

Wykształcenie i doświadczenie zawodowe

- **od 2008:** „Adiunkt” w Katedrze Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
- **2005 – 2008:** Asystent w Katedrze Ceramiki Specjalnej, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
- **2005:** Uzyskanie stopnia doktora z zakresu nauk technicznych w specjalności Inżynieria Materiałowa, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, tytuł pracy: „*Wpływ naprężeń cieplnych na właściwości mechaniczne ziarnistych kompozytów ceramicznych*”, doktorat wyróżniony przez RW WIMiC AGH;
- **1998 – 2005:** Studia doktoranckie, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
- **1998 – 1999:** starszy referent inżynierijno-techniczny, Uniwersytet Jagielloński Collegium Medicum;
- **1996:** Uzyskanie tytułu magistra chemii, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński, tytuł pracy: „*Korelacja parametrów fizykochemicznych poliakryloamidów i polikwasów akrylowych z rozkładem mas cząsteczkowych*”;
- **1991 – 1996:** Studia magisterskie, Wydział Chemii, Uniwersytet Jagielloński.

Zainteresowania naukowe i praca badawcza

Tematyką badawczą, dotyczącą *obliczeniowej inżynierii materiałowej*, zajmuję się praktycznie od początku mojej pracy naukowej. Już podczas realizacji pracy doktorskiej (1998-2005), której tytułem był: „*Wpływ naprężeń cieplnych na właściwości mechaniczne ziarnistych kompozytów ceramicznych*”, wykorzystałem modele mikromechaniczne materiałów kompozytowych do symulacji rozkładu naprężeń cieplnych. Uzyskane wyniki obliczeń uzupełniły zebrany w trakcie realizacji pracy materiał doświadczalny. Pozwoliło to na wyjaśnienie wpływu naprężeń cieplnych na właściwości mechaniczne analizowanych tworzyw i sformułowanie wniosków, dotyczących możliwości poprawy odporności na kruche pękanie poprzez modyfikacje składu ilościowego i mikrostruktury rozpatrywanych materiałów.

Po uzyskaniu stopnia doktora, skoncentrowałem się na badaniu właściwości termomechanicznych jedno- i wielofazowych materiałów polikrystalicznych. Zdobyte doświadczenia, pozwoliły mi ukierunkować zainteresowania badawcze – zająłem się przede wszystkim analizą zależności pomiędzy mikrostrukturą a właściwościami mechanicznymi tworzyw ceramicznych. Na realizację prowadzonych prac uzyskałem z MNiSW grant badawczy (nr proj.: N N507 451034), którego byłem kierownikiem (2008-2010). Tematem projektu był: „*Wpływ mikrostruktury na rozkład naprężeń cieplnych i odporność na kruche pękanie w ceramicznych kompozytach ziarnistych*”. Projekt ten opierał się na trzech układach kompozytowych (ceramicznych kompozytach ziarnistych). Zostały one dobrane tak, aby uwzględnić podstawowe źródła naprężeń cieplnych: zróżnicowanie rozszerzalności cieplnej składników kompozytów oraz anizotropię właściwości termomechanicznych faz. W trakcie realizacji tego projektu, oprócz budowy szeregu modeli mikromechanicznych (modelowania mikromechanicznego), zainteresowała mnie również problematyka związana z *ilościową analizą mikrostruktury*.

W tamtym okresie, oprócz prac ściśle związanych z modelowaniem matematycznym i analizą mikrostruktury, zajmowałem się również badaniami doświadczalnymi: pomiarami właściwości mechanicznych, termomechanicznych i cieplnych materiałów ceramicznych. W zakres moich obowiązków weszła opieka nad modernizowanym laboratorium badawczym, które ostatecznie zostało przekształcone w Katedralne Laboratorium Badań Termomechanicznych. W skład aparatury będącej pod moją opieką i przy pomocy której przeprowadzałem pomiary, wchodziły maszyny wytrzymałościowe Zwick/Roell, wyposażone w specjalistyczny osprzęt umożliwiający prowadzenie badań mechanicznych w szerokim zakresie obciążeń i geometrii pomiarowych (ściskanie, zginanie, rozciąganie). W trakcie rozbudowy laboratorium, jedna z maszyn (Zwick/Roell Z150) została wyposażona również w piec oraz osprzęt wysokotemperaturowy, co pozwalało na prowadzenie pomiarów właściwości mechanicznych w temperaturze do 1500 °C. Oprócz pomiarów wytrzymałościowych przeprowadzałem również pomiary właściwości sprężystych. Pomiary te były realizowane przy pomocy analizatora drgań własnych i tłumienia – RFDA HT1600 firmy IMCE N.V, który również stanowił wyposażenie opisywanego laboratorium.

