

**dr hab. inż. Łukasz Zych, prof. AGH**

## **Wykształcenie i doświadczenie zawodowe**

**1.** 01.12.2020 — obecnie

profesor uczelni

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,  
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych

**2.** 21.06.2019

Uzyskanie stopnia doktora habilitowanego, dyscyplina: Inżynieria Materiałowa

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki.

**3.** 01.02.2008 — 30.11.2020

adiunkt

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Katedra Ceramiki Specjalnej następnie  
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych

**4.** 31.01.2007 — 31.01.2008

asystent

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki,  
Katedra Ceramiki Specjalnej

**5.** 19.01.2007

Uzyskanie stopnia doktora nauk technicznych, dyscyplina: Inżynieria Materiałowa

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki.

**6.** 01.10.2001 - 22.12.2006

Studia doktoranckie

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki.

7. 25.06.2001

Uzyskanie tytułu magistra inżyniera, dyscyplina: Inżynieria Materiałowa

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie,  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki

## **Nagrody i wyróżnienia, współpraca**

### **1. Współpraca naukowo-badawcza**

- Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Warszawa
- Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej

### **2. Nagrody i wyróżnienia**

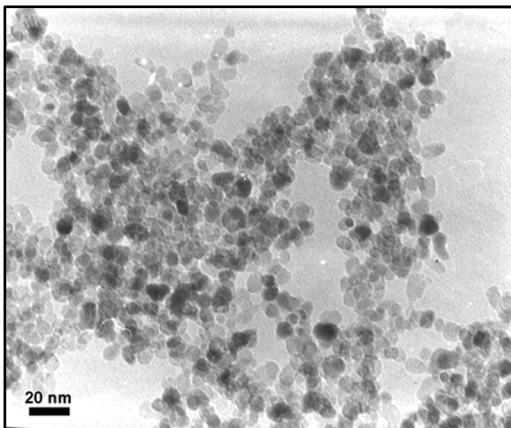
- Stypendium START, 2008, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, stypendium dla wybitnych młodych uczonych
- Nagroda Rektora AGH Zespołowa II stopnia za osiągnięcia naukowe, 2013

## Zainteresowania naukowe

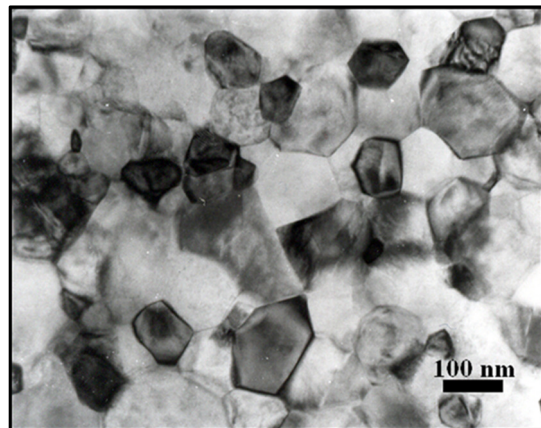
W 2006 r. ukończyłem studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie obroną pracy zatytułowanej „Formowanie i spiekanie nanometrycznego proszku tlenku cyrkonu”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Krzysztof Haberko.

W trakcie realizacji pracy doktorskiej byłem wykonawcą grantu promotorskiego pt.: „Formowanie i spiekanie nanometrycznego proszku tlenku cyrkonu”. Wyniki badań uzyskane w trakcie realizacji zostały opublikowane w następujących artykułach:

- ✓ Ł. Zych, K. Haberko; „Zirconia nanopowder - its shaping and sintering”, *Solid State Phenomena*, 2003, 94, 157-164
- ✓ Ł. Zych, K. Haberko; „Filter pressing and sintering of a zirconia nanopowder”, *Journal of the European Ceramic Society*, 2006, 26, 373-378
- ✓ Ł. Zych, K. Haberko; „Some observations on filter pressing and sintering of a zirconia nanopowder”, *Journal of the European Ceramic Society*, 2007, 27, 867-871
- ✓ Ł. Zych; „Consolidation and sintering of nanometric ceramic powders”, *Materials Science Poland*, 2008, 26, 395-402



