalicznych

WYBRANE PROJEKTY

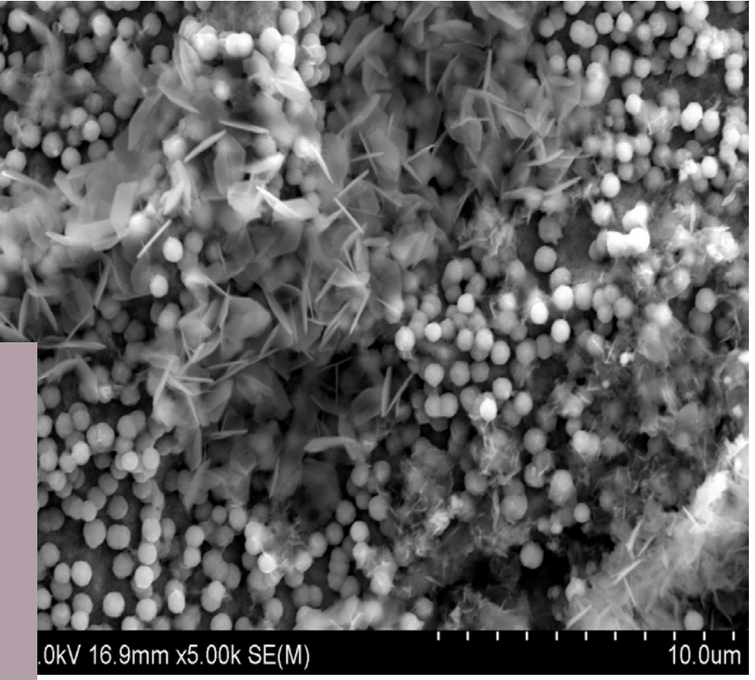
- Opracowanie innowacyjnej technologii produkcji elementów uzębionych z hybrydowymi warstwami powierzchniowymi o podłożu nanostrukturalnym do zespołów napędowych przenośników przeznaczonych do pracy w ekstremalnych warunkach eksploatacyjnych (Nano4Gears, NCBR)
- Opracowanie nowej generacji stali o strukturze nanokrystalicznej z węglikami (NanoCarbain, LIDER, NCBR)
- Kształtowanie właściwości użytkowych stali w procesie hybrydowym łączącym borowanie i nanostrukturyzację (BorNite, POB Technologie materiałowe PW)
- Innowacyjna technologia łącząca proces nanostrukturyzacji stali za pomocą obróbki cieplnej z technikami inżynierii powierzchni (NCBR)
- Opracowanie innowacyjnych hybrydowych warstw powierzchniowych złożonych z powłok antyzużyciowych dedykowanych uzębieniom przekładni zębatych do zespołów napędowych przenośników pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych (NCBR)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- dylatometr hartowniczy Bähr DIL 805L
- mikroskop świetlny NIKON Eclipse MA200
- twardościomierze: Zwick/Roell Z2.5, Zwick/Roell ZHR
- młot udarowy Zwick/Roell RKP450
- tribotester do badań zużycia metodą „kula + tarcza"
- urządzenia do obróbki cieplnej: piec komorowy gazoszczelny, piec fluidalny, wysokotemperaturowa wanna hartownicza, piece muflowe i komorowe
- stanowisko do obróbek cieplnych i cieplno-chemicznych w ultra czystych atmosferach
- przecinarka precyzyjna ATM Brillant 220
- transmisyjny mikroskop elektronowy JEOL 1200EX

PATENTY I ZGŁOSZENIA PATENTOWE

- Sposób wytwarzania struktury nanokrystalicznej w stali łożyskowej (PL 228168)
- Sposób obróbki cieplnej stali (PL 234490)
- Bainityczna stal stopowa, sposób wytwarzania bainitycznej stali stopowej oraz zastosowanie bainitycznej stali stopowej (PL 234049)
- Sposób wytwarzania kół zębatych (PL 236500)
- Sposób obróbki cieplnej stali nawęglonej powierzchniowo (P.425829)



LABORATORIUM OBRÓBEK CHEMICZNYCH I ELEKTROCHEMICZNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#POWŁOKI GALWANICZNE #POWŁOKI WYTWARZANE METODĄ REDUKCJI CHEMICZNEJ #POWŁOKI KONWERSYJNE #ELEKTROLITYCZNE UTLENIANIE PLAZMOWE #ELEKTROCHEMICZNE UTLENIANIE ANODOWE #POWŁOKI NIKLOWE #MATERIAŁY KOMPOZYTOWE #POWŁOKI KOMPOZYTOWE O OSNOWIE NIKLOWEJ #POWŁOKI TLENKOWE WYTWARZANE NA MATERIAŁACH 3D #BADANIA MIKROSTRUKTURY #BADANIA WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH

Laboratorium funkcjonuje w Zakładzie Inżynierii Powierzchni na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Specjalizuje się w wytwarzaniu powłok niklowych, niklowo-fosforowych oraz kompozytowych o osnowie niklowej (Ni/Al_2O_3, Ni/CNTs, Ni/Si_3N_4, Ni/PTFE, Ni/MoS_2, Ni/WS_2, Ni/Ag, Ni/Al_2O_3/Ag i niklowo-fosforowej (Ni-P/Al_2O_3, Ni-P/Si_3N_4, Ni-P/MoS_2), powłok TiO_2 oraz powłok tlenkowych wytwarzanych na stopach aluminium otrzymywanych metodą 3D.

Głównym kierunkiem badań nad powłokami galwanicznymi i chemicznymi jest zapewnienie wzrostu parametrów wytrzymałościowych oraz odporności na korozję i zużycie przez tarcie. Z kolei zaletą elektrochemicznego utleniania anodowego i plazmowego utleniania elektrolitycznego jest możliwość ich połączenia z procesem azotowania jarzeniowego tytanu i jego stopów w kontekście wytwarzania warstw hybrydowych do zastosowań biomedycznych.

Obok badań nad wytwarzaniem powłok realizowane są badania mikrostruktury, morfologii i topografii powierzchni, udziału fazy dyspersyjnej w powłoce (w przypadku warstw kompozytowych), badanie adhezji powłok do podłoża, badanie mikrotwardości, badanie siły tarcia i współczynnika tarcia oraz odporności na zużycie przez tarcie, badanie odporności korozyjnej różnymi metodami w różnych środowiskach korozyjnych.

KONTAKT

dr hab. inż. Jerzy Robert Sobiecki, prof. uczelni
robert.sobiecki@pw.edu.pl
(+48) 22 234 85 47
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Obrobki-elektrochemiczne-i-chemiczne

POWRÓT DO SPISU TREŚCI

OFEROWANE USŁUGI

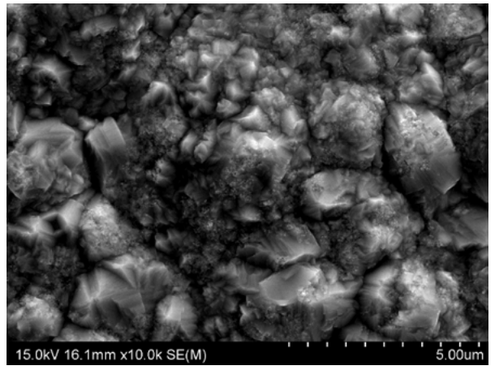
- wytwarzanie powłok:
  - elektrolitycznych (niklowych, miedzianych)
  - osadzanych metodą redukcji chemicznej (niklowo-fosforowych oraz cynkowych)
  - konwersyjnych (fosforanowych oraz powłok wytwarzanych metodą elektrochemicznego utleniania anodowego i plazmowego utleniania elektrolitycznego)
- badania:
  - mikrostruktury (mikroskop optyczny, mikroskop skaningowy)
  - odporności korozyjnej
  - odporności na zużycie przez tarcie
  - przyczepności do podłoża
  - mikro i nanotwardości
  - chropowatości

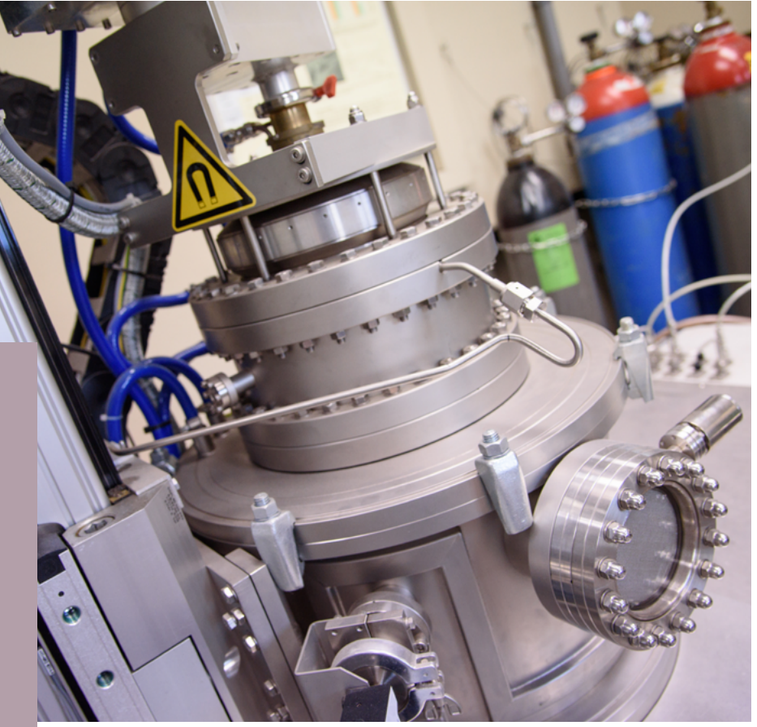
WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie mechanizmu elektrochemicznego utleniania azotku tytanu wytworzonego metodą azotowania jarzeniowego stopu tytanu w aspekcie wytworzenia nowej generacji biomateriałów tytanowych (NCN, 2012–2014)
- Nanomateriały kompozytowe wytwarzane metodą elektrochemiczną (NCN, 2014–2016)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- potencjostaty Atlas EU&IA 0531
- prostownik bipolarny Electro-Tech 600V/5A
- cieplarka laboratoryjna CLN 15 STD
- zasilacz HAMEG HM7042-3 (0-32V, 0-5A)
- oscyloskop GDS 830
- zasilacze wysokonapięciowe Elektrotech ETG 600/20 oraz Elektrotech ETS 600/5 do prowadzenia procesów elektrochemicznego wytwarzania warstw powierzchniowych, w tym Plasma Electrolytic Oxidation
- termostaty typu JULABO EcoTemp TW8
- tribotestery w układach: „kula – tarcza", „rolka – klocek", „3 wałeczki – stożek"
- mikroskop optyczny Nikon Eclipse LV 150N
- mikrotwardościomierz Shimadzu HMV
- nano scratch tester Vantage firmy Micro Materials, umożliwiający wykonywanie pomiarów przyczepności warstw i powłok metodą scratch-test oraz pomiary nanoindentacyjne w zakresie nacisków od 10μN do 500mN





LABORATORIUM OBRÓBEK POWIERZCHNIOWYCH W NISKOTEMPERATUROWEJ PLAZMIE

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#OBRÓBKI POWIERZCHNIOWE #OBRÓBKI CIEPLNO-CHEMICZNE #WARSTWY POWIERZCHNIOWE #POWŁOKI #STOPY Z PAMIĘCIĄ KSZTAŁTU #BIOMATERIAŁY #STALE #STOPY TYTANU #ODPORNOŚĆ NA ŚCIERANIE #ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ #CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁÓW

Laboratorium jest częścią Zakładu Inżynierii Powierzchni Wydziału Inżynierii Materiałowej PW. W ramach działalności Zespołu rozwijane są niekonwencjonalne metody modyfikacji powierzchni materiałów wykorzystujące plazmę nierównowagową, reaktywne atmosfery gazowe zawierające bezpieczne dla środowiska związki.

Technologie są realizowane poprzez łączenie różnych metod obróbek, takich jak: procesy PDT, PVD, CVD, elektrochemiczne. Tak wytwarzane warstwy należą do najnowocześniejszej generacji warstw antyściernych i antykorozyjnych, umożliwiających także wzrost właściwości mechanicznych obrabianych materiałów, takich jak: stale, stopy tytanu, niklu, magnezu, aluminium oraz polimery i kompozyty.

W Zespole prowadzone są badania dotyczące charakterystyki wytwarzanych warstw, tj. mikrostruktury, topografii powierzchni, składu chemicznego i fazowego, naprężeń własnych oraz właściwości mechanicznych, chemicznych w kontekście zastosowań w przemyśle oraz opracowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych urządzeń do realizacji w/w procesów.

KONTAKT

dr hab. inż. Jerzy Robert Sobiecki, prof. uczelni
robert.sobiecki @pw.edu.pl
(+48) 22 234 85 47
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Obrobki-powierzchniowe-w-niskotemperaturowej-plazmie

OFEROWANE USŁUGI

- obróbki powierzchniowe materiałów w niskotemperaturowej plazmie, w tym procesy hybrydowe - dobór warunków technologicznych w aspekcie zwiększania trwałości i niezawodności obrabianych materiałów stosowanych w różnych gałęziach przemysłu
- badania struktury, składu fazowego i chemicznego (SEM, TEM, MO, XRD, EDS), morfologii i topografii powierzchni (AFM, profilometr optyczny) wytwarzanych warstw powierzchniowych
- badania właściwości wytwarzanych materiałów m.in. tribologicznych, odporności korozyjnej, właściwości mechanicznych, przyczepności i zwilżalności
- modyfikacje konstrukcyjne urządzeń w aspekcie opracowywania nowych procesów technologicznych

WYBRANE PROJEKTY

- Wprowadzenie do praktyki klinicznej oryginalnej polskiej wszczepialnej wirowej pompy wspomagania serca oraz systemu zdalnego monitorowania i nadzorowanej zdalnie rehabilitacji pacjentów na wspomaganiu serca – zadanie badawcze pt.: „Transfer technologii wytwarzania klinicznej pompy Religa Heart ROT do pilotażowej produkcji wersji klinicznej protezy oraz wytworzenia partii informacyjnej do badań przedklinicznych i klinicznych" (NCBR, STRATEGMED 2, 2015–2018)
- Opracowanie i wdrożenie do produkcji niskotemperaturowego ekstraktora wirnikowego dla branży farmaceutycznej (NCBR, 2020–2022)
- Opracowanie innowacyjnych hybrydowych warstw powierzchniowych złożonych z powłok antyzużyciowych dedykowanych uzębieniom przekładni zębatych do zespołów napędowych przenośników pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych (TECHMATSTRATEG-III, 2021–2024)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- półprzemysłowe urządzenie do obróbek jarzeniowych stali i stopów tytanu – procesy azotowania, tlenoazotowania, azotonawęglania jarzeniowego
- trzy laboratoryjne urządzenia do obróbek jarzeniowych stali, stopów tytanu, stopów niklu, stopów magnezu z możliwością prowadzenia procesów z tzw. „aktywnym ekranem"
- urządzenie do obróbek RF/MW CVD Roth&Rau Microsys 40
- laboratoryjna napylarka jonowa JEOL Fine Coat Ion Sputter JFC-1100
- napylarka próżniowa JEOL JEE-4X Vacuum Evaporator
- urządzenie laboratoryjne do wytwarzania powłok metodą rozpylania magnetronowego
- scratch tester Revetest (1-200N) firmy CSM Instruments
- chropowatościomierz kontaktowy Mitutoyo SJ-210N
- nano scratch tester Vantage firmy Micro Materials

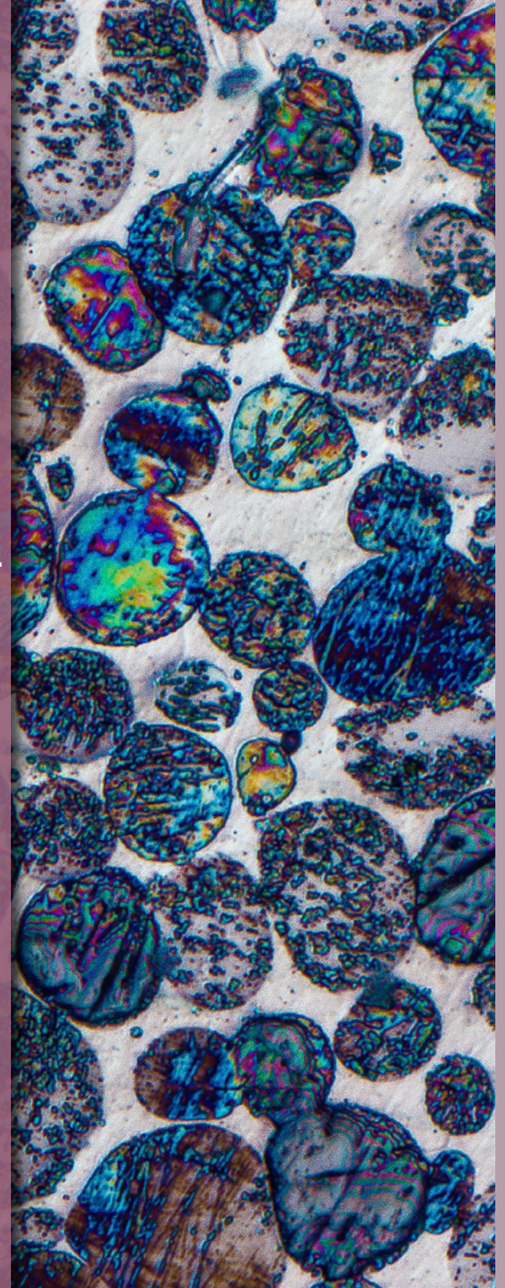
WYBRANE OSIĄGNIĘCIA

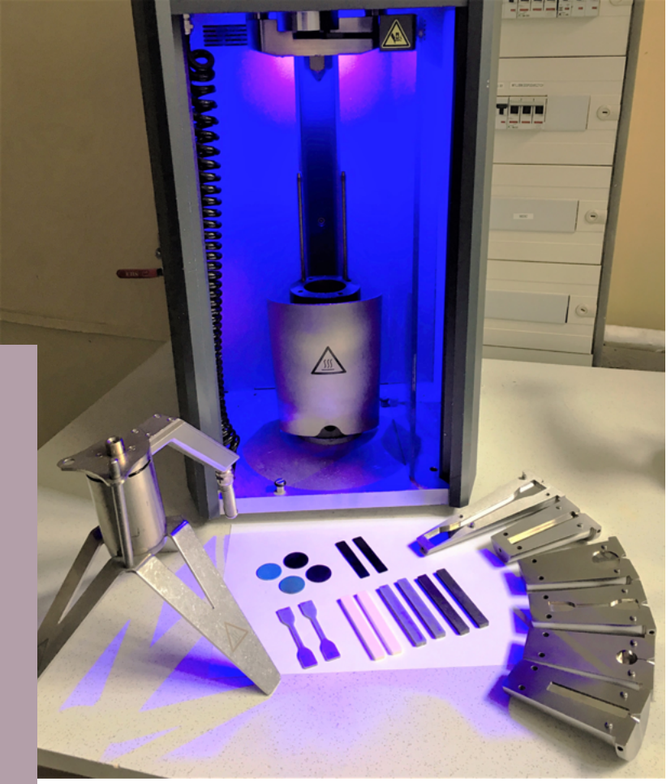
- nagroda specjalna Ministra Gospodarki eCO_2 innowacja w konkursie Polski Produkt Przyszłości 2012 za projekt „Technologie hybrydowe w niskotemperaturowej plazmie"
- opracowanie konstrukcji urządzenia o charakterze uniwersalnym do obróbek jarzeniowych tj. do realizacji różnych procesów m.in. azotowania, tlenoazotowania i węgloazotowania, jak również do realizacji obróbek hybrydowych, które zdobyło pierwszą nagrodę w ogólnopolskim konkursie „Najlepsze osiągnięcie techniczne 2011 r." (Nagroda Stowarzyszenia Inżynierów i Mechaników Polskich 2012 r.)

PATENTY

- Sposób wytwarzania ochronnych kompozytowych warstw powierzchniowych na stopach tytanu na implanty kostne (PL 200599B1)
- Sposób wytwarzania ochronnych kompozytowych warstw powierzchniowych na elementach ze stopu niklu lub tytanu (PL 207242B1), który zdobył złoty medal na Międzynarodowej Wystawie Wynalazków i Innowacji (Warszawa, 2007)
- Sposób wytwarzania implantu kostnego i/lub ze stopu tytanu i implant stawu biodrowego (PL 222163B1)

ZAKŁAD MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH I POLIMEROWYCH





ZESPÓŁ KOMPOZYTÓW POLIMEROWYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#KOMPOZYTY POLIMEROWE #NANOKOMPOZYTY POLIMEROWE #KOMPOZYTY PRZEWODZĄCE #HYDROFOBOWE POWŁOKI POLIURETANOWE #POWŁOKI LODOFOBOWE #MATERIAŁY INTELIGENTNE #WYTWARZANIE I CHARAKTERYZACJA #BADANIA WŁAŚCIWOŚCI TERMICZNYCH #BADANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH #BADANIA STARZENIOWE #BADANIA PRZEWODNOŚCI ELEKTRYCZNEJ #BADANIA MIKROSTRUKTURY

Zespół kompozytów polimerowych jest częścią Zakładu Materiałów Ceramicznych i Polimerowych Wydziału Inżynierii Materiałowej PW. Zespół ten posiada wieloletnie doświadczenie w wytwarzaniu i badaniu kompozytów oraz nanokompozytów polimerowych, potwierdzone udziałem w wielu projektach B+R, zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

W obszarze zainteresowań znajdują się kompozyty polimerowe wzmacniane włóknami, w szczególności węglowymi, nanokompozyty polimerowe (z nanorurkami węglowymi, grafenem, nanocząstkami ceramicznymi), materiały inteligentne aktywowane polem magnetycznym lub elektrycznym, materiały samonaprawiające się. Prowadzone są także badania nad modyfikacją powłokowych materiałów polimerowych oraz strukturyzacją ich powierzchni w celu nadania im właściwości hydro- lub lodofobowych.

