

RESUMO

FERREIRA, L. M. **Efeitos da substituição de Mo por Nb na liga Beta-21S:** processamento, estabilidade microestrutural, propriedades mecânicas e resistência à oxidação. 2022. 121 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2022.

A liga à base de titânio Beta 21S foi desenvolvida para indústria aeroespacial e é conhecida por ser resistente a fluidos hidráulicos aeroespaciais. A liga é utilizada no sistema de exaustão de turbinas e no trem de pouso de aeronaves comerciais. No entanto, essas aplicações não necessitam especificamente da sua propriedade principal. O objetivo do trabalho é avaliar o efeito da substituição de Mo por Nb das ligas Ti-(X)Mo-(Y)Nb-5,6Al-0,5Si ($X + Y = 9,5$ % at.) nas propriedades mecânicas, resistência à oxidação e estabilidade das microestruturas das ligas modificadas. As condições de processamento das ligas seguiram as seguintes etapas: produção de lingotes por fusão a arco; homogeneização; forjamento rotativo em temperatura ambiente; solubilização e envelhecimento. A caracterização microestrutural das amostras foi realizada por meio de técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectrometria por dispersão de energia (EDS), microscopia eletrônica de transmissão (MET) e difratometria de raios X (DRX) com radiação de Cu-K α . As propriedades mecânicas foram avaliadas por meio da dureza Vickers e ensaios de tração em temperatura ambiente e a 550°C. Os resultados obtidos mostram que as ligas com substituição de Nb até 4,0 % at. são as mais propensas a trabalhos a frio, apresentando majoritariamente a fase β (CCC) na pré-conformação. A liga com 4,0% at. de Nb precipitou fase ω_a após homogeneização e resfriamento rápido. Esta liga, em especial, se mostrou mecanicamente instável devido à precipitação de α'' martensítica (ortorrômbica) induzida por deformação plástica durante conformação a frio. A liga com 4,0 % Nb apresentou o melhor resultado de dureza na condição final de processamento (STA). Ensaio de tração em temperatura ambiente da liga 4,0 % at. de Nb na condição STA resultaram em valores maiores de Limite de Resistência à Tração comparados à liga com 1,5 % at. de Nb (Beta-21S), porém com baixa ductilidade (3,5 %). Em temperatura elevada (550 °C), a liga 4,0Nb apresentou valores de resistência mecânica bem próximos à liga 1,5Nb, com melhores resultados de ductilidade (48,28%), se mostrando uma liga com potencial para aplicação. Nos testes de oxidação ao ar na faixa de 700 a 800 °C, todas as ligas apresentaram comportamento próximo a um regime de oxidação parabólico. A liga sem Nb (9,5 % at. de Mo) apresenta comportamento atípico em 800 °C devido principalmente à pouca estabilidade da fase α nesta temperatura e a possibilidade de formação de óxidos voláteis (MoO₃). O produto de oxidação principal foi o rutilo (TiO₂) com a formação de camada externa muito fina de Al₂O₃, para todas as ligas oxidadas ao ar entre 700 e 800 °C. As energias de ativação calculadas (entre 189 e 226 kJ/mol) refletem mecanismos de oxidação regidos por crescimento de camada de óxido e dissolução de oxigênio no substrato. Com o aumento do teor de Nb ocorre formação de uma camada contínua de nitreto (TiN) na região de subcamada (abaixo de TiO₂), que funciona como barreira de difusão, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido no substrato e a espessura da camada de TiO₂.

Palavras-chave: Ligas de titânio. Transformação de fases. Oxidação. Liga Beta-21S.