# FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**BIALYSTOK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY** 

# Kierunki najnowszych badań prowadzonych w Instytucie Inżynierii Mechanicznej

Prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski

45C Wiejska Street 15-351 Białystok POLAND www.wm.pb.edu.pl

# Badania stopów wysokoentropowych Alx Co Cr Fe Ni

## dr hab. inż. Małgorzata Grądzka-Dahlke, prof. PB Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji



# Idea stopów wieloskładnikowych równoatomowych

### 4 główne efekty w HEA (2006) 'core effects':

- zjawisko wysokiej entropii,
- zniekształcenie sieci,
- powolna dyfuzja atomów
- tzw. efekt koktajlowy



# Znaczny efekt zniekształcenia sieci krystalicznej



twardość

- dyfuzja
- wpływ temperatury
- właściwości fizyczne



# Właściwości: wytrzymałość vs ciągliwość





# Badania własne: Alx Co Ni Fe Cr

	AI	Cr	Fe	Ni	Со
Struktura	A1	A2	A2	A1	A3
Stała sieciowa [Å]	4.046	2.89	2.856	3.499	2.507 4.069
Promień atomowy [nm]	0.143	0.125	0.124	0.125	0.125

### CEL:

- analiza struktury i właściwości = f (Alx, Temp.)
- kształtowanie właściwości użytkowych



# Badania własne: Alx Co Ni Fe Cr

- Wytwarzanie:
  - Metoda MP
    - stopowanie mechaniczne (Pulverisette 6) 60 h (argon)
    - spiekanie w próżni SPS
  - Topienie indukcyjne
- Obróbka cieplna
- Badania PB:
  - XRD,
  - mikrosruktura, EDS
  - właściwości mechaniczne
  - odporność na zużycie
  - odporność korozyjna
  - (pokrycia)

- Badania poza PB:
  - neutrony ZIBJ Dubna
  - synchrotron SOLARIS UJ
  - Auger IChF PAN
  - magnetyczne
  - elektryczne



## Badania własne: proszki metali



## Skład chemiczny (EDS)



	Atom %							
	Al-K	Cr-K	Fe-K	Co-K	Ni-K			
Obszar 1	21.77	19.92	20.18	19.06	19.08			
Punkt 1	19.85	20.46	20.34	19.91	19.44			
Punkt 2	18.43	26.70	18.82	22.44	13.62			



## Wytwarzanie metodą topienia indukcyjnego



### mikrostruktura



## **Badania twardości**



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING Bialystok University of Technology

.....

# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy Przygotowanie oraz badania nad nanopłynami

## dr inż. Jakub Augustyniak dr hab. inż. Dariusz M. Perkowski, prof. PB Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej



# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy

## dr inż. Jakub Augustyniak dr hab. inż. Dariusz M. Perkowski, prof. PB



# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy – problematyka



Rys. 1: Wizualizacja: (a) deformacji powierzchni pęcherza, (b) ruchu kolumny pęcherzy, (c) zalewania dyszy

Rys. 2: Ruch pęcherzy przedstawiony z wykorzystaniem techniki PIV



Rys. 3: (a) Zdjęcie pojedynczego pęcherza (b) Wizualizacja wirów pojawiających się dookoła pęcherza

# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy – stanowisko badawcze





Rys. 4: Schemat stanowiska badawczego: a) widok trójwymiarowy; b) widok z góry

#### FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING Bialystok University of Technology

13

# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy – badania eksperymentalne



- 1. Wczytanie pojedynczej klatki filmu
- 2. Rozdzielenie obrazu na lewy, prawy
- 3. Podstawowa obróbka obrazu (filtr medianowy, filtr krawędziowy Canny)
- 4. Poszukiwanie konturów w obrazie
- 5. Wypełnianie "zalewanie" domkniętych konturów
- 6. Poszukiwanie środka ciężkości badanego pęcherza
- 7. Śledzenie obiektu (filtr Kalmana)

# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy – metody analizy wyników

- Analiza częstotliwości odrywania się pęcherzy gazowych
- Analiza rozmiaru pęcherzy gazowych
- Bezwymiarowe liczby podobieństwa
- Odchylenie standardowe σ odległości r

- Przecięcia trajektorii płaszczyznami równoległymi do podstawy zbiornika
- Wyznaczenie wykładnika Hursta
- Analiza multifraktalna



Rys. 5: Widmo multifraktalne dla pojedynczego szeregu czasowego dla wydatku powietrza q=0,0228 l/min.