Celem badań jest także poprawa przewodności elektrycznej i termicznej kompozytów włóknistych. Kolejnym kierunkiem badań są kompozyty ceramiczno-polimerowe z perkolacją faz o dużej zdolności do pochłaniania energii mechanicznej. Zespół współpracuje z wieloma ośrodkami naukowymi (krajowymi i zagranicznymi), a także z przemysłem. Grupa prowadzi również ekspertyzy i badania na zlecenie przemysłu.

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- komora starzeniowa z UV Binder MKF 115
- komora mgły solnej Anticorr SaltCab 150
- mikroskop SEM Hitachi TM-3000 z przystawką EDS
- stanowisko laserowe z laserem UV o mocy 5W i 6-osiowym ramieniem robota oraz laserem IR o mocy 20W
- profilometr optyczny Sensofar S lynx
- chropowatościomierz Mitutoyo SJ-310

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Anna Boczkowska
anna.boczkowska@pw.edu.pl
(+48) 22 234 83 99; 22 234 77 62
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Kompozyty-polimerowe

- różnicowy kalorymetr skaningowy DSC Q1000 TA
- termograwimetryczny analizator TGA Q500
- spektrometr FTIR ATR, Nicolet 6700
- kalander EXAKT 80E
- reometr rotacyjny ARES TA z komorą wysokotemperaturową, przystawką Peltiera i magnetyczną
- ultramikrotom Leica EM UC6 z niskotemperaturową komorą
- obrabiarka CNC ze stołem roboczym o wielkości 40 x 40 cm
- lepkościomierz cyfrowy serii DV-II+ firmy Brookfield
- twadrościomierz Shore'a A i D
- laboratoryjna wytłaczarka HAAKE MiniLab II
- laboratoryjna wtryskarka HAAKE 8482 MiniJet Pro Piston Injection Molding System
- nanowoltomierz Keithley 6221/2182A
- dynamiczno-mechaniczny analizator termiczny DMA Q800 TA Instruments
- młot udarnościowy Charpy Resil 5,5 CEAST z nacinarką karbów
- plastometr MP 600 firmy Tinius Olsen
- tester przenikalności gazów PERME VAC-V1
- miernik małej rezystancji Keithley DMM6500/SMU2450

PATENTY

- A method for recovering polymer for printing PETG substrates (EP 2 987 822 B1, 2017)
- Materiał kompozytowy o osnowie polimerowej i sposób wytwarzania materiału kompozytowego (PL 228039, 2017)
- Sposób wytwarzania włókien i włókniny z nanorurkami węglowymi (PL 221848 B1, 2016)
- Sposób wytwarzania nanokompozytu uretanowo-mocznikowego i nanokompozyt uretanowo-mocznikowy (PL 213337 B1, 2013)
- Poliuretan bioresorbowalny, sposób wytwarzania poliuretanu bioresorbowalnego, kompozyt ceramika-poliuretan bioresorbowalny i sposób wytwarzania kompozytu ceramika-poliuretan bioresorbowalny (PL 212636 B1, 2012)

OFEROWANE USŁUGI

- wytwarzanie i charakteryzacja materiałów kompozytowych
- badania:
  - przyczyn zniszczenia kompozytów
  - reologiczne w funkcji temperatury i pola magnetycznego
  - termiczne TGA, DSC
  - termomechaniczne DMA
  - przewodności elektrycznej
  - mikrostruktury
  - degradacji kompozytów
  - gęstości
  - udarności
  - twardości
  - zwilżalności
  - lepkości i wskaźnika płynięcia
  - grubości powłok
  - spektroskopowe FTIR
  - korozyjne w komorze mgły solnej
  - starzeniowe w komorze klimatycznej
- ekspertyzy materiałowe na zlecenie podmiotów zewnętrznych

WYBRANE PROJEKTY

- Lodofobowe powierzchnie do zastosowań na elementy z kompozytów polimerowych (NCBR, LIDER , 2019–2021)
- Opracowanie technologii obróbki aluminiowych oraz kompozytowych struktur pierwszo i drugorzędowych, (NCBR, 2020–2021)
- Kompozyty polimerowe o podwyższonych właściwościach mechanicznych i elektrycznych na bazie innowacyjnej żywicy termoplastycznej (NCBR, LIDER 2021–2023)
- Innowacyjne tworzywa kompozytowe do zastosowania w transporcie drogowym (NCBR, POIR, 2020–2021)
- Opracowanie inteligentnej konstrukcji ciśnieniowego zbiornika kompozytowego z uchylną dennicą (NCBR, 2020 –2023)

ZESPÓŁ MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#ELASTOMERY POLIURETANOWE #ELASTYCZNE PIANKI POLIURETANOWE #SZTYWNE PIANKI POLIURETANOWE #POLIMERY Z SUROWCÓW ODNAWIALNYCH #KOMPOZYTY Z NAPEŁNIACZAMI NATURALNYMI #POLIMERY DO DRUKU 3D #RECYKLING POLIMERÓW #MODYFIKACJA NAPEŁNIACZY NATURALNYCH #CHARAKTERYSTYKA POLIMERÓW I NAPEŁNIACZY #ANALIZA TERMICZNA #BADANIA SPEKTROSKOPOWE #DEGRADACJA MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH

Zespół działa w Zakładzie Materiałów Ceramicznych i Polimerowych na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Grupa badawcza specjalizuje się w analizie zależności pomiędzy strukturą a właściwościami oraz zastosowaniami materiałów polimerowych.

Grupa realizuje projekty badawcze, badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe oraz ekspertyzy dotyczące opisanej tematyki:

- materiały polimerowe – opis struktury, charakterystyka właściwości, degradacja polimerów,
- kompozyty termoplastów polimerowych z napełniaczami naturalnymi, w tym z produktami ubocznymi z przemysłu rolno-spożywczego,
- materiały poliuretanowe: elastomery poliuretanowe, pianki sztywne, pianki półsztywne, pianki lepkosprężyste, pianki elastyczne, kompozyty poliuretanowe.
- materiały poliuretanowe wytwarzane z zastosowaniem surowców odnawialnych,
- materiały opakowaniowe z produktów ubocznych z przemysłu rolno-spożywczego,
- polimery degradowalne i biodegradowalne,
- recykling termoplastów i duroplastów polimerowych.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Joanna Ryszkowska
joanna.ryszkowska@pw.edu.pl
(+48) 22 234 57 12; 22 628 19 83
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-polimerowe

OFEROWANE USŁUGI

- analiza z zastosowaniem spektroskopii w podczerwieni (FTIR)
- analiza termiczna (DSC, TGA)
- analiza termomechaniczna (DMA)
- analiza i opis struktury polimerów
- ocena przebiegu degradacji
- ocena odkształceń trwałych, odbojności w piankach elastycznych
- ocena kruchości pianek sztywnych
- opis zależności pomiędzy strukturą a właściwościami materiałów polimerowych, w tym poliuretanowych
- opis struktury i właściwości kompozytów WPC i NFC
- opis ilościowy i jakościowy mikrostruktury polimerów i kompozytów WPC i NFC
- oznaczenia gęstości, udarności, twardości i zużycia ściernego
- oznaczenia lepkości
- oznaczenia wskaźnika szybkości płynięcia

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- dynamiczno-mechaniczny analizator termiczny DMA Q800 TA Instruments
- analizator termograwimetryczny TGA Q500 TA Instruments
- różnicowy kalorymetr skaningowy DSC Q1000 TA Instruments
- spektrometr FTIR ATR Nicolet 6700 firmy Thermo Scientific
- mikroskop prześwietleniowy polaryzacyjno-interferencyjny BIOLAR PI
- elektronowy mikroskop skaningowy HITACHI TM3000
- młot udarnościowy Charpy Resil 5,5 CEAST z nacinarką karbów
- lepkościomierz Brookfield DV-II+ PRO z termostatem
- wtryskarka HAAKE 8482 MiniJet Pro Piston Injection Molding System
- wytłaczarka HAAKE MiniLab
- suszarki próżniowe do 200°C
- pompy próżniowe jedno- i dwustopniowe
- dezintegratory ultradźwiękowe
- mieszadła mechaniczne i magnetyczne
- stanowiska do syntez poliuretanów
- reaktor szklany do syntez chemicznych
- twardościomierze Shore'a A i D

WYBRANE PROJEKTY

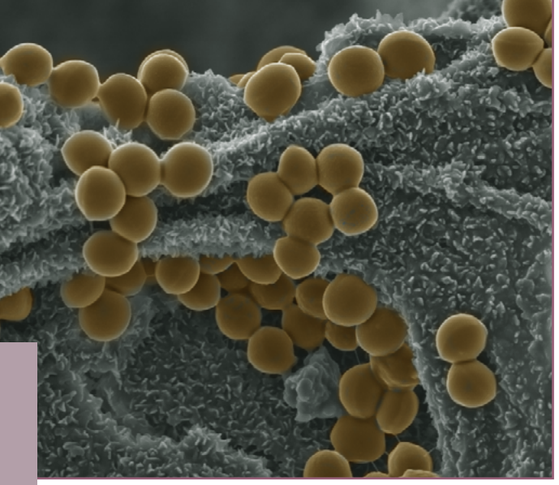
- Eko-pianki poliuretanowe otrzymane z udziałem surowców pochodzenia naturalnego (NCBR, 2012–2015)
- Opracowanie metod neutralizacji zagrożenia wybuchu wytypowanych zbiorników z gazami technicznymi, w tym alternatywnymi źródłami zasilania w środowisku pożarowym na potrzeby ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych (NCBR, 2014–2017)
- Uniepalnianie elastycznych pianek poliuretanowych z zastosowaniem nanonapełniaczy (NCBR, 2009–2012)
- Materiały elastyczne do zastosowania w konstrukcjach implantu dysku międzykręgowego (NCBR, 2009–2012)
- Kompozyty polimerowe z biomasą (NCBR, 2009–2012)
- Opracowanie systemu komponowania olejów napędowych na bazie estrów oleju rzepakowego w GRUPA LOTOS S.A. (NCBR, 2003–2006)

PATENTY

- Otrzymywanie pianek integralnych metodą przyjazną dla środowiska (PL 230383)
- Sposób wytwarzania nadających się do prania pianek wisko-elastycznych (PL 407875)
- Zastosowanie wytłoków z aronii jako napełniacza do wytwarzania biokompozytów pianek poliuretanowych (PL 233444)
- Zastosowanie pestek malin jako napełniacza do wytwarzania biokompozytów pianek poliuretanowych (PL 234693)

INNE OSIĄGNIĘCIA

- Złoty medal od International Federation of Inventors' Associations (IFIA) i World Invention Intellectual Property Associations za innowacyjne rozwiązanie pt. „Protection of cylinders with technical gases from impact of thermal radiation", nagroda zespołowa



ZESPÓŁ NANOMATERIAŁÓW BIOAKTYWNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#NANOCZĄSTKI #NANOKOMPOZYTY #NANOSREBRO #NANOMIEDŹ #NANOCERAMIKA #NANOTLENKI METALI #MATERIAŁY 2D #GRAFEN #MXENES #CHARAKTERYZACJA #BIOBÓJCZE #ANTYBAKTERYJNE #GRZYBOBÓJCZE #WIRUSOBÓJCZE #SAMOSTERYLIZUJĄCE #FOTOKATALIZA #PRZECIWNOWOTWOROWE #HIPERTERMIA #TOKSYCZNOŚĆ #TOKSYKOLOGIA #CYTOTOKSYCZNOŚĆ #EKOTOKSYCZNOŚĆ

KONTAKT

dr hab. inż. Agnieszka Jastrzębska, prof. uczelni
agnieszka.jastrzebska@pw.edu.pl
(+48) 22 324 74 49
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Bioaktywne-nanomaterialy-o-strukturze-2D-kryształu
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Tworzywa-ceramiczne-i-kompozyty-z-ich-udzialem

POWRÓT DO SPISU TREŚCI

Zespół działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW, w Zakładzie Materiałów Ceramicznych i Polimerowych. Koncentruje się na badaniach właściwości bioaktywnych nanomateriałów o strukturze nanokompozytowej, nanohybrydowej i dwuwymiarowej. Obejmuje opracowanie metod syntezy i modyfikacji, badanie mechanizmów oddziaływania na układy biologiczne i katalityczne w odniesieniu do składu chemicznego, morfologii, struktury, właściwości fizykochemicznych. Zespół bada również walory aplikacyjne oraz wpływ modyfikacji materiałów (w tym materiałów dwuwymiarowych takich jak grafen czy MXenes) na ich aktywność biologiczną, skuteczność biobójczą (antybakteryjną, grzybobójczą, wirusobójczą), szeroko pojętą toksyczność w odniesieniu do człowieka i środowiska naturalnego, a także właściwości przeciwnowotworowe. Zespół wykorzystuje m.in. metody zol-żel i hybrydowe, w ramach opracowania metod wytwarzania cząstek nanokompozytowych z udziałem nanosrebra i nanomiedzi. Modyfikacja właściwości fotokatalitycznych nanocząstek tlenku tytanu odbywa się z wykorzystaniem procesów dotowania jonami i modyfikacji nanocząstkami metali.

Zespół szeroko współpracuje z wieloma grupami badawczymi w Polsce (Wydział Fizyki UW, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH, Instytut Wysokich Ciśnień UNIPRESS PAN, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej ZUT w Szczecinie, Wydział Lekarski PUM w Szczecinie czy Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Przemysłu Poligraficznego w Warszawie) i na świecie (Drexel University, Tulane University, ICA Research and Development SRL, Technical University of Cluj Napoca, North Universitary Center of Baia Mare, Babes-Bolyai University of Cluj Napoca) oraz z przemysłem (m.in.: Fabryka Kart Trefl-Kraków Sp. z o.o., POS Lab Sp. z o.o., Amii Sp. z o.o., Paper Cups Factory Sp. z o.o., Linegal Chemicals Sp. z o.o., UST-M Sp. z o.o., NANONET, Kancelaria Doradztwa Gospodarczego Milczarek i Maciąg S.C., Creo+).

Dotychczasowi klienci koncentrują swoje działania na wdrażaniu nano-rozwiązań o charakterze biobójczym, fotokatalitycznym, czy biotechnologicznym, przy zachowaniu całkowitego bezpieczeństwa opracowywanych rozwiązań.

WYBRANE PROJEKTY

- Badania właściwości przeciwnowotworowych nano-kryształów 2D karbidków i azotków tytanu – faz MXenes (NCN, Sonata Bis 7, 2018–2022)
- Badania właściwości bio-aktywnych nowych dwuwymiarowych struktur karbidków lekkich metali przejściowych (MNiSW, Iuventus Plus, 2016–2019)
- Zaawansowane techniki badania in situ zjawiska sorpcji bakterii na powierzchni nowych nanohybrydowych sorbentów grafenowych w układach wodnych (NCN, Sonata Bis 7, 2014–2017)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- analizator wielkości cząstek oraz potencjału Zeta Zetasizer Nano-ZS (Malvern Instruments)
- aparatura do charakteryzacji powierzchni właściwej i porowatości Quadrasorb SI firmy Quantachrome, zaopatrzona w degazer Flo Vac
- homogenizator ultradźwiękowy SONICS VCX 750
- wirówka laboratoryjna: Rotina 420 firmy Hettich Zentifugen oraz MPW-352, Med Instruments
- licznik kolonii Scan 100 Interscience International
- układ reakcyjny do syntezy nanoproszków kompozytowych metodą zol-żel oraz reaktor LED do badania właściwości fotokatalitycznych w różnych zakresach światła
- suszarka laboratoryjna firmy Binder
- inkubator Orbital Shaker-Incubator ES-80 firmy Grant Instruments Ltd.
- dwuwiązkowy spektrometr UV-VIS Evolution 210 Thermo Scientific, lampa ksenonowa, zakres 190-1100 nm, zaopatrzony w układ reflektancyjny do pomiarów próbek stałych
- spektrometr FTIR, Nicolet iS5, Thermo Scientific, zaopatrzony w przystawki DRIFT, ATR (kryształ diamentowy i germanowy)
- liofilizator Alpha 2-4 LD Plus, Martin Christ, do -85°C, wydajność 4 kg lodu/24h
- reaktor mikrofalowy Ertec MAGNUM v2, o mocy 600 W, 2.45 GHz, poj. 110 mL, z automatycznym systemem kontroli
- spektrometr XRF PI 100, Polon-Izot, z szybkim detektorem SSD, rozdzielczość od 125 do 140 eV
- termocykler gradientowy Geneexplorer, w zakresie 4-105°C, blok 96-dołkowy, probówki 0,2mL, stripy, płytki 96-dołkowe

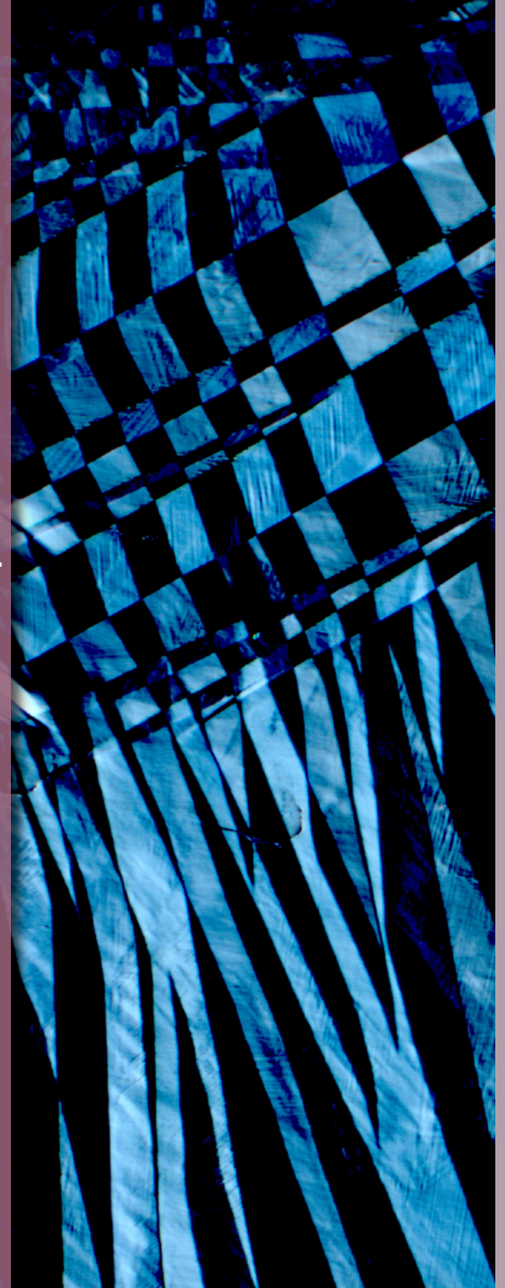
PATENTY

- Sposób otrzymywania modyfikowanych płatków grafenu oraz modyfikowane powierzchniowo płatki grafenu (PL 227753)
- Sposób otrzymywania modyfikowanych płatków grafenu (PL 226568)
- Sposób otrzymywania modyfikowanych płatków grafenu oraz modyfikowane powierzchniowo płatki grafenu (PL 227754)
- Sposób otrzymywania modyfikowanych płatków grafenu (PL 225568)

OFEROWANE USŁUGI

- synteza nanomateriałów i modyfikacja z wykorzystaniem metody sol-żel, hybrydowych, hydro- i solwotermalnej
- optymalizacja stężenia reagentów, warunków przebiegu reakcji oraz morfologii i właściwości fizykochemicznych produktu końcowego pod kątem osiągnięcia najlepszej bioaktywności i selektywności opracowanych nanocząstek
- charakteryzacja morfologiczna i strukturalna wytworzonych nanocząstek - mikroskopowa charakteryzacja morfologii, analiza sposobu i efektywności dyspersji nanocząstek metalu na powierzchni lub w objętości cząstki ceramicznej
- charakteryzacja fizykochemiczna wytworzonych nanocząstek - badania powierzchni właściwej, objętości i średnicy porów, badania gęstości piknometrycznej, analiza składu pierwiastkowego oraz stanu chemicznego powierzchni (stanu walencyjnego atomów)
- charakteryzacja mikrobiologiczna wytworzonych materiałów - badania właściwości antybakteryjnych i grzybobójczych w stosunku do wybranych szczepów bakteryjnych
- mikroskopowa analiza preferencyjnych miejsc dla adsorpcji badanych mikroorganizmów wraz z oceną efektywności adsorpcji bakterii
- badania powierzchniowego ładunku elektrostatycznego - potencjału zeta w czasie rzeczywistym trwania adsorpcji i szerokim zakresie pH, analiza wpływu powierzchniowego ładunku elektrycznego sorbentów i bakterii, ich morfologii, struktury i fizykochemii powierzchni na zjawisko sorpcji bakterii oraz oddziaływania elektrostatyczne pomiędzy sorbentem a bakterią
- analiza oddziaływania w stosunku do środowiska naturalnego (glonów, dobroczynnych mikroorganizmów wyizolowanych ze środowiska naturalnego, roślin wyższych i prostych organizmów wodnych
- porównanie właściwości nanocząstek otrzymanych opracowanymi metodami z nanocząstkami wytwarzanymi innymi metodami oraz ocena wartości aplikacyjnej opracowywanych materiałów z dodatkiem bioaktywnych nanocząstek
- badania powierzchni właściwej i porowatości proszków metodą sorpcji fizycznej azotu
- analiza właściwości fotokatalitycznych i fizycznych opracowanych materiałów
- analiza składu chemicznego powierzchni nanomateriałów z wykorzystaniem spektrometrii w podczerwieni
- analiza nanokoloidów i stężenia związków chemicznych z wykorzystaniem spektroskopii UV-VIS

ZAKŁAD MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH I FUNKCJONALNYCH



ZESPÓŁ CIECZY NIENEWTONOWSKICH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#CIECZE NIENEWTONOWSKIE #CIECZE ZAGĘSZCZANE ŚCINANIEM #NANOMATERIAŁY #KRZEMIONKA KOLOIDALNA #REOLOGIA #KALANDROWANIE #ABSORPCJA SIŁY UDERZENIA #STRUKTURY OCHRONNE #STABILNOŚĆ CIECZY #BADANIA STARZENIOWE

Członkowie Zespołu wywodzą się z Wydziału Inżynierii Materiałowej PW, z Zakładu Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych.

