

## STRESZCZENIE

Autor: Kamil Gancarczyk

Tytuł: **Doskonałość struktury krystalicznej monokryształów nadstopu niklu CMSX-4 i jej wpływ na właściwości mechaniczne w wysokiej temperaturze**

W pracy prowadzono badania dotyczące określenia wpływu warunków procesu krystalizacji kierunkowej, przede wszystkim prędkości wyciągania monokryształów nadstopu niklu CMSX-4, również ich obróbki cieplnej na skład fazowy, doskonałość struktury krystalicznej i jednorodność składników fazowych mikrostruktury oraz ich właściwości mechaniczne w wysokiej temperaturze.

Przyjęto tezę pracy, że dobór warunków procesu krystalizacji monokrystalicznych odlewów z nadstopu niklu CMSX-4 oraz wykorzystanie efektów przemian fazowych, zachodzących podczas ich obróbki cieplnej, umożliwi podniesienie stopnia doskonałości ich struktury krystalicznej i jednocześnie zwiększenie odporności na pełzanie.

Opracowano warunki krystalizacji kierunkowej i wytworzono modelowe monokryształy nadstopu CMSX-4 oraz monokrystaliczne odlewy łopatek turbiny wysokiego ciśnienia dla prędkości wyciągania  $v_w = 1 \div 7$  mm/min. Również zastosowano dla nich obróbkę cieplną: przesycanie + dwukrotne starzenie. Charakteryzację struktury krystalicznej wytworzonych modelowych monokryształów oraz odlewów łopatek prowadzono przy zastosowaniu metod: mikroskopii świetlnej, elektronowej skaningowej i transmisyjnej, rentgenowskiej analizy dyfrakcyjnej i spektralnej, topografii rentgenowskiej i spektroskopii Mössbauera. Właściwości wytrzymałościowe odlewów monokrystalicznych określono w próbie pełzania.

Wykonana analiza wyników badań pozwoliła stwierdzić, że warunki procesu krystalizacji kierunkowej metodą Bridgmana-Stockbargera nadstopu niklu CMSX-4 – temperatura ciekłego metalu - 1520°C i prędkość wyciągania w zakresie  $v_w = 1 \div 7$  mm/min umożliwiają wytworzenie monokrystalicznych odlewów łopatek o budowie dendrytycznej, złożonej z krystalitów fazy  $\gamma$  i  $\gamma'$ . Ustalono, że obróbka cieplna (przesycanie 1318°C/argon + starzenie 1. 1140°C/6h + starzenie 2. 870°C/20h) monokrystalicznych odlewów nadstopu niklu CMSX-4 powoduje przejście od ich budowy monokrystalicznej typu dendrytycznego do monokrystalicznej typu kolumnowego. Scharakteryzowano budowę dendrytyczną i kolumnową monokryształów przez określenie liczby i rozmiarów bloków mozaiki. Ustalono wartość kąta odchylenia  $\alpha_z$  na powierzchni monokrystalicznych odlewów łopatek w stanie lanym i po obróbce cieplnej.

Wytworzone monokrystaliczne odlewy nadstopu niklu CMSX-4 o budowie kolumnowej mają dobrą odporność na pełzanie (próba pełzania:  $\sigma_r = 151,8$  MPa,  $t = 982^\circ\text{C}$  - czas do zniszczenia ok. 230 h). Ustalono, że podwyższenie stopnia doskonałości struktury monokrystalicznych odlewów można uzyskać w procesie krystalizacji kierunkowej, przez zastosowanie określonej wartości prędkości wyciągania od strefy grzewczej do strefy chłodzącej pieca, w zależności od kształtu profilu pióra łopatki, także od grubości jej zamka. Uzyskane rezultaty prowadzonych badań mogą stanowić podstawę do modyfikacji warunków procesu krystalizacji kierunkowej, realizowanego w warunkach przemysłowych.