

**POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ**

PRACA DOKTORSKA

*Wpływ pierwiastków stopowych na mikrostrukturę
oraz właściwości nowych nadstopów kobaltu
umacnianych fazą $L1_2$*

mgr inż. Milena Kierat

Promotor:

dr. hab. inż. Stanisław Roskosz Profesor Pol. Śl.

Promotor pomocniczy:

dr. inż. Agnieszka Tomaszewska

Katowice, styczeń 2023

Streszczenie

Praca przedstawia nową generację nadstopów typu γ - γ' na osnowie kobaltu oraz aktualny stan wiedzy dotyczący tej grupy stopów żarowytrzymałych. Wiele zespołów badawczych z całego świata rozpoczęło badania nad grupą materiałów nowej klasy nadstopów na osnowie kobaltu umocnionych wydzieleniowo koherentną fazą γ' o sieci typu $L1_2$. Badania nad tą grupą materiałów zostały zapoczątkowane w 2006 r. i są odpowiedzią na istniejące ograniczenia nadstopów na bazie niklu, które nie pozwalają na utrzymanie dotychczasowego tempa rozwoju silników lotniczych. W dzisiejszych czasach nadstopy niklu umacniane fazą γ' są wciąż bezkonkurencyjne w zastosowaniach lotniczych, natomiast mogą w przyszłości zostać wyparte przez ich odpowiedniki na osnowie kobaltu, ze względu na ich potencjalne lepsze właściwości w podwyższonej temperaturze. Niemniej jednak do osiągnięcia tego stanu wymagany jest dalszy proces badawczy warunkujący rozwój nowej generacji nadstopów. W pracy przedstawiono dotychczasowe dokonania dotyczące nowych nadstopów typu γ - γ' na osnowie kobaltu w aspekcie ich wytwarzania, mikrostruktury oraz obróbki cieplnej.

Pierwszym etapem badań własnych było zaprojektowanie składu chemicznego materiału do badań, wykonanie wytopów i przygotowanie zestawu próbek do badań mikroskopowych. Materiał do badań stanowiły nadstopy na osnowie kobaltu: Co-Al-Mo-Nb, Co-Ni-Al-Mo-Nb, Co-Ni-Al-Cr-Mo-Nb, Co-Ni-Al-Mo-Nb-Ti, wytopione w próżniowym piecu indukcyjnym VSG 02 Balzery w tyglach Al_2O_3 osadzonych w cewce przy użyciu ręcznie zagęszczonego piasku formierskiego Konmix MAPI. Zgodnie ze zdefiniowanym celem poznawczym przewidziano dokładne badania mikrostruktury pierwotnej wybranych stopów. Badania te miały na celu scharakteryzowanie ogólnego i szczegółowego obrazu struktury dendrytycznej, identyfikację typów wydzieleni, miejsc występowania poszczególnych typów wydzieleni oraz pomiary twardości. Badania w tym zakresie realizowano w oparciu o symulacje procesu krystalizacji metodą CALPHAD oraz całkowicie nową metodą map struktury. Wyniki te zostały zweryfikowane szczegółową oceną składu fazowego metodą S/TEM. Kolejny etap badań własnych obejmował opracowanie parametrów obróbki cieplnej z wykorzystaniem termicznej analizy różnicowej (DTA) oraz przeprowadzenie wielowariantowej obróbki cieplnej próbek tj. przesycania i starzenia. Proces

przesycania został przeprowadzony w temperaturze 1250 °C przez 5 godzin w atmosferze azotu i wodoru, a następnie poszczególne próbki schłodzono do temperatury otoczenia w różnych warunkach: w wodzie, w spokojnym powietrzu oraz z piecem. Kolejnym etapem obróbki cieplnej był proces starzenia. Próbki po procesie przesycania i chłodzenia w wodzie, zostały poddane procesowi starzenia w temperaturze odpowiednio 800, 850, 900, 950, 1000 i 1050°C przez 3 godzin.

Po wykonaniu obróbki cieplnej zostały wykonane badania mikrostrukturalne poszczególnych stopów na osnowie kobaltu oraz ocena wpływu poszczególnych pierwiastków stopowych na temperaturę przemiany porządek - nieporządek, morfologię fazy γ' . Ostatni etap pracy stanowią podsumowanie końcowe wyników oraz wnioski.