Zespół zajmuje się otrzymywaniem, charakteryzacją i zastosowaniem cieczy zagęszczanych ścinaniem (STF). Zaletą cieczy zagęszczanych ścinaniem jest ich gwałtowna i natychmiastowa reakcja w przypadku nagłego uderzenia.

Dotychczasowe prace naukowe prowadzone w Zespole skupiają się na opracowywaniu, charakteryzowaniu (właściwości reologiczne, stabilność, zdolność do absorpcji siły uderzenia) oraz zastosowaniu cieczy zagęszczanych ścinaniem.

W ramach pracy w Zespole opracowano szereg demonstratorów w postaci: kamizelki kuloodpornej, nagolennika piłkarskiego, osłon na butle z wybuchowymi gazami, a także elastycznych wkładów do czapek, o parametrach sztywnego kasku.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Marcin Leonowicz
marcin.leonowicz@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 50
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Ciecze-nienewtonowskie

OFEROWANE USŁUGI

- badania reologiczne cieczy w trybie statycznym i dynamicznym: określanie zależności lepkości od szybkości ścinania, wyznaczenie parametrów reologicznych
- badanie zdolności pochłaniania siły uderzenia: na podstawie brytyjskiej normy BS 7971-4:2002
- badania przyspieszonego starzenia
- rozbijanie i dyspergowanie cząstek w nośniku
- analiza mikrostruktury z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej
- analiza stabilności struktury – określanie występowania koagulacji, tendencji do aglomerowania cząstek itp.

WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie i walidacja w warunkach rzeczywistych technologii wytwarzania inteligentnych materiałów absorbujących siłę uderzenia dzięki wykorzystaniu właściwości płynów zagęszczanych ścinaniem (NCBR, POIR, 2019–2022)
- Zastosowanie cieczy nienewtonowskich w układach absorbujących energię (NCBR, „ProTex", Tango-1, 2015–2018)
- Opracowanie metod neutralizacji zagrożenia wybuchu wytypowanych zbiorników z gazami technicznymi, w tym alternatywnymi źródłami zasilania w środowisku pożarowym na potrzeby ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych (NCBR, DOB-BIO6, 2014–2017)
- Inteligentne materiały do absorpcji energii i ochrony ciała człowieka (NCBR, PBS1, 2012–2015)
- Inteligentne pancerze pasywne z zastosowaniem cieczy reologicznych ze strukturami nano (NCBR, POIG 2007–2013)

PATENTY

- Dylatancyjna zawiesina ceramiczna i zastosowanie (PL 231216)
- Modyfikowana dylatancyjna zawiesina proszków ceramicznych (PL 226564)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- reometr rotacyjny ARES TA Instruments, układ płytka – płytka
- zrzutnia rurowa do badania zdolności do absorpcji siły uderzenia
- komora starzeniowa
- kalander
- skaningowy mikroskop elektronowy Hitachi 3500
- turbiscan LAB – urządzenie dedykowane do badania stabilności struktury

WYBRANE OSIĄGNIĘCIA

- Gold Medal, European Exhibition of Creativity and Innovation Euroinvent 2017 under auspice of International Federation of Inventors' Associations (IFIA) I World Invention Intellectual Property Associations, for Protection of cylinders with technical gases from impact of thermal radiation
- Nagroda Główna Prezesa Rady Ministrów, Impact'17, Economy 4.0, Kraków 2017 za Czapki ochronne na bazie cieczy nienewtonowskich
- Inicjator Innowacji, Nagroda tygodnika Newsweek, Wyróżnienie w kategorii start-up (dla firmy Smart Fluid, 2017)

ZESPÓŁ MATERIAŁÓW MAGNETYCZNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

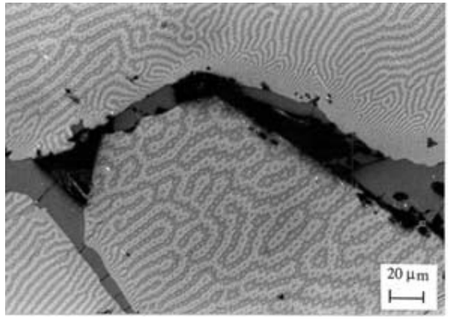
#MATERIAŁY MAGNETYCZNE #WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE #MAGNESY #RECYKLING MAGNESÓW #KRUSZENIE WODOROWE #ATOMIZACJA ULTRADŹWIĘKOWA #DRUK 3D #NDFEB #MATERIAŁY MAGNETOKALORYCZNE

Zespół badawczy działa w Zakładzie Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych Wydziału Inżynierii Materiałowej PW i zajmuje się otrzymywaniem, charakteryzacją i zastosowaniami materiałów magnetycznych.

W ponad trzydziestoletniej historii istnienia grupy prowadzono badania nad magnesami Alnico oraz magnesami na bazie metali z grupy ziem rzadkich, głównie Nd-Fe-B. Otrzymywano i badano materiały z zastosowaniem mi.in. spiekania proszków, prasowania na gorąco, mechanicznej syntezy stopów, szybkiego chłodzenia cieczy oraz metod wodorowych (HD i HDDR). Te ostatnie techniki stosowane są do recyklingu magnesów spiekanych w celu uzyskania proszków do wiązania polimerem.

Oprócz materiałów magnetycznie twardych prowadzone są także badania w zakresie stopów z magnetyczną pamięcią kształtu, materiałów magnetokalorycznych i miękkich magnetyków.

Zespół współpracuje z firmami takimi jak: Evitron Sp. z o.o., GUMET Sz. Geneja, Kozłowska, Latos Sp. j.



KONTAKT

prof. dr hab. inż. Marcin Leonowicz
marcin.leonowicz@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 50
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-magnetyczne

OFEROWANE USŁUGI

- badania parametrów magnetycznych
- charakteryzacja struktury i mikrostruktury materiałów magnetycznych
- opracowywanie technologii materiałów magnetycznych
- badania przyspieszonego starzenia
- projektowanie urządzeń z zastosowaniem materiałów magnetycznych

WYBRANE PROJEKTY

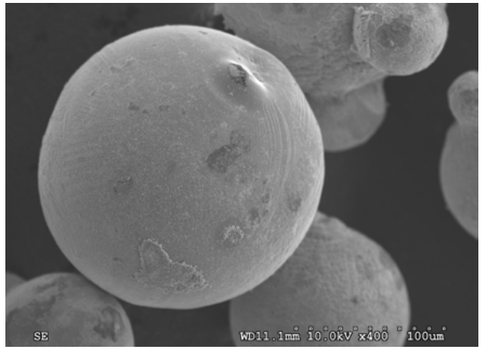
- Opracowanie nowych materiałów na bazie stopów NdFeB i procesów umożliwiających wytwarzanie hybrydowych wirników magnetycznych w technologii wtrysku z polem magnetycznym (NCBR, 2017–2021)
- Opracowanie metod odzysku metali ze złomu elektronicznego (NCBR, 2013–2016)
- Miniaturowe magnesy nowej generacji do zastosowania w urządzeniach mikroelektromagnetycznych (NCBR, 2009–2012)

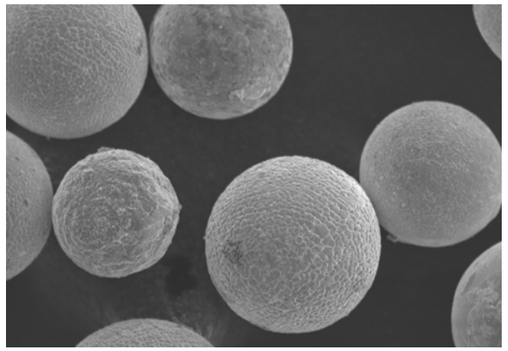
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- magnetometr z wibrującą próbką Lake Shore VSM 7410
- system do Pomiarów Właściwości Fizycznych PPMS 9T firmy Quantum Design z opcjami: VSM (magnetometr, 2-400 K, 9 T), ciepło właściwe, przewodnictwo cieplne, przewodnictwo elektryczne, efekt Halla i Seebecka
- dyfraktometr rentgenowski Rigaku Mini Flex II
- magneśnica impulsowa z polem 5 T
- urządzenia do badań struktury krystalicznej i magnetycznej oraz mikrostruktury
- prasa do prasowania w wysokiej temperaturze i w polu magnetycznym
- piece do spiekania i obróbki cieplnej w atmosferze ochronnej
- stanowisko do badania procesów wodorowania stopów na bazie metali z grupy ziem rzadkich

PATENTY I ZGŁOSZENIA

- Sposób wytwarzania magnetycznie twardych proszków Nd-Fe-B (PL 217615B1)
- Sposób otrzymywania magnetokalorycznych stopów Heuslera oraz zastosowanie recyklatu niklowego (P.435496 WP/07/20/GP)





ZESPÓŁ AMORFICZNYCH I NANOKRYSTALICZNYCH MATERIAŁÓW MAGNETYCZNIE MIĘKKICH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#MATERIAŁY MIĘKKIE MAGNETYCZNIE #SZKŁA METALICZNE #MATERIAŁY NANOKRYSTALICZNE #BADANIA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH #MATERIAŁY KOMPOZYTOWE #POMIARY WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNYCH #KRYSTALIZACJA SZKIEŁ METALICZNYCH #BADANIA KALORYMETRYCZNE

Zespół Amorficznych i Nanokrystalicznych Materiałów Magnetycznie Miękkich działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych. Tematyka badawcza obejmuje projektowanie, wytwarzanie oraz badanie struktury i właściwości materiałów magnetycznie miękkich.

Głównym obszarem zainteresowań Zespołu są stopy o strukturze amorficzno-nanokrystalicznej powstałe przez częściową krystalizację szkieł metalicznych. Zespół rozwija niekonwencjonalne technologie obróbki cieplnej szkieł metalicznych oraz opracowuje stopy nanokrystaliczne o wysokiej magnetyzacji i małej stratności. Jego członkowie mają również doświadczenie w wytwarzaniu i badaniu materiałów wykazujących zjawisko magnetokaloryczne w temperaturze otoczenia.

Zespół realizuje badania naukowe w ramach projektów badawczych finansowanych przez NCN, NCBR i Komisję Europejską (projekty własne, POIG, Programy Ramowe UE). Współpracuje z instytucjami naukowymi i przedstawicielami przemysłu w Polsce i za granicą.

KONTAKT

dr hab. inż. Jarosław Ferenc, prof. uczelni
jaroslaw.ferenc@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 16
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Amorficzne-i-nanokrystaliczne-materialy-magnetycznie-miekkie

OFEROWANE USŁUGI

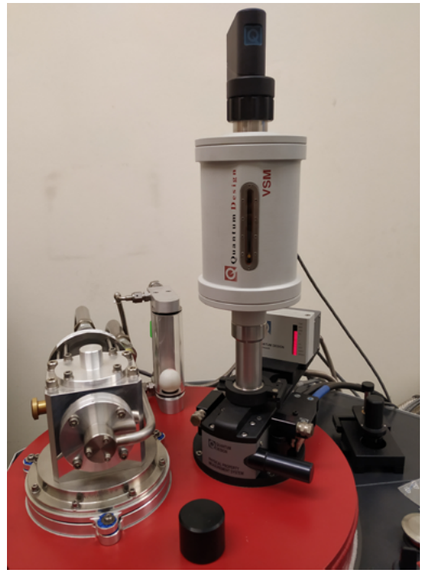
- badania stabilności cieplnej i przemian fazowych w materiałach
- badania właściwości magnetycznych statycznych i dynamicznych
- charakteryzowanie właściwości fizycznych substancji
- charakteryzowanie rozkładu wielkości i kształtu 3D cząstek proszków, analiza sitowa
- wytwarzanie stopów metodą topienia łukowego i indukcyjnego oraz ich obróbka

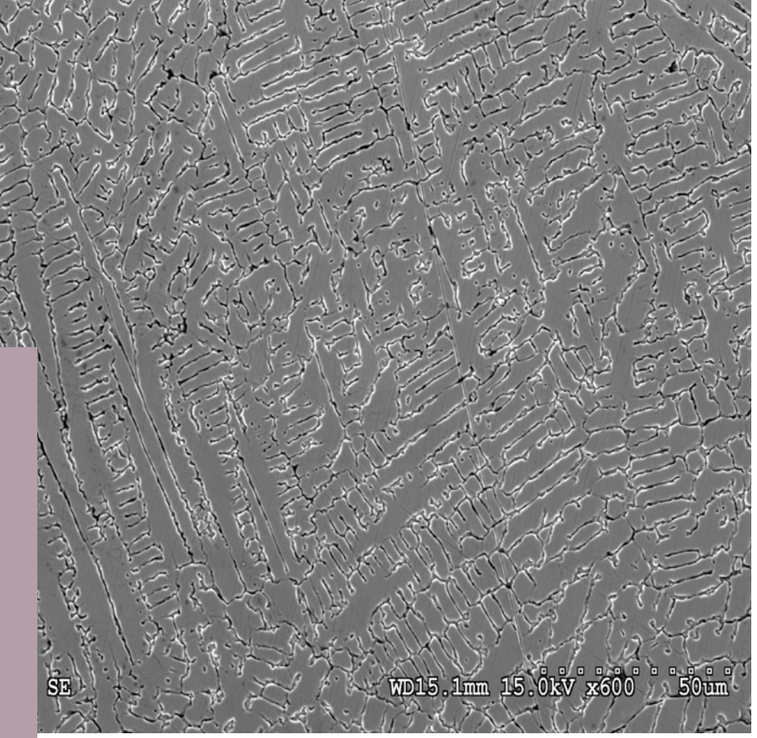
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- system do Pomiarów Właściwości Fizycznych PPMS 9T firmy Quantum Design z opcjami: VSM (magnetometr, 2-400 K, 9 T), ciepło właściwe, przewodnictwo cieplne, przewodnictwo elektryczne, efekt Halla i Seebecka
- autorski histerezograf do określania właściwości materiałów magnetycznie miękkich w polu o niskiej częstotliwości
- histerezograf Walker AMH-401 do 1 MHz
- kalorymetry różnicowe: Perkin Elmer DSC 8000 do 730°C i Setaram Labsys DTA/DSC do 1500°C
- autorskie stanowisko do badania procesu krystalizacji szkieł metalicznych przy bardzo dużych szybkościach nagrzewania
- dyfraktometr rentgenowski Rigaku Mini Flex II
- analizator kształtu (3D) i wielkości cząstek Kamika Mini 3D
- mikroskop świetlny Keyence VHX-7000
- urządzenie do topienia indukcyjnego i odlewania stopów Edmund Buehler GmbH
- młynki kulowe do mielenia proszków

WYBRANE PROJEKTY

- Nowoczesne technologie wytwarzania funkcjonalnych materiałów magnetycznych dla zastosowań elektro-mobilnych i medycznych (NCBR, 2019–2022)
- Opracowanie wysokowydajnej i bezodpadowej technologii wytwarzania nanokompozytów magnetycznie miękkich dla wysokoczęstotliwościowego przetwarzania dużych mocy (NCBR, 2018–2020)
- Vitrified Metals Technologies and Applications in Devices and Chemistry (7 Program Ramowy KE, 2013–2017)
- Innowacyjne materiały o obniżonej zawartości pierwiastków krytycznych dla techniki schładzania magnetycznego (NCBR, 2013–2017)
- Innowacyjne materiały do zastosowań w energooszczędnych i proekologicznych urządzeniach elektrycznych (PO IG, 2009–2015)





ZESPÓŁ STOPÓW WYSOKOENTROPOWYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#STOPY WYSOKOENTROPOWE #STOPY WIELOSKŁADNIKOWE
#STOPY WYSOKOTOPLIWE #MAGNETYCZNE STOPY WIELOSKŁADNIKOWE
#WYSOKOENTROPOWE STOPY BIOMEDYCZNE #ODLEWANIE DO FORMY
#STOPY WYSOKOENTROPOWE UMACNIANE WYDZIELENIOWO #MIKROSTRUKTURA
#TOPIENIE INDUKCYJNE #TOPIENIE ŁUKOWE #STABILNOŚĆ TERMICZNA
#WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE #WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE

Zespół badawczy zlokalizowany jest na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW, w Zakładzie Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych.

Obszar zainteresowania Zespołu obejmuje wytwarzanie i badanie struktury oraz wybranych właściwości stopów o wysokiej entropii (HEA - High Entropy Alloys). HEA to wieloskładnikowe stopy o prostej budowie fazowej, wykazujące istnienie jednego lub dwóch roztworów stałych w swojej strukturze, niezależnie od składu chemicznego. Stopy HEA wytwarzane mogą być poprzez topienie czystych pierwiastków i odlewanie ciekłego stopu, albo w stanie stałym metodą mechanicznej syntezy proszków i ich konsolidacji. HEA odznaczają się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi (wytrzymałość, twardość), także w podwyższonej temperaturze, oraz odpornością na zużycie ścierne i stabilnością strukturalną w podwyższonej temperaturze.

Obok badań nad wytwarzaniem tego typów stopów, realizowane są badania ich mikrostruktury, stabilności termicznej oraz właściwości mechanicznych i magnetycznych. W kręgu zainteresowań Zespołu są stopy wysokotopliwe, tzw. lotnicze (konkurencyjne do Inconeli), biomedyczne i umacniane wydzieleniowo. Partnerami naukowymi Zespołu jest Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki oraz Instytut Wysokich Ciśnień UNIPRESS PAN.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Tadeusz Kulik
tadeusz.kulik@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 08
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Stopy-o-wysokiej-entropii-HEA

OFEROWANE USŁUGI

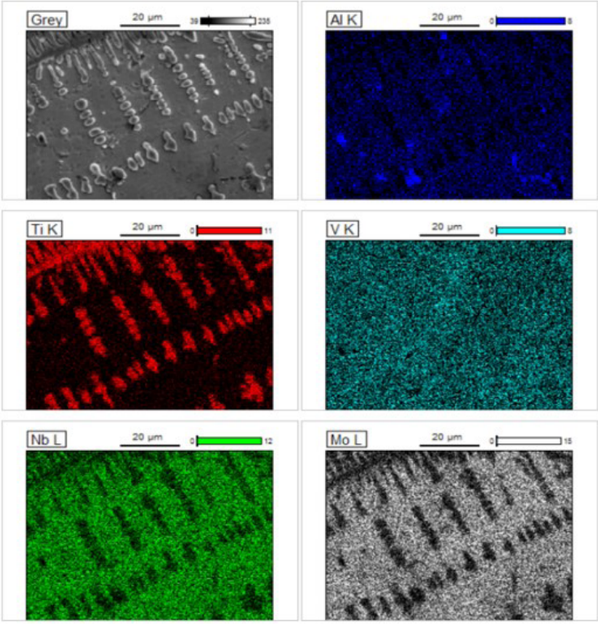
- wytwarzanie stopów metodą topienia łukowego i indukcyjnego
- badania:
  - składu fazowego i mikrostruktury stopów
  - stabilności termicznej
  - właściwości mechanicznych
  - właściwości magnetycznych
  - projektowanie stopów w oparciu o oprogramowanie Calphad i ThermoCalc

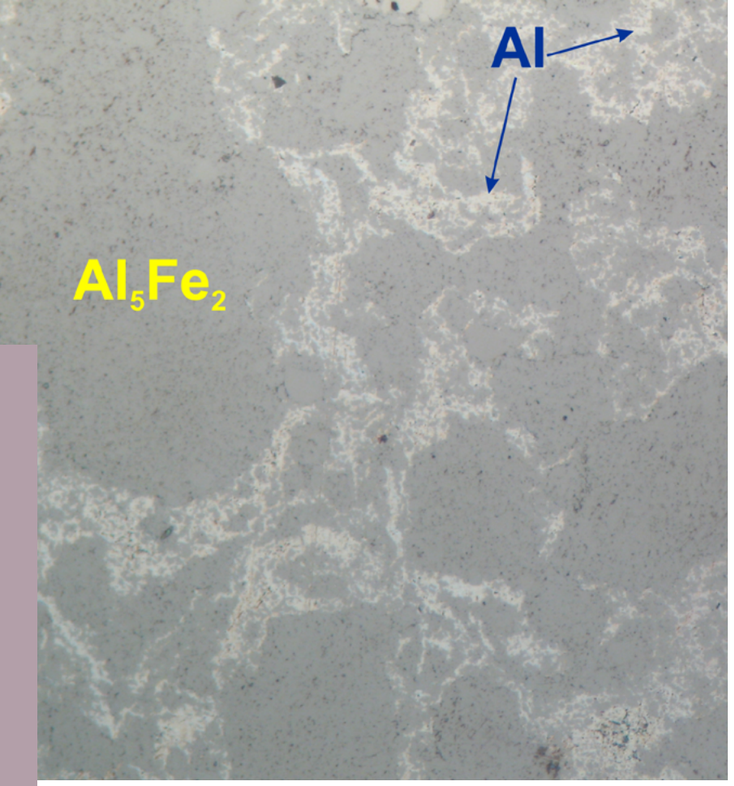
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- piec łukowy do topienia stopów Heat 300
- urządzenie do topienia indukcyjnego i odlewania stopów Edmund Buehler GmbH
- dyfraktometr rentgenowski Rigaku Mini Flex II
- kalorymetry różnicowe: Perkin Elmer DSC 8000 do 730°C i Setaram LabSys DTA/DSC do 1500°C
- mikroskop świetlny Zeiss AxioVert 40 Mat
- mikroskop cyfrowy Keyence VHX-7000
- piece do wygrzewania stopów
- twardościomierze
- magnetometr z wibrującą próbką VSM Lake Shore 7410
- oprogramowanie Calphad i ThermoCalc

WYBRANY PROJEKT

- Wieloskładnikowe stopy wysokoentropowe (NCN, 2015)





ZESPÓŁ SYNTEZY MECHANICZNEJ I SPIEKANIA PROSZKÓW

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#MECHANICZNA SYNTEZA STOPÓW #STOPY AMORFICZNE #MECHANICZNE MIELENIE PROSZKÓW #SPIEKANIE PROSZKÓW #STOPY NANOKRYSTALICZNE #KOMPOZYTY METALICZNO-CERAMICZNE #STOPY WYSOKOENTROPOWE #PRASOWANIE PROSZKÓW #GĘSTOŚĆ I POROWATOŚĆ #STABILNOŚĆ TERMICZNA #MIKROSTRUKTURA #WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE #WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE

Zespół zlokalizowany jest na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW, w Zakładzie Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych.