Doświadczenia, które zebrałem w trakcie kilku lat opieki nad Katedralnym Laboratorium Badań Termomechanicznych, wykorzystałem podczas organizacji kolejnego laboratorium – Wydziałowego Laboratorium Badań

Termofizycznych (2008-2014). Początkowo moja rola w tym nowo powołanym laboratorium dotyczyła uruchomienia aparatury pomiarowej i opracowania procedur pomiarowych, a ostatecznie stałem się odpowiedzialny za pomiary dylatometryczne (Dylatometr NETZSCH DIL 402C) oraz wykonywałem również pomiary kalorymetryczne: DTA, DSC, TG (Analizator termiczny NETZSCH STA 449 F3). Uzyskane doświadczenie badawcze zaowocowało nawiązaniem pozawydziałowej współpracy naukowej oraz współpracy w wieloma placówkami naukowo-badawczymi i przemysłowymi:

- Wydział Odlewnictwa AGH;
- Wydział Górnictwa i Geoinżynierii AGH;
- Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH;
- Uniwersytet Jagielloński – Wydział Chemii;
- Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Warszawa;
- Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych – Oddział Materiałów Ogniotrwałych, Gliwice;
- Politechnika Częstochowska – Instytut Inżynierii Środowiska;
- Politechnika Warszawska – Wydział Inżynierii Materiałowej;
- Politechnika Opolska – Wydział Mechaniczny;
- POCH S.A., Gliwice;
- ABB – Korporacyjne Centrum Badawcze, Kraków;
- NETZSCH Instrumenty Sp. z o.o., Kraków;
- SGL Carbon Polska S.A., Racibórz;
- KROSSLASS S.A., Dział Jakości, Krosno.

Równocześnie z pracami związanymi z pomiarami termofizycznymi, rozwijałem swoje zainteresowania naukowe dotyczące modelowania właściwości materiałów polikrystalicznych. W roku 2013 zostałem przyjęty do międzynarodowego projektu badawczego **SINTERCER** „*Development of a sintering centre and know-how exchange for non equilibrium sintering methods of advanced ceramic composite materials*” (FP7-REGPOT-2012-2-13-1), realizowanego przez Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania w Krakowie, na stanowisko specjalisty w zakresie modelowania matematycznego właściwości kompozytów. Dlatego od roku 2014 przebywałem na rocznym urlopie naukowym, udzielonym mi przez JM Rektora AGH. Zakres obowiązków naukowych w projekcie SINTERCER dotyczył modelowania zagadnień związanych z procesami zachodzącymi w trakcie spiekania materiałów ceramicznych przy użyciu toroidalnych kowadeł Bridgmana.

Specyfika procesu zachodzącego w urządzeniach **HPHT** – wysokie ciśnienie i temperatura oraz sama konstrukcja kowadeł, sprawia, że wszelkie pomiary podstawowych parametrów spiekania są znacznie utrudnione, a niekiedy wręcz niemożliwe do realizacji. Dlatego, przy projektowaniu i modyfikacji urządzeń tego typu, wykorzystywane jest często modelowanie matematyczne. Zaproponowany przeze mnie model, opisujący zmiany zachodzące w trakcie prowadzonego procesu HPHT, uwzględniał sprzężenie zjawisk mechaniczno-elektryczno-ciepłych. Uzyskane wyniki symulacji wykazywały dobrą zgodność z zarejestrowanymi danymi doświadczalnymi. Model umożliwił wyznaczenie rozkładu temperatury w toroidalnej komorze Bridgmana, w zależności od mocy prądu i czasu ogrzewania. Stanowiło to podstawę do dalszych prac związanych z optymalizacją kształtu i doбором materiałów konstrukcyjnych dla kontenera próbki w celu zmniejszenia niekorzystnego gradientu temperatury oraz zwiększenia efektywności ogrzewania.

Roczny staż pozwolił mi nie tylko poszerzyć wiedzę z zakresu modelowania, ale również zapoznać się ze specyfiką pracy w innych jednostkach naukowo-badawczych. Ponadto odbyte w trakcie stażu szkolenia z zakresu praktycznego wykorzystania specjalistycznych środowisk obliczeniowych, znacząco rozwinęły mój warsztat badawczy. Efektem pracy w projekcie SINTERCER, poza nawiązaniem wielu kontaktów naukowych z badaczami z różnych – polskich i zagranicznych ośrodków naukowych, był udział w międzynarodowych konferencjach i szereg publikacji.

