

**Temat badawczy w ramach studiów doktoranckich**  
Uniwersytecie Śląskim, Zakład Krystalografii Instytutu Nauki o Materiałach,  
Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach

**Opiekun - Prof. UŚ dr hab. W. Bogdanowicz**  
tel. 32-3497-538,  
[wladzimierz.bogdanowicz@us.edu.pl](mailto:wladzimierz.bogdanowicz@us.edu.pl)

***Wieloskalowa ocena doskonałości strukturalnej  
monokrystalicznych nadstopów niklu.***

Nadstopy niklu drugiej generacji stosowane w produkcji turbin silników lotniczych, otrzymuje się techniką Bridgmana w procesie należącym do wysoko zaawansowanych technologii. Monokrystaliczne w skali makroskopowej dendrytyczne nadstopy charakteryzują się większą wytrzymałością na pękanie w wysokiej temperaturze w porównaniu z polikrystalicznymi, co wiąże się ze wzrostem ich żaroodporności i żarowytrzymałości, umożliwiającym podwyższenie temperatury pracy silnie obciążonych elementów części gorącej turbin. Właściwości eksploatacyjne monokrystalicznych nadstopów zmieniają się w zależności od ich orientacji krystalograficznej oraz różnorodnych defektów struktury powstawanie których jest związane z procesem krystalizacji kierunkowej jak i z następnymi obróbkami termomechanicznymi.

Bezpośrednio po krystalizacji kierunkowej struktura stopu CMSX-4 z którego wykonywane są łopatki turbin silników lotniczych ma charakter dendrytyczny, przy czym każdy dendryt nie jest monokryształem i składa się z szeregu faz, z których jedna -  $\gamma'$  ( $\text{Ni}_3\text{Al}$ ) jest dominującą. Faza ta występuje w dendrytach w formie mikro-sześcianów, które są "stricte" monokryształami i są ułożone w dendrytach w bardzo zbliżonej orientacji krystalicznej.

Ze złożoności struktury stopu wynika, że parametr który określamy jako "orientacja łopatki" ma też złożony charakter. Musi on zawierać krystaliczną orientację makroskopową poszczególnych obszarów o skali rzędu centymetrów oraz orientację składników jej mikrostruktury o dwóch skalach mikroskopowych: skali dendrytów (100 -200 $\mu\text{m}$ ) oraz skali sześciennych kryształów fazy  $\gamma'$  (1 -2 $\mu\text{m}$ ). Ocena doskonałości strukturalnej nadstopu powinna zawierać jako jedną ze składowych ocenę *struktury orientacyjnej łopatek*, która powinna zawierać opis orientacji krystalicznej obszarów o trzech w/w skalach.

Głównym celem badań będzie charakterystyka defektów strukturalnych monokrystalicznych dendrytycznych nadstopów niklu w trzech w/w skalach oraz ustalenie mechanizmów ich powstawania.

Zasadnicza część badań będzie oparta na metodach topografii rentgenowskiej (analiza defektów skali makroskopowej) oraz metodach mikroskopii elektronowej zarówno skaningowej jak i transmisyjnej (skale dendrytów oraz kryształów fazy  $\gamma'$ ). Dodatkowo będą prowadzone rentgenowskie badania dyfraktometryczne polegające na mapowaniu orientacji i stałej sieciowej fazy  $\gamma'$  powierzchni zglądów łopatek turbin lotniczych z wykorzystaniem oryginalnego dyfraktometru EFG (Berlin, Germany). Badania te będą realizowane we współpracy z Politechniką Rzeszowską oraz fabryką Stowarzyszenia Grupy producentów Przemysłu Lotniczego - "Dolina Lotnicza" (SGPPL)- Rzeszów.