Obszary zainteresowania Zespołu związane są z wytwarzaniem stopów i kompozytów metodą mechanicznej syntezy i spiekaniem proszków oraz badaniem ich struktury i właściwości. Metoda polega na mieleniu w wysokoenergetycznych młynkach kulowych mieszanin proszków metali bądź metaliczno-ceramicznych w celu uzyskania stopu/kompozytu proszkowego o określonym składzie fazowym, na ogół o nierównowagowej strukturze (np. amorficznej czy też nanokrystalicznej). Uzyskane materiały proszkowe poddawane są konsolidacji metodą tradycyjną lub na drodze spiekania impulsowego (ang. Pulse Plasma Sintering, PPS). Ponadto realizowane są badania ich mikrostruktury, właściwości termicznych, mechanicznych i magnetycznych.

W swoim dorobku Zespół ma liczne projekty i prace związane z wytwarzaniem masywnych stopów amorficznych/nanokrystalicznych, intermetalików, materiałów multiferroicznych, miękkich magnetyków proszkowych, elektrolitów stałych do baterii litowo-jonowych, stopów wysokoentropowych. Współpracuje z licznymi jednostkami naukowymi w kraju i zagranicą, do których należy Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki, Wydział Elektotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej, Instytut Wysokich Ciśnień UNIPRESS PAN, Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Metali Nieżelaznych, University of Wollongong (Australia), Keyo University (Japonia), University of Sevilla (Hiszpania).

KONTAKT

dr hab. inż. Dariusz Oleszak, prof. uczelni
dariusz.oleszak@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 08; 22 848 06 34
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Synteza-mechaniczna-i-spiekanie-proszkow

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

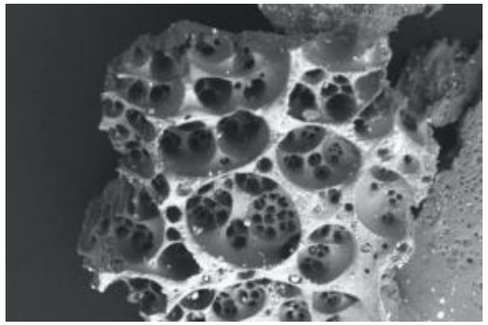
- młynki kulowe (planetarne, typu shaker, magnetyczne, cryo)
- piknometr helowy AccuPyc II 1340
- analizator wielkości cząstek proszku Kamika Instruments mini 3D
- cyfrowy mikroskop świetlny Keyence VHX-7000
- dyfraktometr rentgenowski Rigaku Mini Flex II
- kalorymetry różnicowe: Perkin Elmer DSC 8000 do 730°C i Setaram Labsys DTA/DSC do 1500°C
- praska hydrauliczna jednoosiowa o nacisku 50 kN TestChem
- urządzenie do spiekania proszków metodą impulsową
- magnetometr z wibrującą próbką Lake Shore VSM 7410
- urządzenie do inkludowania próbek na gorąco w żywicy przewodzącej IPA300 Remet

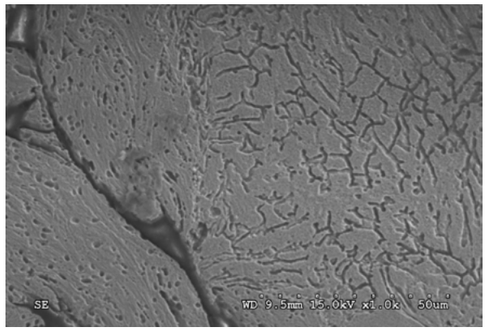
WYBRANE PROJEKTY

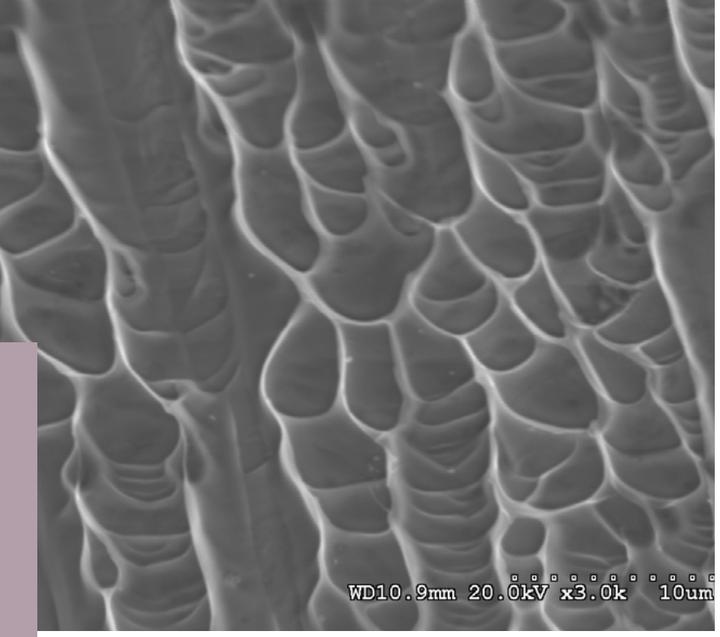
- Structure-Function Relationship of Advanced Nanooxides for Energy Storage Devices (NCBR, Japan Joint Research Program, 2015–2019)
- Krystaliczno-amorficzne kompozyty aluminiowe wytwarzane metodą mechanicznej syntezy i konsolidacji proszków (projekt badawczy NCN, 2014)
- Nanokrystaliczne fazy międzymetaliczne FeAl i NiAl umacniane borem (NCN, OPUS 7, 2014)
- Opracowanie wysokowydajnej i bezodpadowej technologii wytwarzania nanokompozytów magnetycznie miękkich dla wysokoczęstotliwościowego przetwarzania dużych mocy (NCBR, TECHMATSTRATEG I, 2017–2022)

OFEROWANE USŁUGI

- wytwarzanie proszkowych stopów/kompozytów metalicznych i metaliczno-ceramicznych
- pomiary gęstości proszków
- badania rozkładu wielkości cząstek proszków
- konsolidacja proszków
- badania strukturalne proszków i spieków
- badania stabilności termicznej oraz właściwości mechanicznych i magnetycznych







ZESPÓŁ SZKIEŁ METALICZNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#WYTWARZANIE STOPÓW #SKŁONNOŚĆ DO ZESZKLENIA #SZKŁA METALICZNE #MASYWNE SZKŁA METALICZNE #STOPY AMORFICZNE #STOPY NANOKRYSTALICZNE #ODLEWANIE CIENKICH TAŚM #ODLEWANIE DO FORMY #STABILNOŚĆ TERMICZNA #PRZEMIANY FAZOWE #RENTGENOWSKA ANALIZA FAZOWA #WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE #WŁAŚCIWOŚCI MAGNETYCZNE #ULTRASZYBKIE WYGRZEWANIE

Zespół działa w Zakładzie Materiałów Konstrukcyjnych i Funkcjonalnych WIM PW. Jego członkowie wytwarzają szkła metaliczne (SzM) w postaci cienkich taśm (15-50μm) oraz prętów i płytek (1-20mm), a także badają ich strukturę i właściwości. Zespół od ponad 50 lat gromadzi rozległe doświadczenie będąc pierwszym w Europie Wschodniej, który podjął się i rozwinął tę tematykę.

Magnetyczne SzM są stosowane na rdzenie i elastyczne ekrany magnetyczne oraz przetworniki magnetosprężyste. SzM wykorzystuje się do wytwarzania materiałów nanokrystalicznych o bardzo dobrych właściwościach magnetycznych (stopy Fe) lub mechanicznych (stopy Al). SzM odznaczają się unikalnym zestawem właściwości: są twarde mechanicznie i miękkie magnetycznie, wykazują dużą rezystywność i odporność na korozję.

Zespół ma doświadczenie w niekonwencjonalnych metodach nanokrystalizacji (wysokotemperaturowej i niskotemperaturowej). Masywne SzM są nadplastyczne i dają się formować jak polimery. Są doskonałym materiałem na twarde i lustrzano gładkie elementy o skomplikowanym kształcie dla mikromechaniki, np. mikrozębatki o średnicy submilimetrowej.

Partnerami naukowymi Zespołu jest Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Metali Nieżelaznych (Gliwice), La Facultad de Física, Departamento de Física de la Materia Condensada, Universidad de Sevilla (Hiszpania), Department of Materials Science and Metallurgy, University of Cambridge (Wielka Brytania).

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Tadeusz Kulik
tadeusz.kulik@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 19
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Szkla-metaliczne

OFEROWANE USŁUGI

- wytwarzanie:
  - stopów w skali laboratoryjnej
  - stopów amorficznych i nanokrystalicznych w formie cienkich taśm
  - masywnych szkieł metalicznych (pręty lub płytki)
- modyfikacja plazmowa powierzchni masywnych szkieł metalicznych
- proces krystalizacji szkieł metalicznych
- badania:
  - zdolności do zeszklenia metodami cieplnymi (DSC, DTA) oraz odlewniczymi (metoda ciągła i dyskretna)
  - struktury i mikrostruktury
  - stabilności termicznej i kinetyki krystalizacji
  - właściwości mechanicznych
  - właściwości magnetycznych

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- piec łukowy do wytwarzania stopów Heat 300
- urządzenie Edmund Buehler GmbH do topienia indukcyjnego, odlewania cienkich taśm (melt-spinner i odlewów masywnych
- dyfraktometr rentgenowski Rigaku Mini Flex II
- kalorymetry różnicowe: Perkin Elmer 8000 do 730°C i Setaram Labsys DTA/DSC do 1500°C
- mikroskop świetlny Zeiss AxioVert 40 Mat
- mikroskop świetlny cyfrowy Keyence VHX-7000
- piece do wygrzewania stopów
- twardościomierze
- skomputeryzowany histerezograf o wysokiej czułości do pomiaru kwazistatycznej pętli histerezy magnetycznej cienkich taśm, płytek, drutów, prętów i toroidów

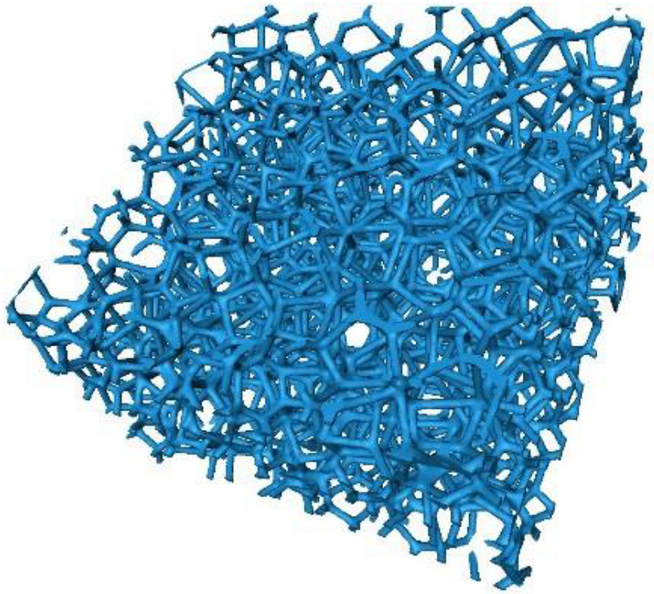
WYBRANE PROJEKTY

- Próba stożkowa jako metoda określania zdolności do zeszklenia metalicznych stopów szkłotwórczych (NCN, OPUS 9, 2016–2019)
- Opracowanie wysokowydajnej i bezodpadowej technologii wytwarzania nanokompozytów magnetycznie miękkich dla wysokoczęstotliwościowego przetwarzania dużych mocy (NCBR, TECHMATSTRATEG I 2018–2021)
- Modyfikacja struktury i właściwości masywnych szkieł metalicznych w niskotemperaturowej plazmie (NCN, OPUS 15, 2019–2022)

PATENTY

- Sposób wytwarzania szkła metalicznego magnetycznie miękkiego (Patent U.P. PRL nr 146 424, 1989)
- Amorficzny stop metali (Patent U.P. RP nr 151 347, 1991)
- Amorficzny stop metali (Patent U.P. RP nr 154 378, 1992)

ZAKŁAD PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW



ZESPÓŁ MODELOWANIA KOMPUTEROWEGO MATERIAŁÓW I KONSTRUKCJI

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#MODELOWANIE KOMPUTEROWE #PROJEKTOWANIE MATERIAŁÓW #DFT #DYNAMIKA MOLEKULARNA #METODA ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH #AUTOMATY KOMÓRKOWE #MONTECARLO #MODELOWANIE WIELOSKALOWE

Zespół modelowania komputerowego materiałów i konstrukcji działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Obszar jego badań obejmuje projektowanie nowoczesnych materiałów inżynierskich ze szczególnym uwzględnieniem technik modelowania komputerowego struktury, właściwości i procesów materiałowych.

Stosowanymi metodami badawczymi z zakresu modelowania numerycznego są: dynamika molekularna, DFT, metoda elementów skończonych, metoda objętości skończonych, metoda Monte Carlo. W ramach prac prowadzone są badania m.in. w następujących obszarach:

- materiały nanokrystaliczne,
- granice międzykrystaliczne i międzyfazowe,
- materiały półprzewodnikowe grupy IV,
- materiały węglanowych ogniw paliwowych,
- kompozyty na osnowie miedzi i srebra z dodatkiem grafenu,
- kompozyty konstrukcyjne,
- materiały porowate,
- skały łupkowe,
- procesy odzysku ciepła ze spalin samochodowych,
- procesy interakcji fali elektromagnetycznych i mechanicznych z materiałami.

Badania w tym obszarze prowadzone są we współpracy z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi, m.in.: IPPT PAN, ICM UW, Instytutem Fizyki Eksperymentalnej UWr, Instytutem Fizyki UJ, Wydziałem Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej AGH, Institute of Stochastics, Ulm University (Niemcy), Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics (Niemcy), Theory and Modelling Department, CCFE (Wielka Brytania), Institute of High Performance Computing, ASTAR (Singapur), Department of Mechanical and Industrial Engineering, Concordia University (Kanada), Department of Mechanical Engineering, University of Cape Peninsula (RPA).

KONTAKT

dr hab. inż. Tomasz Wejrzanowski, prof. uczelni
tomasz.wejrzanowski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 42
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Modelowanie-komputerowe-w-projektowaniu-materialow

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

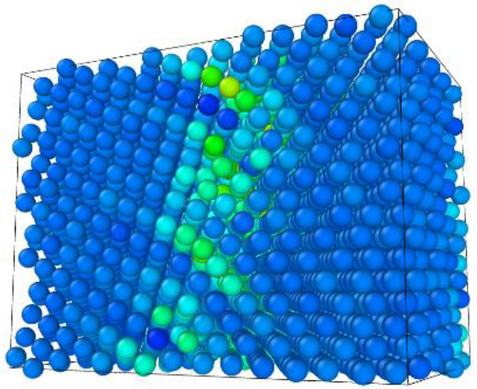
- klaster komputerowy – 360 rdzeni AMD Opteron 64-bit
- wysokowydajne stacje obliczeniowe
- oprogramowanie ANSYS/Fluent
- oprogramowanie Abaqus
- oprogramowanie LAMMPS
- oprogramowanie VASP
- oprogramowanie MicroMeter

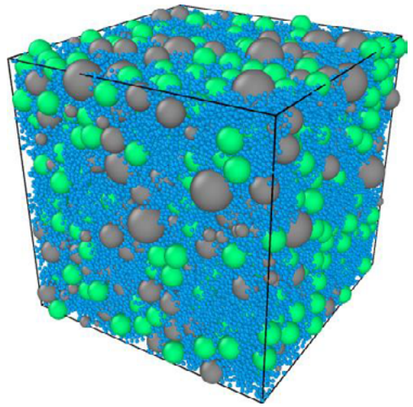
OFEROWANE USŁUGI

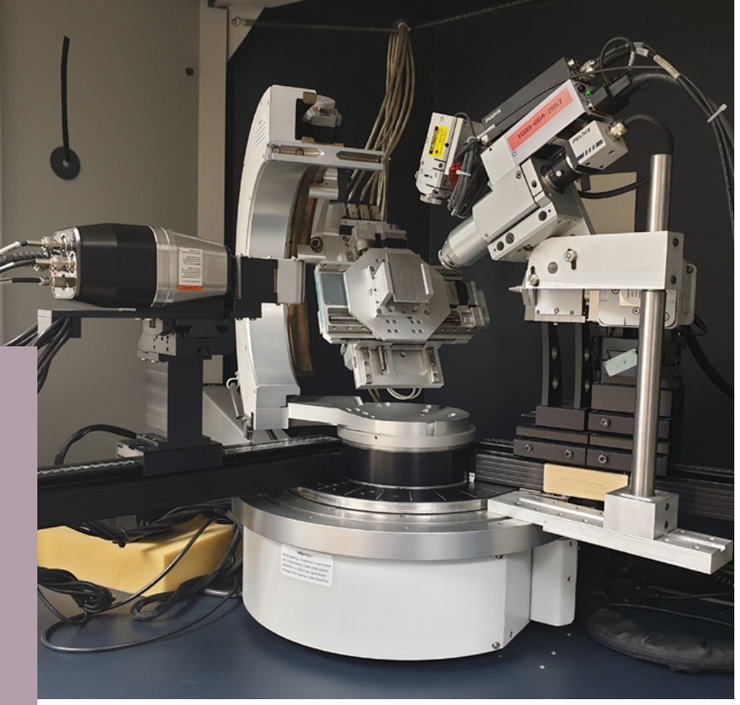
- projektowanie materiałów o otwartej porowatości
- numeryczne analizy właściwości wytrzymałościowych
- numeryczne analizy właściwości przepływowych
- numeryczne analizy właściwości cieplnych
- symulacje właściwości i procesów materiałowych w skali atomowej
- analiza obrazów i opis ilościowy

WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie materiałów piezorezystywnych dla mikroczujników elektromechanicznych o dużej czułości, przeznaczonych do pracy w środowiskach agresywnych, przy użyciu symulacji komputerowych i eksperymentów (Projekt Polsko-Singapurski, 2018–2020)
- Badanie wpływu mikrostruktury i składu chemicznego na właściwości katalityczne porowatych elementów węglanowych ogniw paliwowych (NCN, OPUS, 2017–2020)
- Badanie wpływu mikrostruktury na proces reaktywnego przepływu w porowatych komponentach ogniw wysokotemperaturowych (NCN, PRELUDIUM, 2017–2020)
- Wpływ parametrów mikrostruktury na procesy wymiany ciepła w materiałach o otwartej porowatości (NCN, SONATINA, 2018–2021)







ZESPÓŁ CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁÓW ODKSZTAŁCANYCH PLASTYCZNIE
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#ODKSZTAŁCENIE PLASTYCZNE #ANALIZA MIKROSTRUKTURY #MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA #MECHANIZMY ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO #DYFRAKCJA RENTGENOWSKA #TEKSTURA MATERIAŁU ODKSZTAŁCONEGO #ZMIANA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH #NIESTABILNOŚĆ ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO #EBSD

Zespół Charakterystyki Materiałów Odkształcanych Plastycznie działa w Zakładzie Projektowania Materiałów Wydziału Inżynierii Materiałowej PW.