Chcąc wykorzystać zebrane w trakcie stażu doświadczenia i nabyte nowe umiejętności w zakresie modelowania właściwości materiałów, po powrocie ze stażu moje dalsze prace badawcze ukierunkowałem na budowę modeli mikromechanicznych. Oprócz dwuwymiarowych modeli geometrycznych opartych na rzeczywistych obrazach mikrostruktury, które wykorzystywałem już wcześniej w symulacjach MES, zacząłem również stosować w pełni syntetyczne modele geometryczne 2D i 3D. W połączeniu z dokładniejszym opisem właściwości faz składowych analizowanych materiałów, pozwoliło to na przejście od modeli o charakterze jakościowym do modeli pozwalających na ilościowy opis właściwości termomechanicznych polikrystalicznych tworzyw ceramicznych.

Do przygotowania modeli geometrycznych metodami symulacyjnymi (np. teselacyjnymi) niezbędny jest jednak szczegółowy opis mikrostruktury rozpatrywanego, istniejącego lub projektowanego tworzywa. Dlatego równocześnie z pracami nad rozwijaniem modeli obliczeniowych, zająłem się również zagadnieniami dotyczącymi *analizy obrazu i ilościową analizą mikrostruktury*. Klasyczne podejście wykorzystujące stereologiczne związki w połączeniu z nowymi metodami obliczeniowymi, pozwala aktualnie na uzyskanie realistycznego opisu budowy dla wielu rodzajów materiałów (np. kompozytów ziarnistych oraz jednofazowych materiałów polikrystalicznych).

Uzyskiwane technikami symulacyjnymi modele geometryczne 3D, będące cyfrowymi rekonstrukcjami mikrostruktury rzeczywistych tworzyw, bądź opisujące całkowicie syntetyczne materiały, pozwalają na symulacje zachowania materiałów poddawanych różnorodnym obciążeniom zewnętrznym. Osiągana dokładność takich symulacji, jest jednak zależna od rozmiaru wirtualnej przestrzeni wykorzystywanej w obliczeniach.

Aby uzyskiwać zadowalającą zgodność wyników symulacji z wynikami pomiarów doświadczalnych, niezbędny jest zatem nie tylko szczegółowy opis mikrostruktury materiału oraz precyzyjny opis właściwości faz składowych. Model obliczeniowy musi również uwzględniać odpowiednio dużą liczbę niejednorodności – ziaren, krystalitów, itp. Obszar spełniający taki warunek nazywany jest reprezentatywnym elementem objętości (RVE). Metody pozwalające na oszacowanie rozmiaru RVE, stanowią kolejny temat badawczy, którym zajmuje się w ostatnich latach. Opracowana przez mnie ścieżka obliczeniowa, oparta na analizie statystycznej wyników pilotażowych obliczeń, pozwala na efektywne wyznaczenie rozmiaru statystycznego elementu objętości (SVE), będącego rozwinięciem idei elementu reprezentatywnego.

Najważniejsze publikacje z ostatnich lat (2015-)

