



„Wpływ zawartości tantalu kontrolowanego stałymi ilorazami Al/Ti na rozdystrybuowanie pierwiastków stopowych, morfologię wydzieleni oraz właściwości mechaniczne w modelowych nadstopach na bazie IN740 po wielostopniowej obróbce cieplnej”

Kierownik projektu: mgr inż. Małgorzata Grudzień-Rakoczy

Nr umowy: UMO-2017/27/N/ST8/01801

Dofinansowanie: 204 260 PLN

Okres realizacji: 03.08.2018 r. – 02.08.2021 r.

Cel projektu:

Nadstopami nazywamy grupę stopów niklu, które są przeznaczone do pracy w podwyższonych temperaturach. Utrzymanie odpowiednio wysokich właściwości mechanicznych w temperaturze przekraczającej 80% temperatury topnienia jest wartością nieosiągalną dla obecnie znanych materiałów. Intensywny rozwój „nowoczesnych” materiałów ceramicznych,

kompozytów wzmacnianych włóknami, czy polimerów nie osłabia silnej pozycji nadstopów. Zawdzięczają to one wyjątkowej kombinacji właściwości w warunkach eksploatacji w tym: odporności na otaczające środowisko korozyjne (nawęglanie, utlenianie czy też zasiarczanie); odporności na pełzanie, jak również metalurgicznej stabilności. Nadanie stopom niklu wyjątkowych właściwości jest wynikiem złożonego składu chemicznego oraz wielostopniowej obróbki cieplnej. Inconel 740 należy na grupy najnowocześniejszych nadstopów niklu zaprojektowanych do pracy w nowej generacji jednostkach elektrowni opalanych węglem pracujących przy parametrach ultra-supernadkrytycznych. Regulacje związane z ochroną środowiska, mianowicie ograniczeniem emisji szkodliwych gazów wymagały wzrostu wydajności jednostek poprzez wzrost temperatury i ciśnienia pary. Właściwości użytkowe stopu Inconel 740 wynikają z wprowadzenia licznych dodatków stopowych, w tym chromu i kobaltu, które nadają odporność na korozję wysokotemperaturową gwarantując możliwość eksploatacji w agresywnych warunkach przez ponad 100 000 godzin. Zapewnienie żaroodporności jest równie kluczowe, co odpowiednio wysoka żarowytrzymałość. Na właściwości mechaniczne nadstopu Inconel 740 ma wpływ umocnienie roztworowe wynikające z różnicy promieni atomowych niklu i dodatków stopowych różnowęzłowych oraz umocnienie wydzieleniowe fazą międzymetaliczną γ' . Drugi z tych mechanizmów jest kluczowy w kontekście kształtowania właściwości stopu, ponieważ można w szerokim zakresie wpływać na udział i morfologię fazy γ' poprzez niewielkie modyfikacje składu chemicznego oraz obróbkę cieplną. Faza międzymetaliczna γ' posiada wzór stechiometryczny Ni_3Al . Duży jej udział objętościowy w nadstopie wpływa zasadniczo na wysokie właściwości mechaniczne w temperaturze pokojowej oraz, co istotne w temperaturach podwyższonych odzwierciedlających warunki eksploatacji. Udział cząstek fazy γ' w nadstopach niklu nie zmniejsza się znacząco w temperaturach do około 1000 °C determinując tym samym zakres pracy. Faza międzymetaliczna γ' jest fazą uporządkowaną, mianowicie atomy zajmują ściśle określone pozycje. Przekłada się to bezpośrednio na relacje granica plastyczności-temperatura. W odróżnieniu od innych nawet najnowocześniejszych materiałów inżynierskich wzrost wytrzymałości wraz z temperaturą jest cechą unikalną dla nadstopów niklu. Drugą z możliwości kontrolowania struktury nadstopów jest wielostopniowy proces obróbki cieplnej składający się z zabiegów przesycania oraz starzenia. Wysoki udział fazy γ' wynika bezpośrednio głównie zawartości Al, Ti i Ta, natomiast korzystna morfologia wydzieleni kształtowana jest w trakcie obróbki cieplnej. Nadstop niklu Inconel 740 zawiera około 15% obj. fazy międzymetalicznej. Mając na uwadze bardzo wysoką odporność na korozję zasadnym jest podjęcie badań mających na celu poprawę właściwości mechanicznych nadstopu Inconel 740. Osiągnięcie wyżej wymienionego celu może być zrealizowane poprzez umocnienie roztworowe fazy γ , zwiększenie udziału objętościowego węglików i fazy międzymetalicznej γ' . Tantal jako jedyny z obecnie znanych pierwiastków może brać udział w każdym z tych rodzajów umocnienia wskazując tym samym na potrzebę badania jego wpływu w złożonych wieloskładnikowych stopach niklu. Ze względu na wysoką cenę tego pierwiastka koniecznym jest ściśle sprecyzowanie jego oddziaływania przy różnej koncentracji pierwiastków wchodzących

w skład głównej fazy umacniającej γ' . W obecnie dostępnej literaturze brakuje wystarczającej liczby prac skupiających się na wpływie tantalu na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne nadstopów na osnowie niklu przy znacznie różniących się ilorazach koncentracji Al/Ti. Do tej pory rozpatrywano jego wpływ jako pojedynczego składnika, jednakże biorąc pod uwagę ogromny wpływ Ta na niemal wszystkie składniki mikrostrukturalne zdaniem Kierownika projektu konieczne jest sprecyzowanie przy jakiej relacji Al/Ti i koncentracji Ta można uzyskać synergiczny efekt oddziaływania na mikrostrukturę i właściwości mechaniczne. Kierownik projektu planuje podjąć w tym kierunku w pełni nowatorskie działania. Realizacja wyznaczonego celu badawczego zakłada wykorzystanie podstawowych oraz zaawansowanych technik badawczych pozwalających na kompleksowe badania mikrostruktury i właściwości mechanicznych.