Rozwój różnych technik odkształcenia plastycznego oraz opracowywanie i analiza nowych sposobów deformacji wynika z dużego zainteresowania poprawą wytrzymałości materiałów, zarówno z punktu widzenia poznawczego, jak i aplikacyjnego.

Prowadzone w Zespole prace koncentrują się wokół analizy zmian mikrostruktury i właściwości materiałów poddanych różnym typom procesów odkształcenia plastycznego.
Badania obejmują opis ewolucji mikrostruktury, tekstury i naprężeń własnych, a także składu fazowego oraz procesów wydzieleniowych materiałów po odkształceniu plastycznym. Ponadto Zespół realizuje prace dotyczące analizy zmian stabilności termicznej mikrostruktury, właściwości mechanicznych oraz odporności korozyjnej po procesach deformacji. Członkowie Zespołu posiadają wieloletnie doświadczenie, a także biorą udział w pracach badawczo-rozwojowych realizowanych w ramach projektów krajowych i zagranicznych.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Jarosław Mizera
jaroslaw.mizera@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 29
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Charakterystyka-materialow-odksztalcanych-plastycznie

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

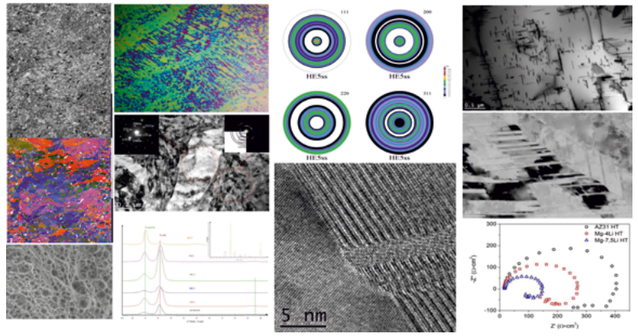
- LABORATORIUM MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ WIM PW (skaningowe i transmisyjne mikroskopy elektronowe)
- LABORATORIUM DYFRAKCJI RENTGENOWSKIEJ WIM PW (dyfraktometry rentgenowskie)
- LABORATORIUM BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH WIM PW (twardościomierze i hydrauliczne maszyny wytrzymałościowe)
- LABORATORIUM PREPARATYKI PRÓBEK DO BADAŃ MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ WIM PW (precyzyjne ścieniarki jonowe i elektrolityczne)

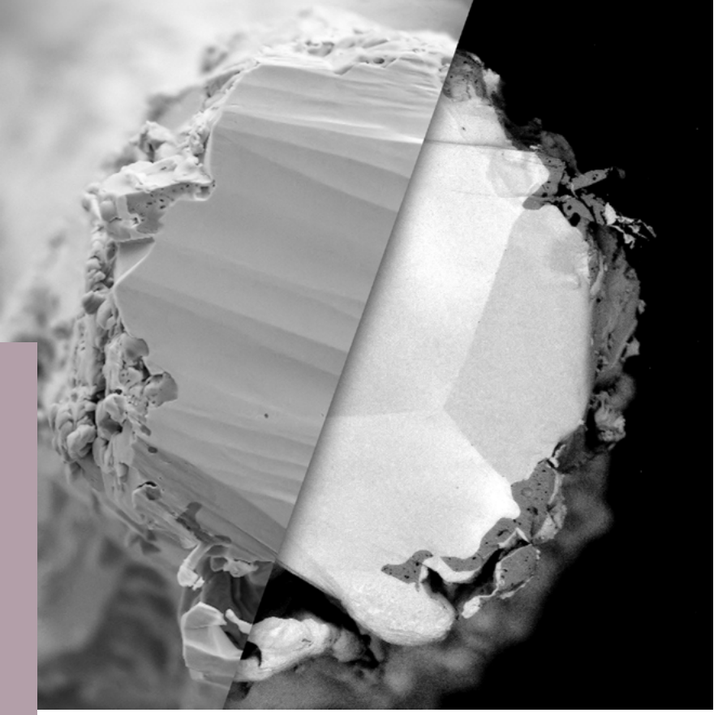
WYBRANE PROJEKTY

- Nowa generacja systemu podwieszeń dedykowanego do lekkich sieci trakcyjnych MABTECH (NCBR, TECHMATSTRATREG2, 2019–2022)
- Wpływ orientacji monokryształów o różnej energii błędu ułożenia na kształtowanie się tekstury odkształcenia podczas ciągnienia (NCN, OPUS11, 2017–2021)
- Hybrydowa technologia wytwarzania szyn normalnotorowych o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej uwzględniająca przyszłościowe trendy w rozwoju transportu kolejowego (NCBR, PBS3, 2015–2018)
- Analiza wczesnych stadiów rekrystalizacji w wybranych monokryształach RSC o rożnej energii błędu ułożenia po dużym odkształceniu plastycznym, (NCN, OPUS 5, 2014–2017)

OFEROWANE USŁUGI

- badania mikrostruktury przy użyciu skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej wraz z analizą stereologiczną
- analiza fazowa, badania tekstury krystalicznej i naprężeń własnych z wykorzystaniem dyfraktometru rentgenowskiego
- charakterystyka orientacji ziaren i dezorientacji granic ziaren (EBSD)
- analiza stabilności termicznej materiałów po dużym odkształceniu plastycznym
- badania właściwości mechanicznych w próbach monotonicznego i cyklicznego odkształcenia
- analiza zjawiska niestabilności odkształcenia plastycznego
- elektrochemiczne badania korozyjne materiałów odkształconych plastycznie





ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA METALI NIEŻELAZNYCH I ICH STOPÓW

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#STOPY METALI NIEŻELAZNYCH #BIOMEDYCZNE I LOTNICZE STOPY TYTANU #KSZTAŁTOWANIE MIKROSTRUKTURY I WŁAŚCIWOŚCI #OBRÓBKI CIEPLNE #OBRÓBKI CIEPLNO-PLASTYCZNE #OBRÓBKI POWIERZCHNIOWE #METODY DUŻEGO ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO #MIKROSTRUKTURA #NANOKRYSTALICZNE I ULTRADROBNOZIARNISTE METALE #BIOZGODNOŚĆ #WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE # ODPORNOŚĆ NA KOROZJĘ #WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE POWIERZCHNI

Zespół Projektowania Metali Neżelaznych i Ich Stopów jest częścią Zakładu Projektowania Materiałów Wydziału Inżynierii Materiałowej PW. Zespół ten posiada wieloletnie doświadczenie w kształtowaniu i badaniu materiałów metalicznych, w szczególności tytanu i jego stopów, potwierdzone udziałem w wielu projektach B+R, zarówno krajowych jak i zagranicznych.

Główne obszary badań realizowanych w zespole obejmują następujące aspekty:

- kształtowanie oraz charakterystykę mikrostruktury i właściwości stopów tytanu do zastosowań biomedycznych na drodze obróbek plastycznych, cieplno-plastycznych oraz metod inżynierii powierzchni,
- procesy dużego odkształcenia plastycznego i ich potencjał w zakresie otrzymywania nanomateriałów oraz materiałów ultradrobnoziarnistych,
- elektrochemiczne testy odporności na korozję materiałów metalicznych,
- charakterystykę biomedycznych metali po testach korozyjnych i biologicznych,
- konsolidację wiórów metalicznych na drodze przeróbki plastycznej,
- charakterystykę mikrostruktury i właściwości wieloskładnikowych laminatów wytwarzanych metodą platerowania wybuchowego,
- opis procesów degradacji siatek katalitycznych stosowanych w procesie utleniania amoniaku,
- diagnostykę dzieł sztuki i obiektów archeologicznych.

Zespół współpracuje zarówno z polskimi, jak i zagranicznymi ośrodkami badawczymi takimi jak Instytut Technologii Eksploatacji (Radom), Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu (Kajetany), Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna (Warszawa), Belgorod State University (Rosja), Friedrich–Alexander University Erlangen–Nürnberg (Niemcy) oraz Chalmers University of Technology (Szwecja), Karlsruhe NanoMicro Facility (Niemcy), Clemson-MUSC Bioengineering Program (USA).

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Halina Garbacz
halina.garbacz@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 92
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Metale-niezelazne-i-ich-stopy

OFEROWANE USŁUGI

- walcowanie płaskie i profilowe metali w skali laboratoryjnej
- badania tribologiczne w układzie trzpień-płytka realizowane w ruchu cyklicznym posuwisto-zwrotnym
- elektrochemiczne badania korozyjne
- ocena stopnia degradacji i jakości powierzchni metali w oparciu o obserwacje mikroskopowe oraz badania profilometryczne
- preparatyka próbek z materiałów metalicznych, w tym cienkich folii do badań TEM
- badania mikrostrukturalne metali i ich stopów (mikroskopia świetlna i elektronowa)
- obróbki cieplne metali i ich stopów
- obróbki powierzchniowe metali i ich stopów w tym obróbki mechaniczne i chemiczne
- wytwarzanie bioaktywnych powłok na powierzchni metalicznych biomateriałów
- sterylizacja materiałów biomedycznych

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- walcarka elektryczna WJ-80s
- walcarka ręczna WJSM-60
- potencjostat Autolab PGSTAT302N z modułem do przeprowadzania testów impedancyjnych
- autoklaw Sterilclave 18 COMINO
- inkubator z kontrolą atmosfery CO2 Thermo Scientific™ Midi 40 CO_2
- spektrofotometr UV-VIS AOE (zakres pomiarowy 190-1100 nm)
- tribotester T-17 do badania skojarzeń materiałowych współpracujących ślizgowo w ruchu cyklicznym posuwisto-zwrotnym w układzie trzpień-płytka
- mikroskop świetlny Zeiss Axio Observer
- skaningowe mikroskopy elektronowe Hitachi SU70, Hitachi 3500N
- transmisyjny mikroskop elektronowy TEM JEOL JEM 1200
- profilometr optyczny Wyko NT9300
- nanoindenter HYSITRON Triboscope 950
- maszyna wytrzymałościowa Zwick/Roell Z005
- pocieniarka elektrolityczna Struers TenuPol

WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie technologii obróbki aluminiowych oraz kompozytowych struktur pierwszo- i drugorzędowych (NCBR, Ścieżka dla Mazowsza 2019, 2020–2021)
- Opracowanie nisko-odpadowej technologii platerowania wybuchowego oraz technologii przetwarzania wielowarstwowych, wysokowytrzymałościowych materiałów lekkich i superlekkich z warstwami reaktywnymi i funkcjonalnymi oraz blach platerowanych wybuchowo metalami reaktywnymi i ich stopami (NCBR, TECHMATSTRATEG, 2019–2022)
- Zintegrowany system narzędzi do diagnostyki i telerehabilitacji schorzeń narządów zmysłów słuchu, mowy, równowagi, powonienia (NCBR, STRATEGMED1, 2014–2018)
- Wpływ dużego odkształcenia na mikrostrukturę i właściwości stopu Ti-29Nb-13Ta-4,6Zr do zastosowań biomedycznych (NCN, OPUS11, 2016–2021)
- Wpływ niskotemperaturowego wygrzewania na ewolucję nanostruktury i właściwości heksagonalnego Ti o zróżnicowanej zawartości pierwiastków międzywęzłowych (NCN, OPUS 15, 2018–2022)

PATENTY

- Pojemnik prasy do obróbki plastycznej metali i ich stopów (PL 417874)
- Sposób wytwarzania tytanu nanokrystalicznego (PL 225395)
- Stop platyny (PtRe) otrzymywany metodą, topienia i odlewania lub metalurgii proszkowej zawierający platynę, ren oraz nieuniknione zanieczyszczenia, o zawartości wagowej renu 0,01-40,00% (PL 228512)
- Stop platyny (PtRhRe) otrzymywany metodą topienia i odlewania lub metalurgii proszkowej zawierający platynę, wagowo 0,01-40% rodu i ren oraz nieuniknione zanieczyszczenia, o zawartości wagowej renu 0,01-40,00% (PL 228514)
- Stop palladu (PdAuRe) otrzymywany metodą topienia i odlewania lub metalurgii proszkowej zawierający pallad, wagowo 0,01-30% złota i ren oraz nieuniknione zanieczyszczenia, o zawartości wagowej renu 0,01-40,00% (PL 228516)

Zespół Projektowania Materiałów dla Przemysłu Wydobywczego funkcjonuje na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów.

Centralnym punktem zainteresowań Zespołu jest opracowywanie nowych rozwiązań materiałowych obejmujących m.in. otrzymywanie i badanie właściwości spoiw polimerowych, proppantów ceramicznych i płynów hydraulicznych stosowanych w procesach wydobywczych.

Tematyka badawcza podejmowana przez Zespół dotyczy:

- wpływu surowców ilastych na właściwości materiałów ceramicznych,
- wpływu budowy chemicznej polimerów na zwiększenie właściwości materiałów podsadzkowych,
- opracowywania granulatów ceramicznych,
- opracowywania płynów szczelinujących wykorzystywanych w przemyśle wydobywczym,
- wpływu siarkowodoru i dwutlenku węgla na mechanizm korozji stali konstrukcyjnych w instalacjach do przesyłu ropy i gazu.

Zespół współpracuje z przedsiębiorstwami krajowymi, m.in. z PGNiG. Główne typy podejmowanyh realizacji to projekty, ekspertyzy, rozwiązania, metodyki i zlecenia zewnętrzne.

ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA PRZEMYSŁU WYDOBYWCZEGO

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#PROPPANTY CERAMICZNE #MATERIAŁY PODSADZKOWE #GAZ ZIEMNY #GAZ ŁUPKOWY #PŁYN SZCZELINUJĄCY #SZCZELINOWANIE HYDRAULICZNE

KONTAKT

dr inż. Paweł Wiśniewski
pawel.wisniewski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 57
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-dla-przemyslu-wydobywczego

OFEROWANE USŁUGI

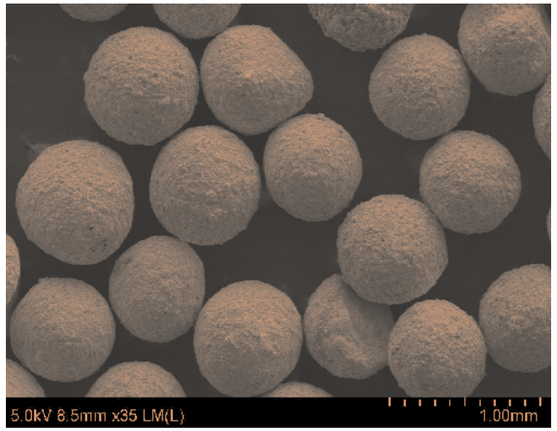
- analiza fazowa, tekstury krystalicznej i naprężeń własnych z wykorzystaniem dyfraktometru rentgenowskiego (XRD)
- badania mikrostruktury przy użyciu skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM)
- badania materiałów z zastosowaniem mikrotomografii rentgenowskiej (μCT)
- badania właściwości mechanicznych tj. wytrzymałość na zgniatanie
- dobór i badania wpływu właściwości proszków na parametry mas i granulatów ceramicznych stosowanych do wytwarzania materiałów podsadzkowych
- otrzymywanie i badania właściwości spoiw polimerowych oraz płynów szczelinujących dla przemysłu wydobywczego i ceramicznego
- otrzymywanie i badania właściwości ceramicznych mas lejnych do uzyskania materiałów podsadzkowych oraz granulatów
- badania właściwości reologicznych spoiw polimerowych i płynów szczelinujących
- analiza wielkości cząstek proszków ceramicznych
- badania właściwości proppantów ceramicznych zgodnie z normą PN-EN ISO 13503-2:2010
- badania napięcia powierzchniowego spoiw i płynów szczelinujących
- badania zmętnienia płynów
- analiza sitowa

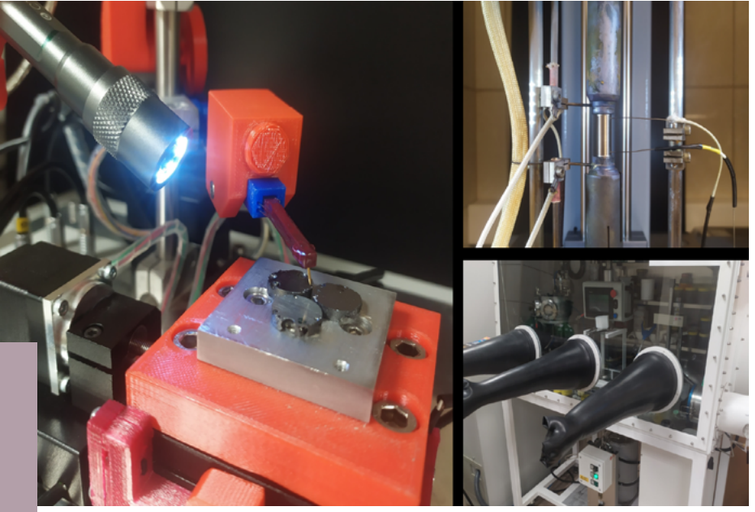
WYBRANE PROJEKTY

- Optymalizacja technologii celem produkcji lekkich proppantów ceramicznych o najwyższej wytrzymałości na zgniatanie i o najniższym ciężarze właściwym przy maksymalnym wykorzystaniu polskich surowców mineralnych i popiołów lotnych (BALTICPROPP, Program Blue Gas 1, 2013–2016)
- Metoda elektromagnetyczna estymacji stopnia penetracji propantu w procesie szczelinowania (EMPROP, Program Blue Gas 2, 2014–2017)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- kamera termowizyjna FLIR T1020 wraz z oprogramowaniem: FLIR TOOLS, ResearchIR 4 Max
- mikroskop świetlny Nikon Epiphot 200
- mikroskop świetlny Carl Zeiss Axio Scope wyposażony w moduł jasnego pola (BF), ciemnego pola (DF), kontrast dyferencyjny (DIC) oraz dyferencyjny interferencyjny kontrast w polaryzacji kołowej (DIC-R)
- mikroskop skaningowy TM1000 Hitachi
- piec komorowy Czylok do 1600°C
- stanowisko do suszenia i nagrzewania materiałów promieniami IR
- suszarki laboratoryjne
- analizator wielkości cząstek Horiba LA-950
- przesiewacz sitowy Retsch A200 Control
- reometr Anton Paar MC102
- tensjometr D-MT1A (POLON-IZOT)
- turbidymetr TurbiDirect_4a
- urządzenie do badania gęstości nasypowej proszków





ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA ENERGETYKI

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#KONWERSJA ENERGII #MATERIAŁY TERMOELEKTRYCZNE #EFEKT SEEBECKA #EFEKT PELTIERA #METALURGIA PROSZKÓW #SPIEKANIE IMPULSOWO-PLAZMOWE #MATERIAŁY KOMPOZYTOWE #MATERIAŁY REAKTORÓW SYNTEZY TERMOJĄDROWEJ #ENERGETYKA

Zespół Projektowania Materiałów dla Energetyki wywodzi się z Wydziału Inżynierii Materiałowej PW.

Obszar badań realizowanych w Zespole obejmuje szeroką gamę zagadnień związanych z modelowaniem, wytwarzaniem i charakteryzowaniem, a także praktycznym wykorzystaniem materiałów dla nowoczesnych systemów do konwersji i produkcji energii.

Zespół realizował liczne projekty finansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki, Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz europejskich programów M-Era.Net i H2020 Euratom.

Prace realizowane w Zespole mają charakter działań badawczych i eksperckich. Wśród licznych podmiotów współpracujących należy wymienić czołowe ośrodki badawcze w Europie, tj. Culham Centre for Fusion Energy, Wielkia Brytania, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik czy RWTH Aachen University, Niemcy, jak również partnerów przemysłowych: THALES Alenia Space, Francja czy ZTW - EXPLOMET Sp. J., Polska.

