

Badania naukowe na AGH rozpocząłem podczas tworzenia pracy inżynierskiej na WIMIC w ramach studiów na kierunku inżynieria materiałowa w latach 2009-2013. Tematem moich badań była „Optymalizacja procesu spiekania ceramiki węglkowej”. W ramach prowadzonych badań sprawdzałem skuteczność karbotermicznej redukcji zanieczyszczeń tlenkowych znajdujących się naturalnie na powierzchni proszków węglkowych na proces spiekania tychże proszków. Wyniki prowadzonych badań zostały zaprezentowane w poniższych pracach:

- *Hot pressing of tungsten carbide with and without sintering additives* / Agnieszka Gubernat, Paweł Rutkowski Grzegorz Grabowski, Dariusz Zientara / *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* ; ISSN 0958-0611. — 2014 vol. 43, s. 193–199. — Bibliogr. s. 199
- *Synteza, spiekanie i właściwości jednofazowych polikryształów węglkowych* — Synthesis, sintering and properties of single-phase carbides / Agnieszka Gubernat ; Polska Akademia Nauk – Oddział w Krakowie, Polskie Towarzystwo Ceramiczne. — Kraków : PTC, 2013. — 192 s.. — (*Prace Komisji Nauk Ceramicznych / Polska Akademia Nauk. Oddział w Krakowie. Ceramika* ; ISSN 0860-3340 ; vol. 114) ; (*Polski Biuletyn Ceramiczny / Polskie Towarzystwo Ceramiczne*). — Bibliogr. s. 184–191

Kolejnym etapem badań było podjęcie próby zastosowania otrzymanych w powyższych gęstych spieków węglkowych jako narzędzia skrawające. Jedną z przemawiających za tym przesłanek były bardzo wysokie współczynniki przewodzenia otrzymanych polikryształów wynikające z powstającego na granicach międzyziarnowych warstw amorficznego węgla. Niestety warstwy te z drugiej strony obniżały wytrzymałość międzyziarnowych prowadząc do obniżenia ich wytrzymałości co wykluczyło możliwość stosowania tych materiałów jako narzędzi skrawających. Wyniki tych badań zostały zawarte w mojej pracy magisterskiej realizowanej na kierunku Ceramika techniczna i konstrukcyjna, WIMIC, AGH pt. „Jednofazowe polikryształy węglków metalopodobnych przeznaczone na narzędzia skrawające”. Część otrzymanych wyników została opublikowana w artykule:

- “Pressureless sintering of binderless tungsten carbide” **K. Kornaus**, M. Rączka, A. Gubernat, D. Zientara, *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 37 iss. 15, s. 4567–4576, 2017

W latach 2014-2020, w ramach doktoratu, prowadziłem badania nad strukturalną i mikrostrukturalną stabilizacją tytanianu glinu, zwanego pospolicie tialitem. Tialit – tytanian glinu o stechiometrii Al_2TiO_5 jest syntetycznym materiałem ogniotrwałym, który powstaje w wyniku równomolowej reakcji pomiędzy tlenkami Al_2O_3 i TiO_2 . Pośród innych materiałów wyróżnia się on ze względu na swoje właściwości wysokotemperaturowe do których można zaliczyć: bardzo wysoką odporność na wstrząs cieplny, niskie makroskopowe współczynniki rozszerzalności cieplnej i przewodzenia ciepła. Ponadto wykazuje niskie wartości kątów zwilżania dla ciekłych metali nieżelaznych jak i wysoką odporność chemiczną, co czyni go materiałem, który można stosować między innymi w przemyśle materiałów ogniotrwałych (wlewy do odlewania ciekłego aluminium) i przemyśle motoryzacyjnym (filtry cząstek stałych DPf). Głównym czynnikiem limitującym możliwość jego stosowania jest niestabilność w zakresie temperatur od 750 do 1280°C. Ulega on wtedy dekompozycji do tlenków wyjściowych.

Przyczyną takiego stanu rzeczy jest struktura tialitu (struktura pseudobrukitu) zbudowana z naprzemiennie ułożonych kationów metali Ti^{4+} oraz Al^{3+} otoczonych oktaedrami tlenowymi. Duże różnice w promieniach jonowych tworzących go kationów metali prowadzą do odkształcenia struktury tytanianu glinu, co z kolei prowadzi zarówno do obniżenia jego stabilności termicznej jak i dużych różnic w rozszerzalności cieplnej jego monokryształów w zależności od kierunku krystalograficznego. Anizotropia rozszerzalności cieplnej monokryształów tialitu prowadzi do powstania złożonego stanu naprężeń w mikrostrukturze polikryształów w wyniku, którego w objętości materiału mogą powstawać liczne spękania międzyziarnowe i wskroźziarnowe. W konsekwencji zapewniają one ultra niski współczynnik rozszerzalności cieplnej i wysoką odporność na wstrząs cieplny kosztem znacznego obniżenia wytrzymałości.