Morfologia (TEM) nanoproszku  $ZrO_2$  otrzymanego metodą hydrotermalną



Mikrostruktura (TEM) gęstego spieku 3Y-TZP otrzymanego z nanoproszku  $ZrO_2$

Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłem badania dotyczące głównie **formowania nanometrycznych i submikronowych proszków ceramicznych** przy zastosowaniu **technik konsolidacji bazujących na zawiesinach** takich jak: prasowanie filtracyjne, czy odlewanie odśrodkowe. Naukowym celem badań było znalezienie relacji pomiędzy charakterystyką proszku, a przebiegiem jego konsolidacji i spiekania. Celem praktycznym badań było uzyskanie gęstych materiałów o mikrostrukturze złożonej z możliwie drobnych ziaren, które w związku z tym cechowałyby się lepszymi właściwościami np. mechanicznymi.

Wyniki prac badawczych i publikacji zostały wyróżnione przyznaniem mi w 2008 roku stypendium dla młodych naukowców Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (FNP) w ramach programu START.

Od 1 września 2008 do 31 sierpnia 2009 odbyłem staż naukowy w Institut National des Sciences Appliquées (INSA, MATEIS) w Lyonie we Francji. W trakcie stażu pracowałem w grupie prof. Jérôme Chevalier'a i prowadziłem badania w ramach projektu badawczego zatytułowanego: „OPT-HIP, Céramiques innovantes pour une chirurgie orthopédique plus performante et moins invasive”. Celem projektu było opracowanie i scharakteryzowanie nowych **materiałów ceramicznych do zastosowania na elementy endoprotez stawu biodrowego i kolana**. W ramach projektu zajmowałem się charakterystyką elementów endoprotezy stawu biodrowego (główek) wykonanych z różnych materiałów ceramicznych takich jak:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$  i kompozyt  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ , poddawanych cyklicznym obciążeniom w symulatorze stawu biodrowego. Moje badania polegały na określeniu stopnia zużycia elementu ceramicznego po określonym cyklu pracy w symulatorze poprzez określenie ubytku masy, zmian chropowatości oraz zmian składu fazowego.

Moje badania dotyczyły również **otrzymywania mikro- i nanokompozytów ceramicznych**  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$  o mikrostrukturze kontrolowanej rodzajem i ilością dodatków takich jak Si, Ca czy Mg. Docelowo materiały te miały znaleźć zastosowanie w medycynie jako elementy protez o przedłużonej żywotności związanej z ich wysoką odpornością na pękanie podkrytyczne. W trakcie odbywania stażu brałem udział w warsztatach poświęconych problematyce nanokompozytów ceramicznych: „European Training Action on Ceramic Nanocomposites” organizowanych w ramach IP Nanoker przez konsorcjantów projektu w Madrycie. Wyniki badań prowadzonych podczas stażu zaowocowały powstaniem następujących publikacji:

- ✓ L. Gremillard, L. Martin, L. Zych, E. Crosnier, J. Chevalier, A. Charbouillot, P. Sainsot, J. Espinouse, J.-L. Aurelle; „Combining ageing and wear to assess the durability of zirconia-based ceramic heads for total hip arthroplasty”, *Acta Biomaterialia*, 2013, 9, 7545–7555
- ✓ K. Biotteau-Deheuvelds, Ł. Zych, L. Gremillard, J. Chevalier; „Effects of Ca-, Mg- and Si-doping on microstructures of alumina-zirconia composites”, *Journal of the European Ceramic Society*, 2012, 32, 2711-2721

Wśród materiałów jednofazowych szczególnie interesują mnie **przezroczyste materiały ceramiczne** (tlenkowe) tak jak granat itrowo-glinowy (YAG), spinel glinowo-magnezowy ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) a zwłaszcza tlenek itru ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ). Ten ostatni z wymienionych materiałów jest potencjalnym podłożem laserów na ciele stałym (solid state lasers), a akcją laserową wykazuje po dotowaniu jonami metali ziem rzadkich np.  $\text{Nd}^{3+}$ . W badaniach posługiwałem się metodą prasowania filtracyjnego zawiesin nanoproszków tlenkowych w celu otrzymania surowych