KONTAKT

dr hab. inż. Łukasz Ciupiński, prof. uczelni
lukasz.ciupinski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 53
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-dla-energetyki

OFEROWANE USŁUGI

- analiza degradacji materiałów pracujących w reaktorach syntezy termojądrowej
- badania mikrostruktury materiałów metalicznych, ceramicznych i półprzewodnikowych
- synteza i charakteryzacja materiałów termoelektrycznych i półprzewodnikowych
- wytwarzanie i charakteryzacja materiałów kompozytowych
- obróbka cieplna materiałów
- analizy numeryczne: teoria funkcjonałów gęstości, metoda elementów skończonych, metoda objętości skończonych
- ekspertyzy materiałowe (materiałów metalicznych oraz polimerowych, procesów degradacyjnych, dobór materiałów)
- badania degradacji materiałów w środowisku wodoru

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

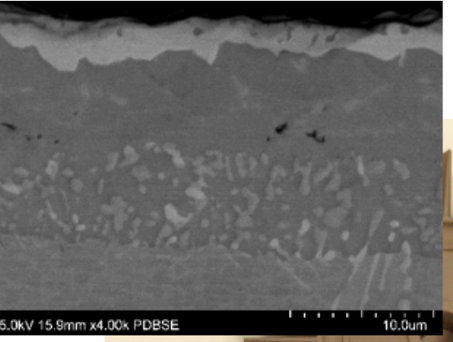
- LABORATORIUM SYNTEZY MATERIAŁÓW TERMOELEKTRYCZNYCH:
  - piec rurowy kołyskowy
  - piec rurowy próżniowy
  - komora rękawicowa MBraun LabStar
  - stanowisko do ampułowania kwarcu z próżnią wysokiej czystości
- LABORATORIUM CHARAKTERYZACJI MATERIAŁÓW TERMOELEKTRYCZNYCH:
  - mikrotomograf rentgenowski X-Radia XCT400
  - aparatura SeebTest do charakteryzacji właściwości termoelektrycznych w funkcji temperatury
  - aparatura SeebScan do charakteryzacji powierzchniowego rozkładu współczynnika Seebecka
- wg potrzeb: aparatura pozostałych laboratoriów WIM PW

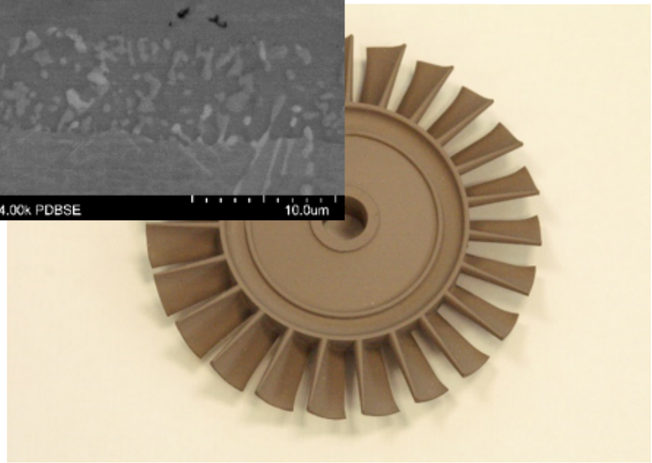
WYBRANE PROJEKTY

- Badania dotyczące elastycznych modułów termoelektrycznych (NCBR, 2019–2020)
- Opracowanie nowych materiałów termoelektrycznych na bazie skutterudytów (NCN, 2017–2021)
- Innowacyjne moduły termoelektryczne do konwersji energii (NCBR, 2014–2018)
- Opracowanie technologii nieniszczącego diagnozowania gazociągów w oparciu o magnetyczną metodę bezkontaktową i sensory zintegrowane z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego (NCBR, 2019–2022)
- EUROfusion – Implementation of activities described in the Roadmap for Fusion (Komisja Europejska, 2021–2025)
- HEATPACK - New generation of high thermal efficiency components packages for space (Komisja Europejska, 2019–2022)

WYBRANE OSIĄGNIĘCIA

- Opracowanie procesu homogenizacji mieszanki proszkowej metaliczno-ceramicznej na potrzeby wytwarzania materiałów kompozytowych o wysokim przewodnictwie cieplnym (PL 229005)
- Opracowanie stopowego proszku do wytwarzania stopów wolframu metodą metalurgii proszków (PL 234544)
- Złoty medal za wynalazek „Copper-diamond Integrated Heat Spreader", INPEX, the Invention & New Product Exposition (USA, 2013)
- Opracowanie technologii łączenia barier dyfuzyjnych i materiałów termoelektrycznych przy użyciu techniki metalurgii proszków Pulse Plasma Sintering (proj. TANGO)





ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW DLA PRZEMYSŁU LOTNICZEGO

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#PRZEMYŁ LOTNICZY #INŻYNIERIA POWIERZCHNI #DRUK 3D MATERIAŁÓW METALICZNYCH #DRUK 3D #MATERIAŁY METALICZNE #MATERIAŁY DLA LOTNICTWA

Zespół funkcjonuje na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów.
Prace badawcze Zespołu skupione są na opracowywaniu nowych rozwiązań materiałowych obejmujących m.in.:

- projektowanie i wytwarzanie żaroodpornych i żarowytrzymałych warstw na gorące części silników lotniczych,
- regenerację gorących części silników lotniczych,
- projektowanie i wytwarzanie warstw odpornych na korozję i zużycie ścierne,
- projektowanie i wytwarzanie gorących części silników lotniczych techniką druku 3D.

Zespół posiada doświadczenie w realizacji projektów badawczych i prac dyplomowych.

Jego głównymi partnerami są: Wojskowe Zakłady Lotnicze Nr 2 S.A. oraz General Electric International S.A., Instytut Podstawowych Problemów Techniki, Wydział Mechatroniki i Lotnictwa WAT, Katedra Nauki o Materiałach Politechniki Rzeszowskiej, Wydział Metali Nieżelaznych AGH, Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, a także Pratt&Whitney Rzeszów, CPP Polska Sp. z o.o., GE Aviation. Ponadto Zespół współpracuje z ośrodkami zagranicznymi: Osaka University (Japonia), Institut National Des Sciences Appliquées (Lyon, Francja), Ecole des Mines de Saint-Étienne (Francja).

KONTAKT

dr hab. inż. Ryszard Sitek
ryszard.sitek@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 57
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-dla-lotnictwa-i-transportu

OFEROWANE USŁUGI

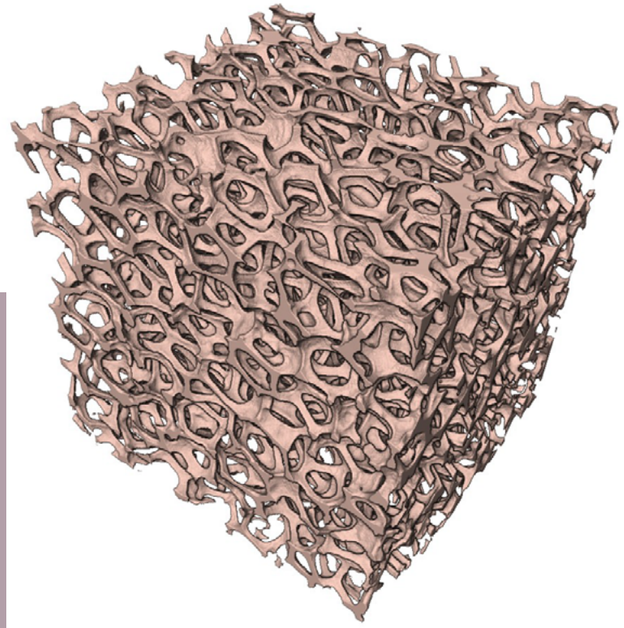
- ocena degradacji gorących części silników lotniczych po eksploatacji
- badania mikrostruktury, składu chemicznego i fazowego żaroodpornych żarowytrzymałych warstw ochronnych stosowanych na gorące części silników lotniczych
- badanie mikrotwardości, porowatości, składu chemicznego i fazowego materiałów metalicznych wytwarzanych technikami druku 3D
- analiza wielkości cząstek proszków metalicznych przeznaczonych do druku 3D

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- drukarka 3D EOS M100
- skaner 3D -GOM ATOS Core
- mikroskop świetlny Carl Zeiss Axio Scope
- mikroskop skaningowy Hitachi TM1000
- piec komorowy Nabertherm do 1280°C
- piaskarka Vario basic
- przesiewacz sitowy LPzE-3e

WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie technologii wspomagających regenerację pokryć ochronnych łopatek turbiny silnika lotniczego (NCBR, 2018–2019)
- Wykorzystanie nowych technologii inżynierii powierzchni i łożysk magnetycznych w budowie miniaturowego turbinowego silnika odrzutowego (NCBR, 2012–2015)



ZESPÓŁ MATERIAŁÓW POROWATYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#MATERIAŁY POROWATE #POROWATOŚĆ OTWARTA
#OGNIWA PALIWOWE #WYMIENNIKI CIEPŁA
#KATALIZA #FILTRY #DRUK 3D

Zespół materiałów porowatych działa w ramach Zakładu Projektowania Materiałów na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW i prowadzi badania w obszarze materiałów o wysokiej porowatości.

Działania Zespołu obejmują techniki wytwarzania, charakteryzacji i modelowania numerycznego w celu projektowania mikrostruktury i właściwości materiałów porowatych oraz procesów w nich zachodzących. Wytwarzanie materiałów bazuje na takich technikach jak: tape casting, druk 3D, chemiczna i elektrochemiczna modyfikacja powierzchni.
Charakteryzacja obejmuje zaawansowane badania struktury materiałów (pomiary porowatości, mikroskopia elektronowa, tomografia rentgenowska, FIB-SEM oraz ilościową analizę zarówno obrazów struktury 2D, jak i 3D). Charakteryzacja obejmuje także badanie elektrochemiczne (w tym badania EIS), badania przepuszczalności i przewodności elektrycznej.
Istotnym elementem badań jest modelowanie struktury, właściwości i procesów z zastosowaniem zaawansowanych technik modelowania komputerowego, takich jak: DFT, dynamika molekularna oraz FEM.

Działania Zespołu skupiają się szczególnie na takich zagadnieniach, jak :

- katalizatory,
- ogniwa paliwowe,
- filtry i membrany – pasywne i aktywne,
- magazyny cieczy i gazów,
- wymienniki ciepła,
- bariery akustyczne,
- bariery cieplne.

Badania w tym obszarze prowadzone są we współpracy z ośrodkami zagranicznymi, m.in.: Technische Universität (Niemcy), Ulm University (Niemcy), National Cheng Kung University (Tajwan), Nanyang Technological University (Singapur), Hanbat National University (Korea Południowa), University of Averio (Portugalia), University of Oslo (Norwegia), SINTEF (Norwegia), University of Cape Peninsula (RPA).

KONTAKT

dr hab. inż. Tomasz Wejrzanowski, prof. uczelni
tomasz.wejrzanowski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 42

OFEROWANE USŁUGI

- wytwarzanie materiałów dla ogniw paliwowych, filtrów, katalizy
- druk 3D materiałów porowatych
- charakteryzacja struktury, właściwości i procesów fizycznych, chemicznych i elektrochemicznych w materiałach o wysokiej porowatości
- analiza ilościowa struktury materiałów porowatych
- projektowanie materiałów o otwartej porowatości - modelowanie struktury, właściwości i procesów

WYBRANE PROJEKTY

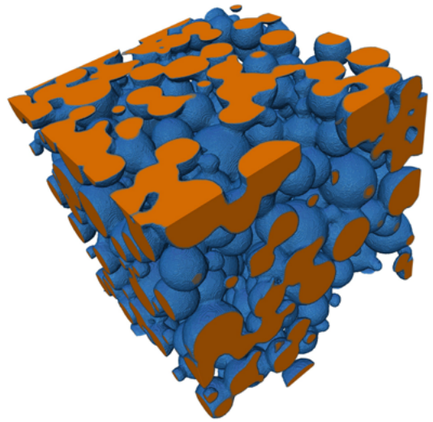
- Wysokosprawne węglanowe ogniwa paliwowe (NCBR, PBS 3, 2015–2018)
- Innowacyjne materiały na osnowę elektrolitu dla węglanowych ogniw paliwowych (Współpraca Polsko-Tajwańska, 2016–2019)
- Innowacyjne węglanowo-ceramiczne materiały kompozytowe jako technologie wychwytu i utylizacji CO_2 dla zrównoważonej energetyki (M-ERA_NET 2, 2017–2021)
- Udoskonalone wytwarzanie ogniw paliwowych mające na celu wydłużenie czasu eksploatacji, poprawę parametrów pracy, w szczególności mocy przypadającej na jednostkę objętości/masy ogniwa oraz obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych poprzez zastosowanie alternatywnych układów katalitycznych w technologii poligraficznej (POIR, 2016–2020)
- Opracowanie technologii odzysku metali szlachetnych i metali ziem rzadkich do produkcji elementów węglanowych ogniw paliwowych (POIR, 2017–2021)

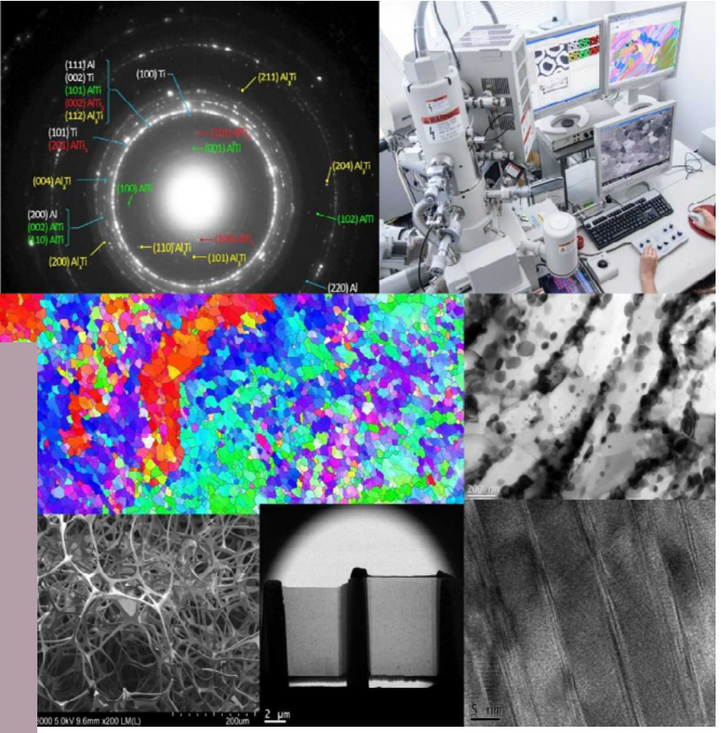
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- 2x tape caster
- młyn planetarny Retch PM400
- planetarny homogenizator próżniowy Thinky ARV 930 TWIN
- piec atmosferowy Czylok FCF-V70C/R
- stanowisko do badań elektrochemicznych NORECS AS
- zestaw do badań spektroskopii impedancyjnej GAMRY3000
- stanowisko do badań przepuszczalności
- stanowisko do badań przewodności elektrycznej
- drukarka FDM Ultimaker S5
- wytłaczarka 3Devo

PATENTY I ZGOSZENIA PATENTOWE

- Wymiennik ciepła z układem chłodzącym, zwłaszcza do generatora termoelektrycznego (PL 228521)
- Osnowa węglanowego ogniwa paliwowego o zwiększonej odporności na pękanie (P.415522)
- Sposób wytwarzania katody węglanowego ogniwa paliwowego o wysokiej porowatości otwartej (P.427754)





ZESPÓŁ PROJEKTOWANIA MATERIAŁÓW ULTRADROBNOZIARNISTYCH I NANOKRYSTALICZNYCH „NANO”

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#ULTRADROBNOZIARNISTE I NANOKRYSTALICZNE MATERIAŁY METALICZNE #NANOKOMPOZYTY METALICZNE #CHARAKTERYSTYKA MIKROSTRUKTURY METODAMI MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ #ZJAWISKA ZACHODZĄCE W MATERIAŁACH PODCZAS ODKSZTAŁCENIA PLASTYCZNEGO I OBRÓBEK CIEPLNYCH #SZCZEGÓLNIE STOPÓW ALUMINIUM #KOROZJA MATERIAŁÓW

Zespół „NANO” działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów. Zajmuje się projektowaniem, wytwarzaniem i charakterystyką nowych materiałów metalicznych, w tym kompozytów, o strukturze ultradrobnoziarnistej i nanokrystalicznej (tzn. o wielkości ziaren rzędu setek lub dziesiątek nanometrów). Prace Zespołu mają na celu pokazanie ich wyjątkowych właściwości wynikających z drobnoziarnistej budowy i możliwości zastosowania w różnych gałęziach przemysłu. Główne obszary działalności Zespołu to:

- rozwój nowych materiałów ultradrobnoziarnistych, w szczególności hybrydowych materiałów nanokompozytowych: poznanie mechanizmów rozdrobnienia ziaren i kształtowania się mikrostruktury w różnych procesach dużego odkształcenia plastycznego,
- charakterystyka mikrostruktury oraz poznanie zjawisk i procesów: granice ziaren i ich wpływ na właściwości, procesy wydzieleniowe w strukturach ultradrobnoziarnistych i nanokrystalicznych, procesy dyfuzyjne w tym tworzenie warstw dyfuzyjnych,
- charakterystyka właściwości materiałów ultradrobnoziarnistych: właściwości mechaniczne, nadplastyczność i zdolność do głębokiego tłoczenia, odporność korozyjna, przewodność elektryczna, odporność na zużycie ścierne, biozgodność,
- procesy łączenia materiałów ultradrobnoziarnistych i nanokrystalicznych.

Zespół specjalizuje się w charakteryzowaniu struktury materiałów (metali, ceramik i kompozytów) zaawansowanymi metodami mikroskopii elektronowej, w tym w badaniach wysokorozdzielczych. Badania te pozwalają na określenie jakości wytwarzanych materiałów, poznanie wpływu elementów struktury na właściwości czy doskonalenie procesów technologicznych. Zespół projektuje programy badawcze służące określaniu odporności korozyjnej materiałów w różnych środowiskach.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Małgorzata Lewandowska
malgorzata.lewandowska@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 45
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Materialy-ultradrobnoziarniste-i-nanokrystaliczne

OFEROWANE USŁUGI

- skaningowa mikroskopia elektronowa: obserwacje mikrostruktury przy powiększeniach do 500 000 razy; topografia powierzchni; obrazowanie w kontraście masowym materiałów wielofazowych
- transmisyjna mikroskopia elektronowa: obserwacje struktury atomowej przy powiększeniach do 8 000 000 razy; obserwacje elementów mikrostruktury, takich jak granice ziaren, dyslokacje, wydzielenia
- wysokorozdzielcza tomografia elektronowa; badania in-situ w TEM: rozciąganie, grzanie
- jakościowa i ilościowa analiza składu chemicznego metodą mikroanalizy rentgenowskiej (EDS i WDS)
- analiza orientacji krystalograficznej: dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych EBSD; dyfrakcja elektronów rozproszonych (t-EBSD, TKD, t-FSD) w SEM; dyfrakcja w zbieżnej wiązce w STEM, SAED w TEM
- preparatyka próbek TEM z wykorzystaniem mikroskopii jonowej (FIB), wycinanie cienkich lameli z wybranych miejsc, rekonstrukcja 3D materiałów wielofazowych
- badania odporności na korozję ogólną i wżerową; metody woltamperometryczne i elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna

ZGŁOSZENIA PATENTOWE

- Urządzenie do wyznaczania granicznego współczynnika wytłaczania dla małych krążków (P.426254)
- Sposób obróbki prętów w celu zapewnienia ich wysokiej plastyczności w niskich temperaturach i zastosowania prętów po obróbce dla elementów pracujących w temperaturze ciekłego azotu (P.410537)

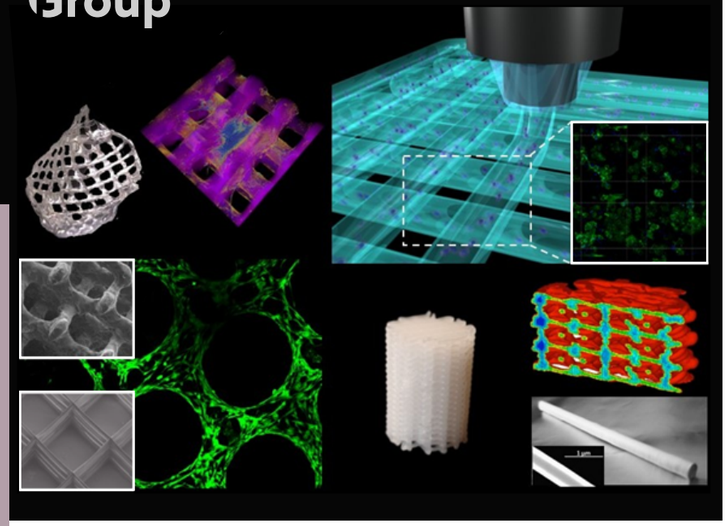
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- transmisyjne mikroskopy elektronowe:
  - Hitachi STEM HD2700 z Cs korektorem, SE, BF-TEM, HAADF, EDX
  - Jeol JEM 1200 z kamerą Gatan Orius, uchwyt do grzania, uchwyt do rozciągania
- skaningowe mikroskopy elektronowe:
  - Hitachi SEM S5500 - 2xSE, ExB, BSE, BF-STEM, DF-STEM, EDX
  - Hitachi SU70 - 2xSE, ExB, BSE, STEM, EDX, WDS, EBSD
  - Hitachi SU8000 - 3xSE, ExB, BSE, STEM, EDX
  - Hitachi SEM S3500N - SE, BSE, EDX
  - TableTop Hitachi SEM TM1000, TM3000, FEI Phenom
- mikroskopy jonowe:
  - Hitachi FIB 2100
  - Hitachi DualBeam NB5000
  - polerka jonowa Hitachi IM4000
- badania korozyjne:
  - potencjostat/galwanostaty Autolab 302N i Autolab128 Metrohm z modułem impedancyjnym

WYBRANE PROJEKTY

- Opracowanie nisko-odpadowej technologii platerowania wybuchowego oraz technologii przetwarzania wielowarstwowych, wysokowytrzymałościowych materiałów lekkich i superlekkich z warstwami reaktywnymi i funkcjonalnymi oraz blach platerowanych wybuchowo metalami reaktywnymi i ich stopami (NCBR, EMuLiReMat TECHMATSTRATEG, 2019–2022)
- Płytki o strukturze ultra drobnoziarnistej, małej anizotropii, zdolności do głębokiego tłoczenia i odkształcenia nadplastycznego przy dużej szybkości odkształcenia (NCN, OPUS 12, 2017–2020)
- Rekrystalizacja i rozrost ziaren w silnie odkształconej stali austenitycznej (NCN, SONATA 8, 2015–2019)
- Miedź o strukturze ultradrobnoziarnistej do zastosowań jako przewodzące elementy konstrukcyjne (NCN, PRELUDIUM 14, 2017–2021)
- Optymalizacja mikrostruktury stopów aluminium pod kątem efektywności umocnienia wydzieleniowego (NCN, SONATINA 1, 2017–2021)

BioMaterials Group



Zespół Badawczy BioMaterials jest częścią Zakładu Projektowania Materiałów na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW. Główny obszar zainteresowań Zespołu obejmuje:

- opracowywanie nowych materiałów dla medycyny,
- inżynierię tkankową i medycynę regeneracyjną,
- druk 3D polimerów i kompozytów (FDM/SLA) oraz metali (SLM),
- biodrukowanie 3D – druk komórek i tkanek,
- 3D elektroprzędzenie ze stopu (Melt electrowriting, MEW)
- elektroprzędzenie i enkapsulację z roztworów,
- charakteryzację biomateriałów i zaawansowane techniki obrazowania 3D metodami mikro- i nanotomografii komputerowej,
- modelowanie komputerowe nowych materiałów, tkanek i produktów inżynierii tkankowej,
- systemy dostarczania leków – mikro i nanokapsułki, powłoki oraz systemy drukowane 3D.