# Multifraktalna analiza trajektorii ruchu pęcherzy gazowych w cieczy – metody analizy wyników



Rys. 6: (a,c) Powierzchnia stworzona z krzywych charakteryzujących spektra multifraktalne oraz (c, d) rzut konturowy powierzchni

16

# Przygotowanie oraz badania nad nanopłynami

# dr inż. Jakub Augustyniak dr hab. inż. Dariusz M. Perkowski, prof. PB dr inż. Izabela Zgłobicka



# Badania rozpoznawcze dot. nanopłynów – plan badawczy

#### Część 1: PRZYGOTOWANIE

 opracowanie metody przygotowania nanopłynu (m.in. parametry sonikacji)

określenie parametrów ilościowych i jakościowych pozwalających opisać przygotowany nanopłyn analizą multifraktalną

### Część 2: MOŻLIWOŚCI ROZWOJU

badania eksperymentalne:

- określenie podstawowych właściwości nanopłynu
- ocena możliwości zastosowania nanopłynów (na przykładzie przepływu dwufazowego: gaz / ciecz, ciecz / ciecz)

#### **AKTUALNIE PROWADZONE BADANIA**

### DALSZE BADANIA



# Badania rozpoznawcze dot. nanopłynów – plan badawczy



# Badania rozpoznawcze dot. nanopłynów – badania eksperymentalne



Rys. 7: (a, d) Zdjęcia makro odcinka z wysuszonej próbki. Obrazy SEM (b, e) krawędzi oraz (c, f) wnętrza próbki. Cząsteczki proszku stwierdzono zarówno na krawędzi, jak i wewnątrz

# Badania rozpoznawcze dot. nanopłynów – badania eksperymentalne



Rys. 8: Schemat procesu obrazowania podczas obserwacji SEM (woda + nanoproszek)

![](_page_20_Figure_3.jpeg)

Rys. 9:: Widmo multifraktalne dla pojedynczego obrazu SEM z trzema charakterystycznymi punktami  $h_{min}$ ,  $h_{max}$  i  $h_0$ 

- przesunięcie h<sub>min</sub> w lewo na wykresie widma osobliwości: mniejszy rozmiar nanocząstek;
- *h<sub>max</sub>* w prawo: bardziej jednorodny rozkład nanocząstek;
- idealny nanopłyn (równe, małe, równomiernie rozmieszczone nanocząstki): przesunięciem całej krzywej w lewo na wykresie widma osobliwości.

# Badania materiałów biogenicznych: okrzemki

## dr inż. Izabela Zgłobicka prof. dr hab. inż. Krzysztof J. Kurzydłowski Katedra Inżynierii Materiałowej i Produkcji

![](_page_21_Picture_2.jpeg)

![](_page_22_Figure_1.jpeg)

Rys. 10: Obrazy SEM (A–C) *Coscinodiscus* sp. i (D–F) *Endyctia* sp. (B, F) zewnętrzna powierzchnia (C) wewnętrzna powierzchnia pancerzyka; (E) pas obwodowy

![](_page_22_Picture_3.jpeg)

![](_page_23_Figure_1.jpeg)

Rys. 11: Obrazy SEM D. geminata: (A) wnętrze, (B) zbliżenie na areole (otworki)

![](_page_23_Picture_3.jpeg)

Rys. 12: Obrazy SEM przekroju pancerzyka *D. geminata:* . (A) naturalne pęknięcie; (B) cięcie FIBem

![](_page_23_Picture_5.jpeg)

![](_page_24_Picture_1.jpeg)

![](_page_24_Picture_2.jpeg)

Rys. 13: Obraz TEM (ciemne pole). Przekrój poprzeczny przez pancerzyk *D. geminata*: (1) żywica, (2) pancerzyk; *białe groty strzałek*: warstwa zabezpieczająca Pt; *pozostałe oznaczenia* – następny slajd

![](_page_25_Picture_1.jpeg)

![](_page_25_Picture_2.jpeg)

Rys. 14: Obrazy TEM (ciemne pole) **(a)** pojedyncze żebro, zwiększony kontrast w celu zobrazowania porowatości; **(b)** obszar centralny z gęstszą warstwą na zewnątrz; **(c)** inne żeberko obrazujące nierównomierny rozkład gęstości; **(d)** centralny obszar z większymi porami (*białe groty strzałek*)

26

# Trójwymiarowe obrazowanie: nanotomografia rentgenowska

![](_page_26_Picture_1.jpeg)

Rys. 15: Trójwymiarowa wizualizacja pancerzyka Coscinodicus sp. uzyskana metodą nanotomografii rentgenowskiej

![](_page_26_Picture_3.jpeg)

# Trójwymiarowe obrazowanie: nanotomografia

### rentgenowska

28

![](_page_27_Picture_2.jpeg)

Rys. 16: (a,b) Obrazt nanoXCT przedstawiające pancerzyk *D. gemianata* od strony okrywy, w kierunku Z (pobrany jeden wycinek z objętościowej rekonstrukcji). **Wstawki:** powiększone regiony (a) (czerwony prostokąt) i (b) (niebieski prostokąt). *Czerwone groty strzałek:* rafa, *zielone groty strzałek:* żebra; *żółte groty strzałek:* stigma; *białe podwójne strzałki:* szerokość, wysokość i odległość pomiędzy żebrami i rozpórkami. Skala: 10 μm (a,b); 2 μm (wstawki)

### Od obrazowania 3D do druku 3D

![](_page_28_Picture_1.jpeg)

Rys. 17: Wizualizacja pancerzyka D. geminata; groty strzałek: puste przestrzenie wynikające z połączenia dwóch zestawów danych tomograficznych

![](_page_28_Picture_3.jpeg)

![](_page_28_Picture_4.jpeg)

![](_page_28_Picture_5.jpeg)

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING Bialystok University of Technology

20

# FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

BIALYSTOK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

45C Wiejska Street 15-351 Białystok POLAND www.wm.pb.edu.pl