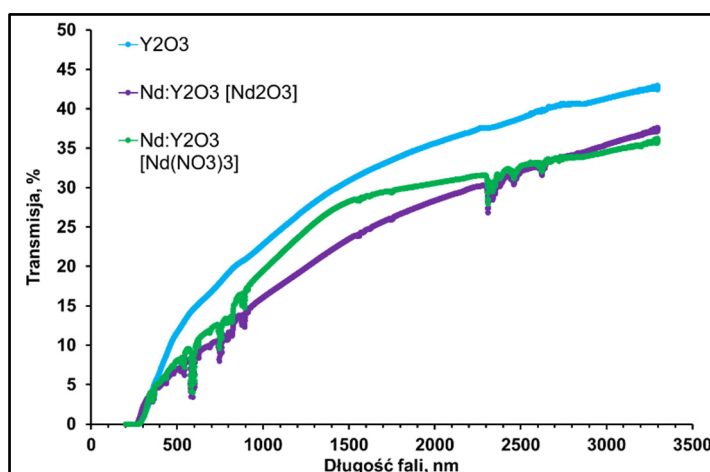
materiałów o korzystnej, jednorodnej mikrostrukturze, których spiekanie doprowadziłoby do gęstych materiałów mogących wykazywać przeświecalność lub przezroczystość.

Większa część tych badań została wykonana w ramach kierowanego przeze mnie projektu badawczego NCN N N507 450437 zatytułowanego: „Formowanie z zawiesin submikronowych i nanometrycznych proszków  $MgAl_2O_4$  i  $Y_2O_3$  w celu uzyskania drobnokrystalicznych, przezroczystych tworzyw ceramicznych”. Wyniki tych badań zostały częściowo opisane w publikacjach.

- ✓ Ł. Zych, A. Wajler, R. Lach; „Colloidal processing of fine spinel powders”, *Materials Science Forum*, 2013, 730 – 732, 82 – 87
- ✓ Ł. Zych, R. Lach, A. Wajler; „The influence of the agglomeration state of nanometric  $MgAl_2O_4$  powders on their consolidation and sintering”, *Ceramics International*, 2014, 40, 9783–9790

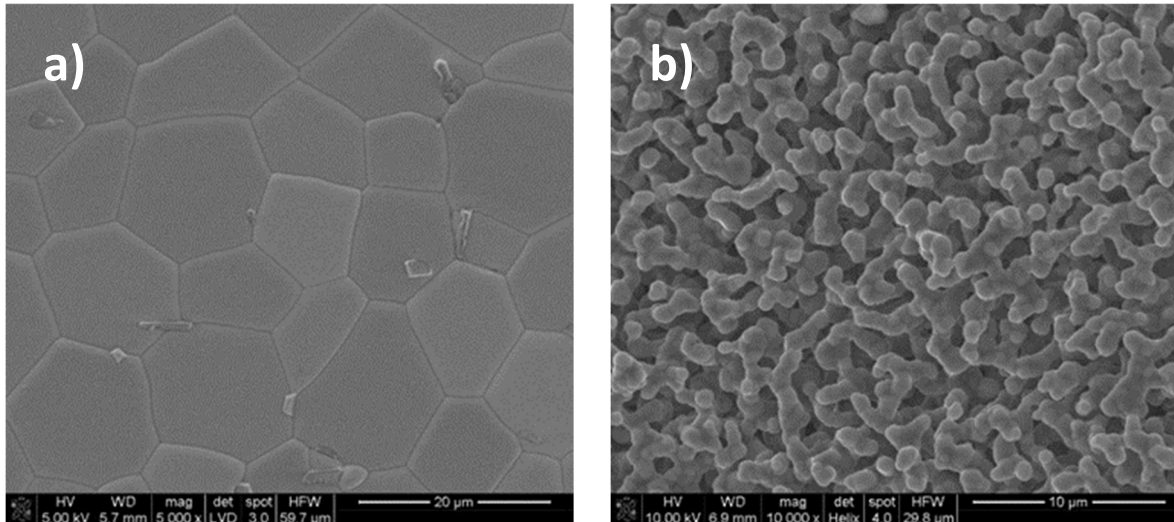


Przeświecalny spiek tlenku itru ( $Y_2O_3$ )