ZESPÓŁ BIOMATERIALS

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA
INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA

#BIOMATERIAŁY #INŻYNIERIA TKANKOWA #DRUK 3D #BIODRUKOWANIE #SYSTEMY DOSTARCZANIA LEKÓW #ELEKTROPRZĘDZENIE #CHARAKTERYZCJA MATERIAŁÓW

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Wojciech Święszkowski
wojciech.swieszkowski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 86 88
www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Biomaterialy
www.bio.materials.pl

OFEROWANE USŁUGI

- druk 3D polimerów, kompozytów oraz metali
- wytwarzanie struktur metodą elektroprzędzenia z roztworu oraz z uplastycznionego polimeru
- charakteryzacja materiałów i produktów:
  - AFM w powietrzu i w cieczy
  - badanie kąta zwilżania i swobodnej energii powierzchniowej
  - pomiary TGA, DSC, DMA, oraz GPC
  - badanie współczynników płynięcia (masowego i objętościowego)
  - spektroskopia FTIR oraz Ramana
  - pomiary łączone TGA-FTIR
  - mikro- i nanotomografia komputerowa (skany, rekonstrukcje 3D, analiza porowatości, badania mechaniczne in situ, itp.)
- ocena biologiczna: cytotoksyczność, adhezja, proliferacja i różnicowanie komórek oraz ich obrazowanie (mikroskopia fluorescencyjna, konfokalna i elektronowa)

WYBRANE PROJEKTY

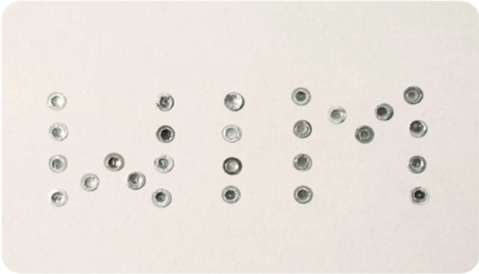
- 3D biomimetic breast cancer invasion model for testing new therapies (NCBR, POLTUR 4, 2021–2024)
- Metoda leczenia dużych ubytków tkanki kostnej u chorych onkologicznych z wykorzystaniem inżynierii tkankowej in vivo (NCBR. STRATEGMED 3, 2017–2021)
- Biodrukowanie 3D rusztowań z wykorzystaniem żywych wysp trzustkowych lub komórek produkujących insulinę w celu stworzenia bionicznej trzustki (NCBR, STRATEGMED 3, 2017 –2020)
- Synteza i charakterystyka nowych biomateriałów na bazie trójwymiarowych (3D) wielofunkcyjnych podłoży tytanowych (NCN, OPUS 13, 2018–2021)
- Multidisciplinary European training network for development of personalized anti-infective medical devices combining printing technologies and antimicrobial functionality (H2020-MSCA-ITN, 2017–2020)

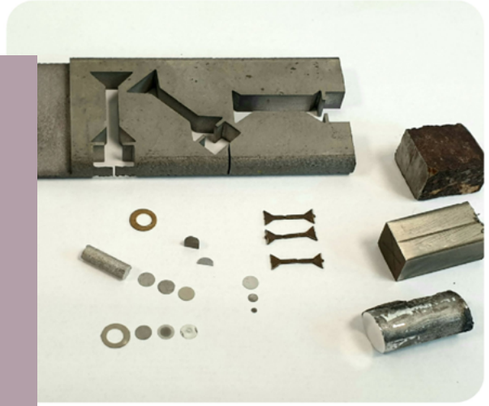
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- drukarki 3D: 3DDiscovery (RegenHU), 3D-Bioplotter (EnvisionTEC) (obie w komorach laminarnych), Bioscaffolder (SYSENG), VShaper MED, Realizer SLM50, Form 2 (Formlabs)
- AFM MFP-3D-Bio (Asylum Research)
- goniometr OCA20 (dataphysics)
- różnicowy kalorymetr skaningowy DSC Q2000
- analizator termograwimetryczny TGA Q5000IR
- dynamiczny analizator mechaniczny DMA800
- chromatograf żelowy GPC Agilent 1200
- plastometr (Instron CEAST)
- spektroskop w podczerwieni FTIR Nicolet 8700 (ThermoScientific)
- spektroskop Ramana InVia (Renishaw)
- mikro i nanotomografy rentgenowskie np. microCT SkyScan 1172 (Bruker), Xradia XCT-400 (Zeiss)
- mikroskop konfokalny Leica TCS SP8
- laboratorium badań komórkowych wyposażone w komory laminarne, inkubatory, autoklaw, czytnik płytek, bioreaktorTC-3 load (Ebers)

PATENTY I ZGŁOSZENIA PATENTOWE

- Mikrokapsułki typu rdzeń/otoczka i sposób wytwarzania mikrokapsułek typu rdzeń/otoczka (PL 235870)
- Method for manufacturing bone implants and bone implant (EP 3291850)
- Method for obtaining a composite coating on titanium implants for tissue engineering (US 10053791B2)
- Bioaktywne hydroksyapatytowe powłoki o hierarchicznej nano/mikrostrukturze, sposób ich wytwarzania oraz zastosowanie (P.434340)
- Bioaktywny śródkostny implant stomatologiczny (P.425508)





Laboratorium Preparatyki Próbek do Badań Elektronomikroskopowych działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów. Zajmuje się przygotowaniem preparatów do obserwacji wykonywanych w ramach zaawansowanych technik mikroskopii elektronowej.

Głównymi metodami w zakresie przygotowania materiału do badań są: proces ścieniania elektrolitycznego lub pocienianie jonowe stosowane dla różnych klas materiałów, w tym półprzewodników, metali, a także ceramiki.
Prace prowadzone w laboratorium obejmują kompleksowe wykonanie preparatów do obserwacji mikrostruktury, warstw powierzchniowych, przekrojów złączy oraz przełomów próbek.

Laboratorium specjalizuje się w precyzyjnym przygotowaniu materiałów do badań z wykorzystaniem skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, a także poszukuje praktycznych rozwiązań problemów związanych ze specjalistyczną preparatyką materiałów do obserwacji elektronomikroskopowych.

LABORATORIUM PREPARATYKI PRÓBEK DO BADAŃ ELEKTRONOMIKROSKOPOWYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#ŚCIENIANIE JONOWE #ŚCIENIANIE ELEKTROLITYCZNE #POLEROWANIE ELEKTROLITYCZNE #PRECYZYJNE CIĘCIE #PRÓBKI DO BADAŃ MIKROSTRUKTURY #PREPARATYKA TEM #CIENKIE FOLIE #PRECYZYJNA ELEKTRODRĄŻARKA

KONTAKT

dr inż. Milena Koralnik
milena.koralnik@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 51
https://wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Oferta-badawcza/Charakterystyka-materialow/Preparatyka-Probek-do-Badan-Elektronomikroskopowych

OFEROWANE USŁUGI

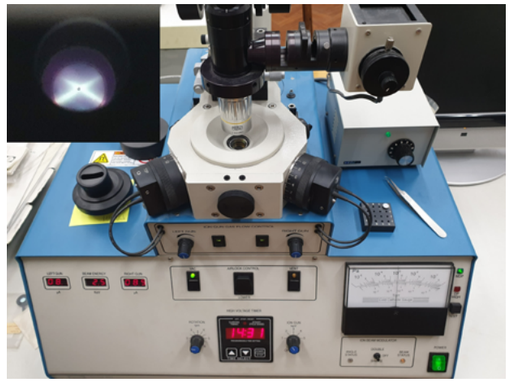
- kompleksowe przygotowanie preparatów do obserwacji przy użyciu skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej
- precyzyjne cięcie, orientowanie i wykonanie próbek do obserwacji mikrostruktury oraz badań właściwości mechanicznych
- opracowanie nowych technik przygotowania preparatów do obserwacji elektronomikroskopowych
- wykonanie obserwacji i analizy mikrostruktury we współpracy z Laboratorium Mikroskopii Elektronowej WIM PW

WYBRANE PROJEKTY

- Hybrydowa technologia wytwarzania szyn normalnotorowych o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej uwzględniająca przyszłościowe trendy w rozwoju transportu kolejowego HyPremRail (NCBR, 2015–2018)
- Wpływ sposobu wytwarzania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne płytek ze stopu Al o strukturze ultradrobnoziarnistej (NCN, PRELUDIUM 10, 2016–2019)
- Wpływ orientacji monokryształów o różnej energii błędu ułożenia na kształtowanie się tekstury odkształcenia podczas ciągnienia (NCN, OPUS 11, 2017–2020)
- Badanie zależności pomiędzy stopniem krystaliczności struktury, a odpornością korozyjną biodegradowalnych stopów z układu Mg-Zn-Ca, modyfikowanych dodatkami stopowymi (NCN, PRELUDIUM 12, 2017–2020)
- Optymalizacja mikrostruktury stopów aluminium pod kątem efektywności umocnienia wydzieleniowego (NCN, SONATINA 1, 2017–2021)
- Powłoki o podwyższonej żaroodporności na łopatkach turbin wysokiego ciśnienia silników RD-33 (NCBR, 2018–2019)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- precyzyjne ścieniarki jonowe do jedno- lub dwustronnego, niskonapięciowego polerowania materiału z zastosowaniem wiązki jonów argonu (Gatan PIPS)
- szlifierko-polerka do mechanicznego, kontrolowanego i precyzyjnego pocieniania materiału (Gatan Dimple Grinder)
- talerzowe szlifierko-polerki metalograficzne (ATM Saphir)
- polerka wibracyjna do końcowej obróbki powierzchniowej (Buehler Vibromet)
- polerka elektrolityczna z możliwością przeprowadzenia procesów elektrolitycznego trawienia (Struers LectroPol)
- ścieniarki elektrolityczne do polerowania oraz pocieniania materiału z funkcją automatycznego skanowania i doboru parametrów procesu (Struers TenuPol)
- drutowa drążarka elektroerozyjna (ZAP-bp)
- przecinarki i piły precyzyjne (tarczowe, drutowe i wibracyjne)



LABORATORIUM BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE #PRÓBA ROZCIĄGANIA #ODPORNOŚĆ NA PĘKANIE #ZMĘCZENIE MATERIAŁÓW #OPTYCZNY POMIAR ODKSZTAŁCENIA #BADANIA KOMPOZYTÓW #TENSOMETRIA #SMALL PUNCH TEST #SMALL PUNCH CREEP #MINIATUROWE PRÓBKI WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Zespół zlokalizowany jest na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW, w Zakładzie Projektowania Materiałów. Zajmuje się szeroko pojętą tematyką badawczą związaną z charakteryzowaniem materiałów pod kątem ich właściwości mechanicznych. Oprócz standardowych, unormowanych badań zespół prężnie rozwija techniki badawcze z wykorzystaniem miniaturowych próbek.

Zespół aktywnie wykorzystuje wewnętrzne i zewnętrzne źródła finansowania prac B+R oraz czynnie współpracuje z innymi jednostkami naukowymi, przedsiębiorstwami oraz jednostkami certyfikującymi z kraju i zagranicy.

Zespół zrealizował wiele projektów naukowych i wdrożeniowych, jak również znaczną liczbę prac zleconych bezpośrednio od odbiorców przemysłowych. O poziomie realizowanych przez Zespół prac B+R świadczy kilkadziesiąt publikacji w renomowanych czasopismach o zasięgu światowym.

KONTAKT

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pakieła
zbigniew.pakiela@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 44
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Grupy-badawcze/Wlasciwosci-mechaniczne

OFEROWANE USŁUGI

- badania właściwości mechanicznych:
  - materiałów metalicznych wg wytycznych norm PN-EN 6892, ASTM E8, ASTM E466, ASTM E606, ASTM E606, ASTM E399, ASTM E1820, ASTM E647 oraz materiałów polimerowych i kompozytowych wg wytycznych norm PN-EN ISO 527, PN-EN 2747, ASTM D2344, ASTM D3039, ASTM D3410, ASTM D3518, ASTM D7264, ASTM D7137, ASTM D790
  - materiałów występujących w ograniczonej objętości
  - całych elementów o rozmiarze do ok. 1 m
- niestandardowe badania właściwości mechanicznych materiałów dostosowane do wymagań klienta

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- maszyny wytrzymałościowe o zakresie pomiarowym siły od 2 N do 250 kN i przemieszczenia w zakresie od 0,001 mm do 1 m
- piece umożliwiające wykonywanie badań w temp. do 1200°C
- systemy umożliwiające bezkontaktowy pomiar odkształceń (Cyfrowa Korelacja Obrazów, Videoekstensometry)
- komory klimatyczne umożliwiające wykonywanie badań w obniżonej temp. (do ok. - 100°C)
- kriostat do prób wytrzymałościowych w ciekłym azocie i ciekłym helu

INNE OSIĄGNIĘCIA

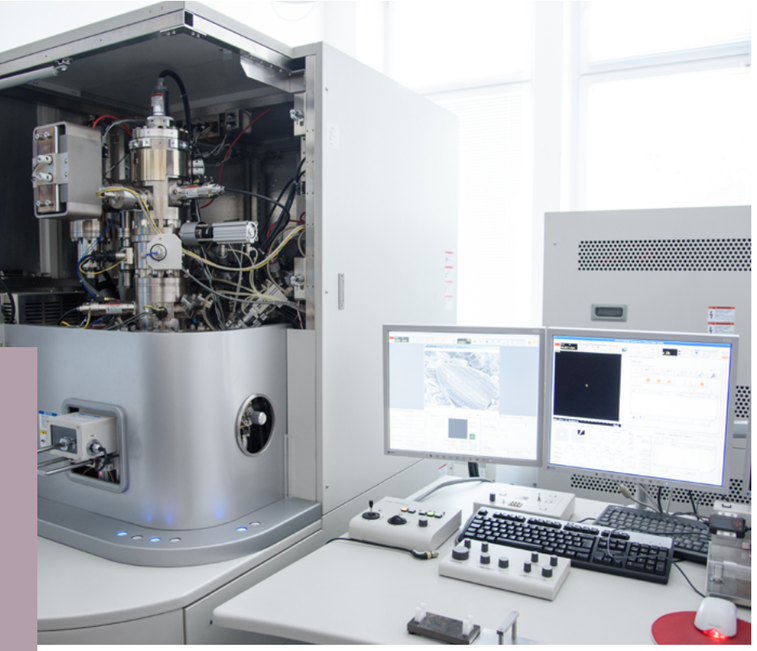
- wyróżnienie badań z użyciem miniaturowych próbek wykorzystanych w praktyce do analizy właściwości mechanicznych powłok nakładanych innowacyjną technologią Warm Spray (NIMS), nadane przez Japan Thermal Spray Society, jako znaczny wkład do dziedziny nauki natryskiwania cieplnego

WYBRANE PROJEKTY

- Innowacyjne materiały konstrukcyjne o podwyższonych parametrach, stosowane w budynkach modułowych, dla użytkowników obiektów w różnych warunkach klimatycznych (NCBR, POIR, 2019–2022)
- Opracowanie technologii wysokociśnieniowego hartowania gazowego satelitarnych kół zębatych epicyklicznej przekładni lotniczej silnika FDGS, wykonanych ze stali Pyrowear 53 i pracujących w warunkach długotrwałych i cyklicznie zmiennych obciążeń eksploatacyjnych (NCBR, TECHMATSTRATEG 2, 2020–2023)
- Rozwój technologii materiałów kompozytowych o podwyższonych właściwościach mechanicznych i elektrycznych (NCBR, podwykonawstwo dla Polskich Zakładów Lotniczych Sp. z o.o., 2016–2018)
- Opracowanie wytycznych do zaprojektowania innowacyjnej technologii wydobycia gazu z łupków przy użyciu ciekłego CO_2 na drodze analiz numerycznych i badań eksperymentalnych – Diox4Shell (NCBR, BG2, 2015–2019)
- Opracowanie i zastosowanie laserowej technologii mikrometalurgii proszków do wytwarzania materiałów o specjalnych własnościach modyfikowanych renem-RenMaTech (NCBR, PBS1, 2013–2016)

PATENTY I ZGŁOSZENIA PATENTOWE

- Sposób obróbki prętów materiału dla nadania mu plastyczności w niskich temperaturach oraz zastosowanie materiału poddanego obróbce do wytwarzania elementów pracujących w ciekłym azocie (PL229820-B1, 2018)
- Sposób otrzymywania powłoki dwuwarstwowej na stopie magnezu i powłoka dwuwarstwowa na stopie magnezu (P.428884, 2019)
- Sposób otrzymywania powłoki hybrydowej na stopie magnezu i powłoka hybrydowa na stopie magnezu (P.428473, 2018)



LABORATORIUM BADAŃ DLA PRZEMYSŁU

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#DIAGNOSTYKA TECHNICZNA #PROGRAM KONTROLI EKSPLOATACJI #BADANIA NIENISZCZĄCE #NDT #INŻYNIERIA MATERIAŁOWA #AWARIA #WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU #MIKROSTRUKTURA #DEGRADACJA #EMISJA AKUSTYCZNA #DEFEKTOSKOPIA #BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE

Laboratorium Badań dla Przemysłu jest elementem struktury organizacyjnej Wydziału Inżynierii Materiałowej PW.

Misją LBP jest wzrost poziomu bezpieczeństwa poprzez zapobieganie i eliminowanie zagrożeń wynikających z eksploatacji urządzeń technicznych. Laboratorium od wielu lat skutecznie łączy środowisko naukowe z przemysłem, świadcząc usługi diagnostyki laboratoryjnej na terenie całej Polski i za granicą. Jest liderem z zakresu badań materiałowych oraz wiodącym laboratorium w dziedzinie diagnostyki wśród jednostek naukowych.

Laboratorium bierze czynny udział w realizacji projektów badawczych, współfinansowanych ze środków publicznych, we współpracy z partnerami przemysłowymi. Jednocześnie realizuje zlecenia z zakresu inżynierii materiałowej i badań nieniszczących dla partnerów przemysłowych, takich jak: PKN Orlen, Orlen Lietuva, Grupa Lotos, Anwil Włocławek, Zakłady Azotowe Kędzieżyn-Koźle, Mesko S.A., czy Basell Orlen Polyolefins Sp. z o. o.

