

## Streszczenie

Niejednorodności orientacji krystalicznej i struktury łopatek są niezmiernie ważne z punktu widzenia ich wytrzymałości. Podczas eksploatacji łopatek, narażonych na ogromne siły odśrodkowe, niejednorodności powodują lokalne koncentracje naprężeń, co zwiększa ryzyko zarodkowania pęknięć i ich propagacji. Przedmiotem niniejszej dysertacji doktorskiej była analiza porównawcza niejednorodności rozkładów przestrzennych orientacji krystalicznej i struktury dendrytycznej oraz fazowej struktury  $\gamma/\gamma'$  w zamkach monokrystalicznych łopatek nadstopów niklowych CMSX-4 i CMSX-6. Łopatki te otrzymano metodą kierunkowej krystalizacji w technice Bridgmana, przy prędkościach wyciągania ze strefy grzewczej pieca wynoszących 1 mm/min i 3 mm/min. Zamki są szczególnie istotnym elementem łopatki, ponieważ defekty krystalizacyjne w zamkach są dziedziczone przez pióra, które krystalizują później. Dodatkowo przeanalizowano obszary rzutu obwodu selektora, gdzie mógł występować istotny wpływ na niejednorodności orientacji i struktury zamka.

Do szczegółowej charakterystyki struktury krystalicznej nadstopów zastosowano dyfrakcyjną topografię rentgenowską o zmodyfikowanej technice Auleytnera oraz mapowanie rozkładu orientacji krystalicznej i parametru sieci fazy  $\gamma'$  metodą  $\Omega$ -scan, uzupełnione o techniki skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, w tym EBSD i EDS.

Wykazano, że zamki łopatek nadstopu CMSX-4 charakteryzują się większą liczbą bloków i granic niskiego kąta w porównaniu do zamków łopatek z nadstopu CMSX-6, niezależnie od zastosowanych przyjętych prędkości wyciągania. Na granicach niskiego kąta zamków nadstopu CMSX-4 występują mniejsze wartości składowej  $\alpha$  opisującej odchylenie od osi łopatki oraz składowej  $\beta$  opisującej precesję dendrytów, ale większe wartości składowej  $\gamma$  opisującej obrót dendrytów w porównaniu do CMSX-6. Oznacza to, że na granicach niskiego kąta w CMSX-4 występuje mniejsza dezorientacja pierwotna i większa dezorientacja wtórna dendrytów. Stwierdzono, że zjawisko to występuje jednocześnie z segregacją dodatków Re i W do granic, a Ta i Al od granic niskiego kąta, co potwierdzono analizą chemiczną TEM.

W zamkach łopatek nadstopu CMSX-4, wewnątrz bloków poza obszarami granic niskiego kąta, statystycznie obserwuje się większą wzajemną dezorientację zarówno pierwotną, jak i wtórnią sąsiednich dendrytów w porównaniu do nadstopu CMSX-6. Wzrost ten obejmuje

składowe dezorientacji  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$ . W obszarach rzutu obwodu selektora w zamkach łopatek nadstopu CMSX-4 występuje większa dezorientacja pierwotna (składowe  $\alpha$  i  $\beta$ ) oraz orientacja wtórna (składowa  $\gamma$ ) w porównaniu do zamków łopatek CMSX-6, co jest szczególnie widoczne przy prędkości wyciągania  $V_t=3$  mm/min.

W zamkach łopatek nadstopu CMSX-4, otrzymanych przy prędkości wyciągania  $V_t=1$  mm/min, obserwuje się obniżenie wartości parametru sieciowego fazy  $\gamma'$  w pobliżu granic niskiego kąta, co jest związane z wprowadzeniem dodatków renu i wolframu. Potwierdza to, że dodatki te koncentrują się w pobliżu granic niskiego kąta. W zamkach CMSX-4 występuje mniejszy statystycznie zakres zmian parametru sieciowego fazy  $\gamma'$  w porównaniu do zamków CMSX-6. Ponadto, w zamkach CMSX-4 obserwuje się zwiększoną liczbę krystalitów  $\gamma'$  w obszarach ramion II rzędu, gdzie przebiegają granice niskiego kąta, z wyraźną segregacją wolframu do krystalitów  $\gamma'$  oraz słabiej wyrażoną segregacją renu. W obszarze rzutu obwodu selektora, zarówno dla CMSX-6, jak i CMSX-4, nie występują zauważalne zmiany parametru sieciowego fazy  $\gamma'$  ( $a_0$ ) dla obydwu prędkości wyciągania.

W obszarach rzutu obwodu selektora zamka łopatek nadstopu CMSX-4 obserwuje się większe wartości lokalnych zmian wszystkich składowych dezorientacji przy najczęściej używanej na liniach produkcyjnych prędkości wyciągania, co podkreśla znaczenie wysokiej jakości połączenia selektora i zamka oraz geometrii tego połączenia dla minimalizacji niekorzystnych niejednorodności orientacji krystalicznej.