W celu poprawy właściwości tialitu, na etapie syntezy związku można wprowadzić dodatki stabilizujące. Do najczęściej stosowanych zaliczyć można: tlenki MgO , Fe_2O_3 , ZrO_2 i SiO_2 . Mechanizm działania poszczególnych dodatków nie jest jeszcze w pełni poznany, jednak wyszczególnić należy stabilizację strukturalną - poprzez tworzenie roztworów stałych, co prowadzi do obniżenia naprężeń wewnątrz struktury, a następnie mikrostruktury polikryształów tialitu, jak i stabilizację

mikrostrukturalną. Jako stabilizację mikrostrukturalną rozumie się przede wszystkim przeciwdziałanie dyfuzji składników wyjściowych poprzez wytworzenie na granicach międzyziarnowych skutecznych barier dyfuzyjnych w postaci faz amorficznych lub faz krystalicznych (spinel, mullit), ograniczenie rozrostu ziaren, a tym samym zmniejszenie ilości i wielkości powstających mikrospęknięć.

Prowadzone badania zakończyły się sukcesem a ich wyniki zostały opublikowane w publikacjach:

- “Synthesis of aluminium titanate by means of isostructural heterogeneous nucleation”
K. Kornaus, R. Lach, M. Szumera, K. Świerczek, A. Gubernat *Journal of the European Ceramic Society*, vol. 39 iss. 7, s. 2535–2544, 2019
- “Effect of microstructure on thermal and mechanical properties of solid solutions Al_2TiO_5 – $MgTi_2O_5$ ” / K. Kornaus, P. Rutkowski, R. Lach, A. Gubernat // *Journal of the European Ceramic Society* vol. 41 iss. 2, s. 1498–1505, 2021

Ponadto od 4 lat aktywnie wykonuję badania w ramach działalności katedralnego laboratorium badań morfologicznych na urządzeniach takich jak: analizator powierzchni właściwej BET Micromeritics ASAP 2010, analizator rozkładu wielkości porów Quantachrome Poremaster 33 i 60, piknometr helowy AccuPyc, analizator rozkładu cząstek Malvern Mastersizer oraz analizator potencjału zeta Malvern ZetaSizer.

Laboratorium oferuje szeroką gamę możliwości pomiarowych tj: Analiza powierzchni właściwej BET, analiza rozkładu wielkości porów metodą BJH, analiza potencjału zeta, rozkład wielkości ziaren DLS, rozkład wielkości porów metodą dyfrakcji laserowej, rozkład wielkości porów metodą porozymetrii rtęciowej, pomiar gęstości szkieletowej, pomiar gęstości pozornej i rzeczywistej materiałów, analiza krętości porów. Dzięki temu w wyniku współpracy z licznymi placówkami badawczymi w oparciu o prowadzone badania powstały liczne publikacje, m. in. poniższe:

- “Conditions of synthesis and structure of metakaolin-based geopolymers: application as heavy metal cation sorbent” M. Król, K. Brylewska, A. Knapik, **K. Kornaus**, W. Mozgawa, *Polish Journal of Chemical Technology* vol. 19 iss. 4, s. 103–109, 2017
- “Graphene oxide covalently modified with 2,2'-iminodiacetic acid for preconcentration of Cr(III), Cu(II), Zn(II) and Pb(II) from water samples prior to their determination by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry” K. Pytlakowska, M. Matussek, B. Hachuła, M. Pilch, **K. Kornaus**, M. Zubko, W. Pisarski, *Spectrochimica Acta. Part B, Atomic spectroscopy*, vol. 147, s. 79–86,
- “Energy dispersive X-ray spectrometric determination of Cr(III), Cu(II), Zn(II) and Pb(II) and chromium speciation after preconcentration on graphene oxide chemically modified with mercapto-groups” K. Pytlakowska, M. Pilch, B. Hachuła, J. Nycz, **K. Kornaus**, W. Pisarski, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* vol. 37, s. 1416–1425, 2019
- “Superparamagnetic iron oxide nanoparticles modified with silica layers as potential agents for lung cancer treatment”
- K. Reczyńska, M. Marszałek, A. Zarzycki, W. Reczyński, K. Kornaus, E. Pamuła, W. Chrzanowski, *Nanomaterials* vol. 10 iss. 6 art. no. 1076, s. 1–16, 2020

Aktualnie w ramach badań na stanowisku asystenta badawczego rozpoczynam prace nad otrzymywaniem materiałów UHTC (Ultra High Temperature Ceramics). Zainteresowanie tą tematyką wynika z dodatkowych badań nad materiałami węglkowymi prowadzonymi w czasie doktoratu. Między innymi analiza wpływu dodatku grafenu do węgliku wolframu, tworzenie kompozytów SiC-grafit czy też kompozytów SiC-TiC. Wyniki powyższych badań zostały opublikowane w poniższych czasopismach:

- “Mechanical properties of hot-pressed SiC-TiC composites” **K. Kornaus**, G. Grabowski, M. Rączka, D. Zientara, A. Gubernat, *Processing and Application of Ceramics*, vol. 11 iss. 4, s. 329–336, 2017
- “Studies on influence of graphite inclusion size on properties of SiC-graphite composites — Badania nad wpływem wielkości wtrąceń grafitu na właściwości kompozytów SiC-grafit” A. Gubernat, **K. Kornaus**, M. Rączka, W. Piekarczyk, S. Zimowski, B. Muś, *Composites Theory and Practice*, 18 nr 3, s. 180–187, 2018

- “Mechanical and thermal properties of tungsten carbide – graphite nanoparticles nanocomposites” **K. Kornaus**, A. Gubernat, D. Zientara, P. Rutkowski, L. Stobierski
Polish Journal of Chemical Technology, vol. 18, iss. 2, s. 84–88 , 2016