KONTAKT

dr inż. Łukasz Sarniak
lukasz.sarniak@pw.edu.pl
(+48) 22 234 87 42
www.wim.pw.edu.pl/LBP

OFEROWANE USŁUGI

- ocena stanu technicznego urządzeń i instalacji przemysłowych
- ocena stopnia degradacji i prognozowanie żywotności materiałów
- badania właściwości mechanicznych i mikrostruktury materiałów
- tworzenie programów kontroli eksploatacji urządzeń przemysłowych i analiza ryzyka
- badania metodami NDT i monitorowanie stanu technicznego urządzeń
- opracowanie metodyki badań niszczących i nieniszczących oraz tworzenie procedur badawczych
- ekspertyzy poawaryjne i opinie z zakresu określenia przyczyn i oceny mechanizmów zniszczenia materiałów
- symulacje numeryczne rozkładu składowych naprężenia pracujących elementów konstrukcji z wykorzystaniem MES

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- system emisji akustycznej Vallen AMSY-5 i AMSY-6 ze 191 kanałami pomiarowymi oraz dwukanałowy system Interunis Uniscope
- defektoskop ultradźwiękowy Olympus Omniscan MX2 z systemem Phased Array i TOFD
- system defektoskopii dalekozasięgowej Olympus Ultrawave LRT
- oprogramowanie EXTENDE CIVA do symulacji numerycznych badań ultradźwiękowych
- defektoskopy prądowirowe Olympus Nortec 600, Omniscan MX ECA i MultiScan MS 5800
- kamera termograficzna VIGOcam v50
- przenośny spektrometr rentgenowski Olympus Delta DP-2000
- przenośne twardościomierze cyfrowe Krautkramer MIC 10, MIC 20 i MIC 20 TIV
- przenośne mikroskopy Keyence VHX-600 i UHX-100K
- urządzenie ESTIM SSSM do nieinwazyjnego pobierania próbek
- urządzenie PIHT 2000 do badań właściwości mechanicznych metodą ABIT
- stanowisko do badań odporności na pełzanie Microtest

WYBRANE PROJEKTY

- Monitorowanie zużycia eksploatacyjnego i optymalizacja procesu naprawczego wirników turbin parowych (NCBR, POIG, 2013–2016)
- Pilotażowy, zintegrowany, aparaturowo-technologiczny system do produkcji metodą ciągłej pirolizy sadzy technicznej i oleju popirolitycznego z odpadów gumowych, w szczególności zużytych opon samochodowych (NCBR, 2014–2017)
- Multilateralny małośrednicowy otwór odgazowujący pokłady węgla MINE GAS SLIMHOLE DRILLING – MIGASLIDRILL (NCBR, POIR, 2019–2021)
- Opracowanie i wykonanie demonstratorów technologii krytycznych elementów do nowej generacji amunicji czołgowej 120 mm - Bizmut (NCBR, 2016–2021)
- Automatyczna linia kontroli i badania jakości pierścieni i obręczy z inteligentnym systemem identyfikacji i pomiaru wad wewnętrznych metodą PA, pomiaru błędów kształtu przy użyciu głowic pomiarowych 3D oraz badania własności mechanicznych SMART-HARD (NCBR, POIR, 2018–2022)
- Opracowanie technologii nieniszczącego diagnozowania gazociągów w oparciu o magnetyczną metodę bezkontaktową i sensory zintegrowane z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego - INGA (POIR, 2019 –2022)

LABORATORIUM MIKROSKOPII ELEKTRONOWEJ

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA #PREPARATYKA PRÓBEK NA SEM #SKANINGOWA MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA SEM #TRANSMISYJNA MIKROSKOPIA ELEKTRONOWA TEM #DYFRAKCJA ELEKTRONÓW WSTECZNIE ROZPROSZONYCH EBSD #MIKROANALIZA ENERGODYSPERSYJNA EDS #MIKROSKOPIA JONOWA FIB #OBSERWACJE TOPOGRAFII POWIERZCHNI #ANALIZA SKŁADU CHEMICZNEGO #OBSERWACJE PRZEŁOMÓW #ANALIZA STRUKTURY MATERIAŁÓW

Laboratorium Mikroskopii Elektronowej funkcjonuje na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów. Laboratorium jest wyposażone w wiele różnorodnych mikroskopów elektronowych oraz urządzeń pomocniczych, które znajdują zastosowanie w obserwacjach struktury oraz badaniu właściwości mechanicznych i składu chemicznego materiałów.

Pracownicy laboratorium posiadają duże doświadczenie oraz specjalistyczną wiedzę, co umożliwia im wykonywanie badań mikrostruktury różnorodnych materiałów, przy zastosowaniu zaawansowanych metod mikroskopii elektronowej. W Laboratorium są realizowane badania:

- metali, ceramik, polimerów,
- nanomateriałów (nanoproszków, nanorurek, grafenu),
- kompozytów, laminatów, materiałów warstwowych,
- badania fraktograficzne przełomów,
- rekonstrukcja 3D z rozdzielczością atomową,
- obserwacje wysokorozdzielcze,
- dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych – EBSD,
- wycinanie próbek do badań przy użyciu mikroskopii jonowej,
- badania składu chemicznego.

Są to badania, które pozwalają na określenie jakości wytwarzanych materiałów, poznanie wpływu elementów struktury na właściwości czy też doskonalenie procesów technologicznych.

Laboratorium bierze czynny udział w realizacji projektów badawczych, współfinansowanych ze środków krajowych (NCN, NCBR) i europejskich (EURATOM) oraz ściśle współpracuje z partnerami przemysłowymi.
Laboratorium realizuje zlecenia usług badawczych, zarówno z jednostek naukowych jak również od partnerów przemysłowych.

KONTAKT

dr inż. Tomasz Płociński
tomasz.plocinski@pw.edu.pl
https://www.wim.pw.edu.pl/Mikroskopia-elektronowa

OFEROWANE USŁUGI

- skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM): obserwacje mikrostruktury przy powiększeniach do 500 000 razy
- transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM): obserwacje struktury atomowej i mikrostruktury przy powiększeniach do 8 000 000 razy
- mikroskopia jonowa (FIB): wycinanie cienkich lameli z wybranych miejsc, rekonstrukcja 3D materiałów wielofazowych
- polerowanie jonowe i preparatyka przekrojów poprzecznych przy użyciu polerki jonowej

Badania z wykorzystaniem dedykowanych uchwytów i detektory w mikroskopach:

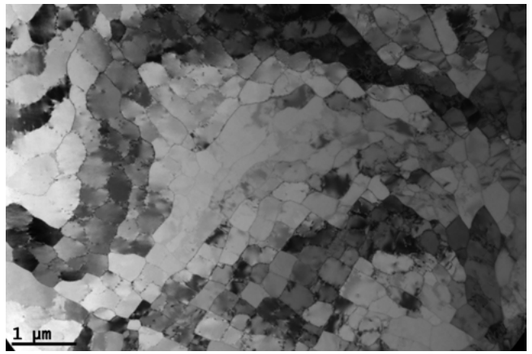
- wysokorozdzielcza tomografia elektronowa; badania in-situ w TEM: rozciąganie, grzanie
- jakościowa i ilościowa analiza składu chemicznego metodą mikroanalizy rentgenowskiej (EDS i WDS)
- analiza orientacji krystalograficznej: dyfrakcja elektronów wstecznie rozproszonych EBSD, dyfrakcja elektronów rozproszonych (t-EBSD, TKD, t-FSD) w SEM, dyfrakcja w zbieżnej wiązce w STEM, SAED w TEM

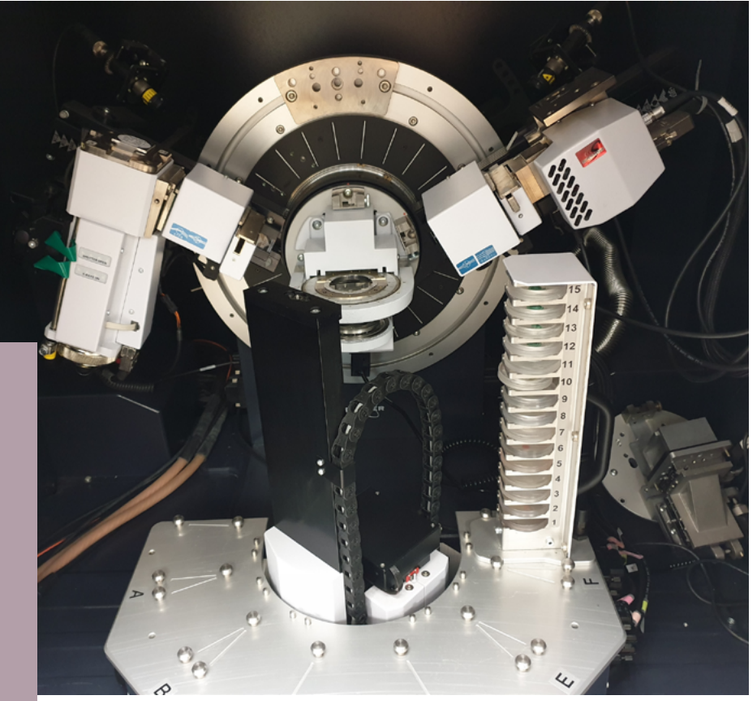
INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- transmisyjne mikroskopy elektronowe:
  - Thermo Fisher Scientific (S)TEM Spectra 200 z korektorem wiązki Cs i spektometrem Super-X
  - Hitachi STEM HD2700 z Cs korektorem, SE, BF-TEM, HAADF, EDX
  - Jeol JEM 1200 z kamerą Gatan Orius, uchwyt do grzania, uchwyt do rozciągania
- skaningowe mikroskopy elektronowe:
  - Hitachi SEM S5500 - 2xSE, ExB, BSE, BF-STEM, DF-STEM, EDX
  - Hitachi SU70 - 2xSE, ExB, BSE, STEM, EDX, WDS, EBSD
  - Hitachi SU8000 - 3xSE, ExB, BSE, STEM, EDX
  - Hitachi SEM S3500N - SE, BSE, EDX
- mikroskopy jonowe:
  - Hitachi FIB 2100
  - Hitachi DualBeam NB5000
- urządzenia do preparatyki:
  - polerka jonowa Hitachi IM4000
  - napylarki Osmu, Złota, Węgla, Chromu, Węgla itp.

WYBRANE PROJEKTY

- Kompozyty na osnowie metalicznej wzmacniane nanocząstkami 2D i 3D wytwarzane techniką skręcania pod wysokim ciśnieniem (NCN, OPUS-19)
- Stabilność termiczna i mechanizmy odkształcania hybrydowych materiałów nanokrystalicznych wytwarzanych technikami skręcania pod wysokim ciśnieniem (HPT) (projekt POB PW technologie materiałowe)
- Nowe powłoki zwiększające trwałość narzędzi w procesach kucia i wyciskania (NCBR, Techmatstrateg, 2021–2023)
- Opracowanie składu chemicznego i obróbki cieplnej nowego, umacnianego wydzieleniowo stopu Al o zwiększonej wytrzymałości mechanicznej (NCN, SONATA 17, 2021–2024)
- Optymalizacja mikrostruktury stopów aluminium pod kątem efektywności umocnienia wydzieleniowego (NCN, SONATINA1, 2017–2021)
- Technologie wytwarzania materiałów i struktur do detekcji promieniowania X i gamma, z wykorzystaniem nisko defektowych jednorodnych kryształów (Cd,Mn)Te, o wysokiej odporności na generację defektów w wyniku napromieniowania (NCBR, Techmatstrateg 1, 2017–2022)





Laboratorium Dyfrakcji Rentgenowskiej działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów. Zespół posiada wieloletnie doświadczenie w zakresie prowadzenia pomiarów oraz analiz otrzymanych wyników, a także bierze udział w pracach badawczo-rozwojowych, realizowanych w ramach projektów krajowych i zagranicznych.

Dyfrakcja rentgenowska jest techniką badawczą szeroko stosowaną w różnych dziedzinach nauki - począwszy od fizyki ciała stałego, a skończywszy na inżynierii materiałowej. W ramach realizacji prac badawczych, członkowie Zespołu przeprowadzają badania w zakresie określenia parametrów sieci krystalograficznych różnych substancji i wyznaczania ich komórek elementarnych. Ponadto dyfrakcja rentgenowska umożliwia określanie składu fazowego materiałów w postaci litej bądź proszków, pomiary naprężeń, określanie tekstury krystalicznej, analizę cienkich warstw oraz pomiar wielkości krystalitów metodami Scherrera i Wiliamsona - Halla.

LABORATORIUM DYFRAKCJI RENTGENOWSKIEJ

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#XRD #DYFRAKCJA RENTGENOWSKA #SKŁAD FAZOWY
#POMIAR NAPRĘŻEŃ #OKREŚLENIE TEKSTURY KRYSTALICZNEJ
#ANALIZA CIENKICH WARSTW #POMIAR KRYSTALITÓW

KONTAKT

dr hab. inż. Joanna Zdunek
joanna.zdunek@pw.edu.pl
(+48) 22 234 84 51
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Oferta-badawcza/Charakterystyka-materialow/Dyfrakcja-rentgenowska

OFEROWANE USŁUGI

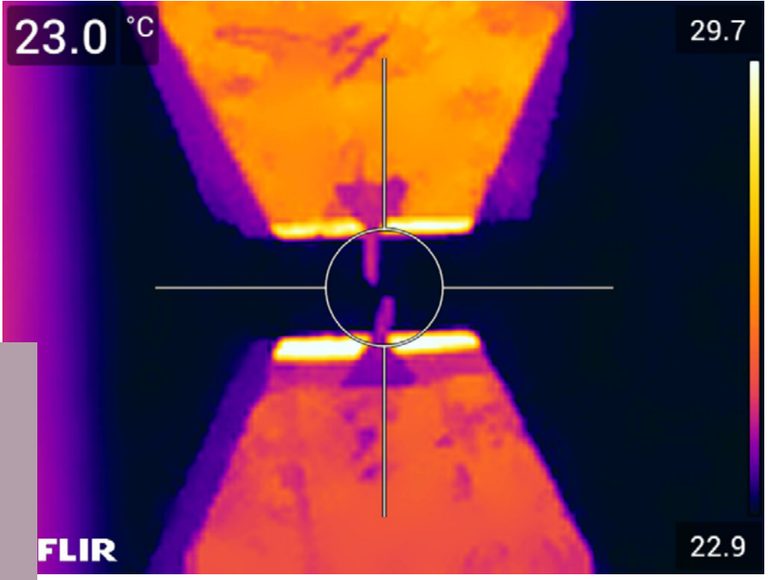
- analiza jakościowa składu fazowego
- analiza cienkich warstw przy wykorzystaniu techniki grazing incidence
- analiza fazowa w wysokich temperaturach (do 1600°C)
- analiza naprężeń własnych
- analiza tekstury krystalicznej
- określanie stopnia krystaliczności
- wyznaczanie parametrów komórki elementarnej

WYBRANE PROJEKTY

- Nowa generacja systemu podwieszeń dedykowanego do lekkich sieci trakcyjnych MABTECH (NCBR, TECHMATSTRATREG 2, 2019–2022)
- Wpływ orientacji monokryształów o różnej energii błędu ułożenia na kształtowanie się tekstury odkształcenia podczas ciągnienia, (NCN, OPUS 11, 2017–2021)
- Hybrydowa technologia wytwarzania szyn normalnotorowych o podwyższonej trwałości eksploatacyjnej uwzględniająca przyszłościowe trendy w rozwoju transportu kolejowego (NCBR, PBS 3, 2015–2018)
- Analiza wczesnych stadiów rekrystalizacji w wybranych monokryształach RSC po dużym odkształceniu plastycznym (NCN, OPUS 5, 2014–2017)
- Modelowanie procesu udostępniania gazu ziemnego zalegającego w łupkach na wybranych obszarach objętych koncesjami PGNiG S.A. (NCBR, INNOTECH)
- Optymalizacja technologii wielowarstwowej ceramicznej formy odlewniczej do precyzyjnego odlewania krytycznych części turbin silników lotniczych, (NCBR, PBS 1, 2012–2015)
- Zaawansowane materiały i technologie ich wytwarzania - ZAMAT (POIG, 2010–2015)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- dyfraktometr rentgenowski Bruker D8 ADVANCE (lampa Cu) - pracuje w konfiguracji wiązki liniowej, przez co wykorzystywany jest głównie do pomiaru składu fazowego oraz wielkości krystalitów i pomiarów stałych sieciowych; dodatkowym wyposażeniem jest komora temperaturowa Anton Paar umożliwiająca pomiary in situ w zakresie temperatury od pokojowej do 1600°C
- dyfraktometr rentgenowski Bruker D8 DISCOVER (lampa Co) - pracuje w konfiguracji wiązki punktowej (kolimator wiązki 1 mm), przez co wykorzystywany jest głównie do pomiaru tekstury krystalicznej i naprężeń własnych; wyposażony jest w szybki detektor Super Speed VANTEC-1 oraz detektor scyntylacyjny



LABORATORIUM BADAŃ TERMOWIZYJNYCH

POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ

INŻYNIERIA MATERIAŁOWA

#TERMOWIZJA #MONITORING OBIEKTÓW
#DIAGNOSTYKA INSTALACJI #DIAGNOSTYKA BUDYNKÓW

Laboratorium działa na Wydziale Inżynierii Materiałowej PW w Zakładzie Projektowania Materiałów.

Termowizja to nieniszczący i bezkontaktowy proces obrazowania obiektów w paśmie średniej podczerwieni. Dzięki diagnostyce termowizyjnej poszczególnych etapów procesów przemysłowych w stosunkowo krótkim czasie można zapobiec wielu błędom jakościowym np. niedolutowaniom, wadom makroskopowym form odlewniczych otrzymywanych metodą traconego wosku itp. Metoda znajduje zastosowanie w przemyśle (monitoring instalacji przemysłowych, budynków itp.).

Termowizja w połączeniu z analizami z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) oraz tomografii rentgenowskiej staje się cennym narzędziem w pracach aplikacyjnych, a w połączniu z innymi badaniami nieniszczącymi może stanowić część systemu dedykowanego do detekcji wad produkcyjnych.

Partnerami Zespołu są firmy: CPP Polska Sp. z o.o., oraz INNTECH Poland Sp. z o.o.

Typy realizacji: projekty, ekspertyzy, rozwiązania, metodyki, zlecenia zewnętrzne.

KONTAKT

dr inż. Paweł Wiśniewski
pawel.wisniewski@pw.edu.pl
(+48) 22 234 81 57
https://www.wim.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Oferta-badawcza/Badania-wlasciwosci-materialow/Badania-termowizyjne

OFEROWANE USŁUGI

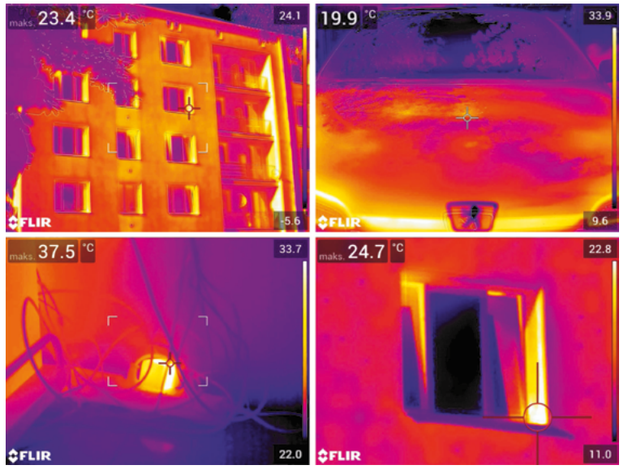
- opracowywanie metod szybkiego suszenia i nagrzewania materiałów promieniami IR
- badania procesów suszenia i studzenia
- monitoring instalacji grzewczych i elektrycznych
- ocena wpływu ogrzewania oraz rozwiązań materiałowych na komfort życia i pracy
- diagnostyka pomieszczeń mieszkalnych i miejsc pracy
- diagnostyka budynków (termoizolacyjność)
- badania naukowe i aplikacyjne
- badania laboratoryjne i terenowe

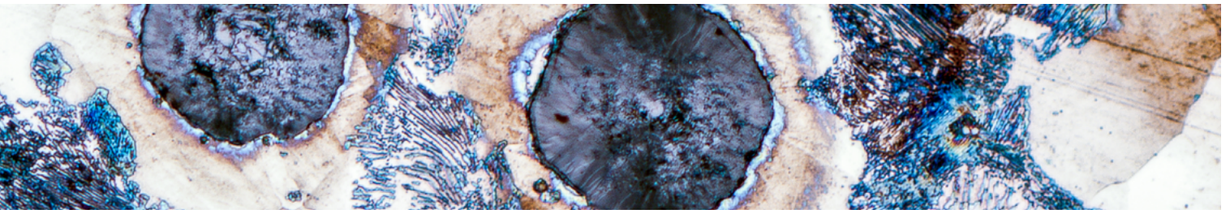
WYBRANE PROJEKTY

- Zastosowanie przestrzennej, optycznej digitalizacji, termowizji i tomografii do oceny technologicznej jakości woskowych zestawów modelowych i wielowarstwowych ceramicznych form w procesie precyzyjnego odlewania krytycznych części silników lotniczych (PBS 3, 2016–2019)
- Opracowanie technologii wytwarzania oraz wdrożenie do produkcji aparatów kierujących lotniczej turbiny niskiego ciśnienia (POIR, 2018–2022)
- Innowacyjny i ekologiczny system ogrzewczo-chłodzący z kompozytowymi prefabrykowanymi elementami ściennymi (RPO WM, 2019–2021)

INFRASTRUKTURA BADAWCZA

- kamera termowizyjna FLIR T1020 wraz z oprogramowaniem: FLIR TOOLS, ResearchIR 4 Max
- mikroskop świetlny Nikon Epiphot 200
- mikroskop świetlny Carl Zeiss Axio Scope wyposażony w moduł jasnego pola (BF), ciemnego pola (DF), kontrast dyferencyjny (DIC) oraz dyferencyjny interferencyjny kontrast w polaryzacji kołowej (DIC-R)
- mikroskop skaningowy TM1000 Hitachi
- piec komorowy Czylok do 1600°C
- stanowisko do suszenia i nagrzewania materiałów promieniami IR
- suszarki laboratoryjne





Katalog zespołów badawczych Politechniki Warszawskiej.

Oferta B+R Wydziału Inżynierii Materiałowej PW

Projekt graficzny i skład:
Klaudyna Nowińska, Gabriela Hołdanowicz, Marcin Karolak, dr Aleksandra Wycisk
Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii PW

Koordynacja:
Joanna Kwiatkowska (Wydział Inżynierii Materiałowej PW)
dr Katarzyna Modrzejewska (Centrum Zarządzania Innowacjami i Transferem Technologii PW)

ISBN:
978-83-966679-0-8

DOI:
10.32062/20221102

Wydanie 2

Warszawa, 2022

Centrum
Zarządzania Innowacjami
i Transferem Technologii
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

ISBN:
978-83-966679-0-8

ISBN 978-83-966679-0-8
9 788396 667908

Politechnika
Warszawska