1. Dubiel, A., Grabowski, G., Goły, M., Skrzypek, S. (2020). The Influence of Thermal Residual Stresses on Mechanical Properties of Silicon Nitride-Based Composites. *Materials*, 13(5), 1092–1–14. <https://doi.org/10.3390/ma13051092>
2. Grabowski, G. (2019). Modelling of thermal expansion of single- and two-phase ceramic polycrystals utilising synthetic 3D microstructures. *Computational Materials Science*, 156, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2018.09.020>
3. Grabowski, G., Lach, R., Pędzich, Z., Świerczek, K., Wojteczko, A. (2018). Anisotropy of thermal expansion of 3Y-TZP, α -Al₂O₃ and composites from 3Y-TZP/ α -Al₂O₃ system. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 18(1), 188–197. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2017.06.008>
4. Grabowski, G. (2017). Trójwymiarowa rekonstrukcja mikrostruktury polikrystalicznego tlenku glinu metodą teselacji Laguerre'a. *Materiały Ceramiczne/ Ceramic Materials*, 69(3), 252–257.
5. Kornaus, K., Grabowski, G., Rączka, M., Zientara, D., Gubernat, A. (2017). Mechanical properties of hot-pressed SiC-TiC composites. *Processing and Application of Ceramics*, 11(4), 329–336. <https://doi.org/10.2298/PAC1704329K>
6. Kaczmarska, K., Grabowska, B., Grabowski, G., Bobrowski, A., Kurleto-Kozioł, Ż. (2017). Thermal decomposition of binder based on etherified starch to use in foundry industry: TG–DTG–DSC and DRIFT investigations. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. <https://doi.org/10.1007/s10973-017-6451-9>
7. Grabowski, G., Pędzich, Z. (2016). Modeling of thermal residual stresses in the SiC-TiB₂ composite system considering real microstructure and thermo-mechanical properties anisotropy. *Materiały Ceramiczne/Ceramic Materials*, 68(2), 176–182. Retrieved from <http://ptcer.pl/mccm/pl/szczegoly-artykulu/68/2/847>
8. Brzezińska-Miecznik, J., Haberko, K., Bućko, M. M., Grabowski, G., Sitarz, M. (2016). Hydroxyapatite of natural origin - zirconia composites, preparation and reactions within the system. *Processing and Application of Ceramics*, 10(4), 219–225. <https://doi.org/10.2298/PAC1604219B>
9. Grabowski, G. (2015). Modeling the effect of resistivity of the heating element on temperature distribution in the Bridgman-type toroidal anvils. *Mechanik*, (2), 126/187-126/195. <https://doi.org/10.17814/mechanik.2015.2.87>
10. Grabowski, G., Klimczyk, P., Cygan, S. (2015). Modeling of mechanical and thermal issues occurring during sintering operation in the Bridgman-type toroidal anvils. *Mechanik*, (3), 228–233. <https://doi.org/10.17814/mechanik.2015.3.101>
11. Lach, R., Haberko, K., Bućko, M. M., Grabowski, G. (2015). Alumina/YAG 20vol% composites prepared by the dawsonite thermal decomposition. *Ceramics International*, 41(9), 10488–10493. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.04.136>
12. Grabowski, G., Pędzich, Z. (2015). Simulation of thermal residual stresses distribution in the particulate reinforced ceramic composite - SiC-TiB₂. In A. M. Brandt, J. Olek, M. A. Glinicki, C. K. Y. Leung, & J. Lis (Eds.), *Proc. Int. Symp. „Brittle Matrix Composites 11”* (pp. 91–99). Warsaw: Institute of Fundamental Technological Research.

13. Pędzich Z., Grabowski G., Saferna I., Ziabka M., Gubernat A., Kot M. (2015) The influence of residual stresses in selected non-oxide ceramics composites on their wear resistance in different environments. *Composites Theory and Practice*, 15(4), 203–208.

Patenty

- A. Gubernat, P. Rutkowski, L. Stobierski, D. Zientara, G. Grabowski, Sposób otrzymywania spieku węgla wolframu, Patent nr PL 235619 B1; Udziel. 2020-05-12 ; Opubl. 2020-09-21,

Nagrody i wyróżnienia

- **2018:** Zespołowa Nagroda Rektora II Stopnia za osiągnięcia naukowe,
— **2015:** Zespołowa Nagroda Rektora III Stopnia za dorobek publikacyjny.

Projekty badawcze

- **2008-2010:** Projekt MNiSW N N507 451034, pt. „*Wpływ mikrostruktury na rozkład naprężeń cieplnych i odporność na kruche pękanie w ceramicznych kompozytach ziarnistych*”, kierownik projektu badawczego;

Staż naukowe

- **2014 – 2015:** Instytut Zaawansowanych Technologii Wytwarzania (Kraków) – roczny staż w ramach projektu FP7-REGPOT-2012-2-13-1 SINTERCER „*Development of a sintering centre and know-how exchange for non equilibrium sintering methods of advanced ceramic composite materials*”, na stanowisku adiunkt – specjalista w zakresie modelowania matematycznego właściwości kompozytów;
— **2013:** Innerco Sp.z.o.o, pięciomiesięczny staż w ramach projektu współfinansowanego przez UE pt.: „*Wiedza, praktyka, współpraca – klucz do sukcesu w biznesie*” na stanowisku doradcy naukowego.
— **2012:** Netzsch Instrumenty Sp.z.o.o , trzymiesięczny staż w firmie, w ramach obowiązków szkolenie użytkowników aparatury pomiarowej firmy Netzsch

Szkolenia naukowe

- **2011:** Szkolenie w zakresie spin-out i spin-off pt. „*Wzmocnienie przedsiębiorczości w zakresie współpracy nauka-biznes*” w Centrum Szkolenia i Organizacji Systemów Jakości, Europoint;
— **2010:** Szkolenie z zakresu analizy termicznej – VI Szkoła Analizy Termicznej;
— **2010:** Szkolenie z zakresu metod sprzężonych w analizie termicznej TG/STA-FTIR, TG/STA-MS, NETZSCH;
— **2008:** Szkolenie w zakresie pomiarów wytrzymałości Zwick/Roell.