Transmisja materiałów opartych na tlenku itru

Jednym z moich najważniejszych osiągnięć badawczych było wytworzenie gęstych spieków granatu itrowo-glinowego (YAG) poprzez reaktywne spiekanie proszków tlenku itru i tlenku glinu. Nowatorstwo podejścia polegało na **wykorzystaniu zjawiska heterokoagulacji** w przygotowaniu jednorodnych mieszanin reagujących proszków oraz na zastosowaniu metody prasowania ciśnieniowego do ich konsolidacji. Zjawisko heterokoagulacji polega na wzajemnym przyciąganiu się i łączeniu cząstek obdarzonych ładunkami elektrycznymi o przeciwnym znaku. Ujednolicono w ten sposób mieszaniny proszków reagowały, a następnie spiekały się w niższych temperaturach niż proszki mieszane konwencjonalnie, co prowadziło do większego zagęszczenia materiału. Dalsze badania wykazały, że materiały YAG wytwarzane tą drogą mogą być domieszkowane jonami Nd, co umożliwia ich zastosowanie jako podłoże laserów opartych na ciele stałym.



Mikrografie SEM materiałów YAG spiekanych w temperaturze 1700°C formowanych z:  
 a) zawiesiny o pH zapewniającym zajście zjawiska heterokoagulacji, b) zawiesiny w propanolu

Podsumowaniem tego etapu mojej działalności naukowej było uzyskanie w 2019 roku stopnia doktora habilitowanego za monografię pt. „Nanoproszki jako podstawa technologii przeświecalnych i przezroczystych tworzyw ceramicznych” (*Ceramika, Polski Biuletyn Ceramiczny, vol. 126, 2019*).

W ramach mojej wieloletniej współpracy z Instytutem Technologii Materiałów Elektronicznych (ITME) w Warszawie prowadziłem badania nad otrzymywaniem przezroczystych tworzyw ceramicznych z tlenku itru, spinelu glinowo magnezowego, YAG-u, a także tytanianu baru, które mogłyby znaleźć zastosowanie jako elementy urządzeń optycznych np. laserów. W ramach współpracy byłem między innymi głównym wykonawcą w projekcie NCN p.t. „Opracowanie technologii otrzymywania przezroczystych, polikrystalicznych materiałów do zastosowań optycznych opartych na spinelu glinowo-magnezowym domieszkowanym kobaltom ( $\text{Co}^{2+}$ :  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ )”. Rezultatem moich badań było współautorstwo w szeregu publikacjach:

- ✓ A. Kruk, A. Wajler, M. Mrózek, Ł. Zych, W. Gawlik, T. Brylewski; „Transparent yttrium oxide ceramics as potential optical isolator materials”. *Optica Applicata*, 2015, 45, 585–594
- ✓ A. Wajler, H. Węglarz, A. Sidorowicz, Ł. Zych, M. Nakielska, K. Jach, H. Tomaszewski; „Preparation of transparent neodymium-doped yttrium aluminate garnet (Nd:YAG) ceramics with the use of freeze granulation”. *Optical Materials*, 2015, 50A, 40–46

Prowadziłem również badania nad wykorzystaniem metody prasowania filtracyjnego do konsolidacji zawiesin **nanoproszków tytanianu baru** ( $\text{BaTiO}_3$ ) w celu otrzymania materiału cechującego się przezroczystością. Efektem moich badań było wytworzenie materiału

cechującego się przeświecalnością oraz submikronowym rozmiarem ziaren. Wyniki tych badań zostały opublikowane w artykule:

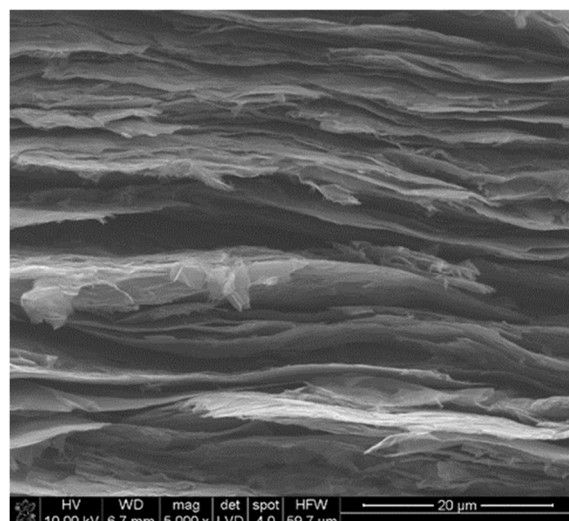
- ✓ Ł. Zych, A. Wajler, A. Kwapiszewska; „Sintering behaviour of fine barium titanate ( $\text{BaTiO}_3$ ) powders consolidated by pressure filtration method”, *Journal of Ceramic Science and Technology*; 2016, 7, 277–287

Moje doświadczenie związane z formowaniem tworzyw ceramicznych, przy wykorzystaniu technik opartych na zawiesinach, zaowocowało udziałem w projekcie NCBiR pt. „Opracowanie technologii formowania wyrobów z jednofazowego SiC z zawiesin wodnych”, co dało mi możliwość zapoznania się z problematyką **formowania i spiekania ceramiki węglkowej** (węglika krzemu) oraz z takimi metodami formowania jak odlewanie odśrodkowe czy też formowanie natryskowe zawiesin. W badaniach tych nacisk położony był na techniczną stronę procesu formowania, a więc kontrolę właściwości zawiesiny (udziału części stałych, lepkości itp.) oraz warunków formowania tak, aby w efekcie otrzymać konkretny wyrób np. w postaci rury, czy płaskiego elementu np. uszczelki. Obecnie biorę udział w badaniach nad stabilizacją zawiesin drobnych proszków węglika krzemu przy wykorzystaniu upłynniaczy o różnym charakterze chemicznym (TMAH, NaOH).

Z kolei w ramach projektu NCBiR GRAF-TECH p.t.: „Ceramiczne kompozyty z udziałem grafenu jako narzędzia skrawające i części maszyn o unikatowych właściwościach” byłem współautorem opracowania techniki otrzymywania tworzywa węglowego poprzez **prasowanie filtracyjne zawiesin grafenu płatkowego**. Materiał ten cechuje się znaczną anizotropią przewodnictwa cieplnego i może znaleźć zastosowanie jako izolacja termiczna o kierunkowym działaniu.



Cylindryczne wyroby z SiC i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  formowane metodą odlewania odśrodkowego



Nano-laminat otrzymany z grafenu płatkowego poprzez prasowanie filtracyjne jego zawiesiny a następnie prasowanie na gorąco.



Dotychczasowymi rezultatami tych badań są następujące artykuły i patenty:

- ✓ A. Gubernat, Ł. Zych; „The isothermal sintering of the single-phase non-stoichiometric niobium carbide ( $\text{NbC}_{1-x}$ ) and tantalum carbide ( $\text{TaC}_{1-x}$ )”. *Journal of the European Ceramic Society*, 2014, 34, 2885–2894
- ✓ A. Gubernat, Ł. Zych, W. Wierzba; „SiC products formed by slip casting method”. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 2015, 5, 957–966
- ✓ Ł. Zych, P. Rutkowski, L. Stobierski, D. Zientara, K. Mars, W. Piekarczyk; “The manufacturing and properties of a nano-laminate derived from graphene powder”, 2015, *Carbon*, 95, 809–817
- ✓ J. Gnyła, A. Gubernat, Ł. Zych, M. Nocuń, Z. Góral, R. Lach: “Influence of TMAH and NaOH on the stability of SiC aqueous suspensions”, 2020, *Ceramics International*, 46, 11208–11217
- ✓ Ludosław Stobierski, Łukasz Zych, Paweł Rutkowski; (2017) „PL225961 B1: Sposób wytwarzania wielowarstwowego nanolaminatu grafenowego”, Polska, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej
- ✓ Agnieszka Gubernat, Łukasz Zych, Wiktoria Wierzba; (2018) „PL229024 B1: Sposób wytwarzania wyrobów metodą odlewania z gęstwy leejnej na bazie węgliku krzemu”, Polska, Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

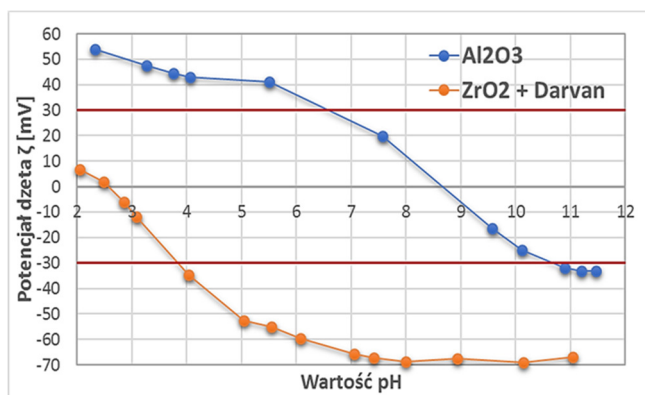
W ramach współpracy miałem okazję zapoznać się z między innymi z tematyką: sensorów, sorbentów mineralnych, ceramicznych form odlewniczych, materiałów budowlanych, stałotlenkowych ogni paliwowych oraz reakcji fotokatalitycznych, czego wynikiem są poniższe publikacje:

- ✓ A. Kusior, M. Radecka, Ł. Zych, K. Zakrzewska, A. Reszka, B.J. Kowalski: “Sensitization of  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  nanocomposites for gas detection”. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2013, 189, 251–259
- ✓ K. Dębiec, G. Rzepa, T. Bajda, Ł. Zych, J. Krzysztoforski, A. Skłodowska, Ł. Drewniak; “The influence of thermal treatment on bioweathering and arsenic sorption capacity of a natural iron (oxyhydr)oxide-based adsorbent”, 2017, *Chemosphere*, 188, 99–109
- ✓ Kusior, L. Zych, K. Zakrzewska, M. Radecka: “Photocatalytic activity of  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  nanostructures with controlled dimensionality/complexity”, *Applied Surface Science*, 2019, 471, 973–985

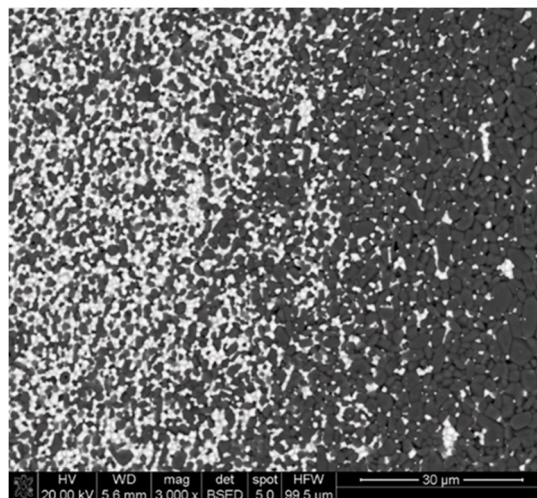
Interesującym mnie obecnie zagadnieniem są oddziaływania występujące w zawiesinach proszków. Ich miarą jest potencjał z wyznaczany np. w funkcji pH zawiesiny czy w zależności od udziału upłynniacza. Oddziaływania te można w pewnym stopniu kontrolować, a przez to wpływać na proces konsolidacji proszku i ostatecznie na właściwości materiału. Jednym z potencjalnych zastosowań tych zależności jest wytwarzanie ceramicznych kompozytów ziarnistych. W związku z tym prowadzę badania nad



**otrzymywaniem materiałów kompozytowych** opartych zarówno na osnowach tlenkowych np.  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiC}$ , jak i osnowach węglkowych np.  $\text{SiC} - \text{TiC}$  czy  $\text{B}_4\text{C} - \text{SiC}$ .



Potencjał  $\zeta$  proszków  $\text{ZrO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$  w funkcji pH zawiesiny



Mikrostruktura (SEM-BSE) kompozytu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ciemne ziarna) –  $\text{ZrO}_2$  (jasne ziarna) otrzymanego przy wykorzystaniu metody odlewania odśrodkowego.

Doświadczenie jakie zdobyłem w trakcie prac badawczych prowadzonych zarówno na materiałach w postaci proszków, jak i materiałach litych, w głównej mierze związane jest z technikami badawczymi służącymi do pomiaru powierzchni właściwej (metoda BET) oraz rozkładu wielkości porów (porozymetria rtęciowa, kondensacja kapilarna), a także z technikami służącymi do określenia rozmiarów cząstek proszku (metoda dyfrakcji laserowej, metoda dynamicznego rozpraszania światła laserowego) oraz z pomiarami potencjału dzeta cząstek w zawieszynie. Znajomość powyższych technik pomiarowych oraz doświadczenie w wytwarzaniu, formowaniu i spiekaniu drobnych proszków ceramicznych spowodowały, że byłem wykonawcą w szeregu projektów badawczych, jak również współpracowałem z badaczami z różnych ośrodków naukowo-badawczych.