

1 Introdução

O alumínio é um metal de grande importância na indústria atual, sendo o metal não-ferroso com maior produção, e é o segundo metal mais produzido no mundo, perdendo somente para o ferro. Entretanto, o alumínio puro é um material relativamente macio, com baixa dureza e, por conseguinte apresenta baixa resistência ao atrito. Através da adição controlada de alguns elementos, muitas propriedades do alumínio podem ser melhoradas, ampliando desta forma sua aplicação industrial. O alumínio pode formar ligas com lítio, cobre, silício, manganês, resultando em uma significativa melhora em suas propriedades mecânicas e resistência à corrosão.[1,2]

As ligas de Al-Li, devido a suas excelentes propriedades como baixa densidade e elevado módulo de elasticidade, comparadas às ligas convencionais de alumínio, apresentam grande potencial na produção de materiais estruturais para aplicações aeroespaciais e criogênicas. Dentre as diversas ligas de alumínio existentes, destacam-se as ligas endurecíveis por precipitação de segundas fases. As modernas ligas de alumínio-lítio com a presença de fases endurecedoras, como as ligas Al-Li-Cu-Mg-Zr, inclusive a liga 8090, objeto do presente trabalho, vem sendo bastante utilizadas na indústria aeronáutica, principalmente em fuselagens de aviões. Essas ligas têm sido pesquisadas no intuito de substituir as tradicionais ligas das séries 2XXX e 7XXX. [2-4]

As ligas de alumínio contendo lítio começaram a ser desenvolvidas na Alemanha na década de 20. Com exceção de uma breve comercialização de ligas Al-Cu-Li-Cd nos anos 60, as ligas de Al-Li ficaram abandonadas durante várias décadas, pois apresentavam propriedades mecânicas inferiores além do custo ser aproximadamente quatro vezes superior ao custo das ligas de alumínio convencionais. Apenas durante os anos 70, incentivado pela crise energética, houve um maior interesse no desenvolvimento das ligas a base de Al-Li. [3-4]

A adição de lítio nas ligas de alumínio proporciona um aumento de 10% na dureza e uma redução de 10 a 15% na densidade. A redução de peso nas ligas de

uso aeroespacial promove uma economia considerável de combustível. Entretanto, apesar das ligas de alumínio-lítio apresentarem alta resistência e baixa densidade, elas apresentam alguns problemas como tenacidade à fratura e ductilidade, que são relativamente inferiores às das ligas convencionais de alumínio, tornando-as inadequadas para aplicações comerciais. Por isso é necessário adicionar alguns elementos de liga como o cobre, magnésio e zircônio para melhorar as propriedades mecânicas do sistema binário Al-Li. O efeito da adição de outros elementos nas ligas de Al-Li pode ser classificado como (a) elementos formadores de dispersão os quais controlam o processo de recristalização, (b) elementos de solução sólida os quais adicionam um componente a resistência, e (c) elementos que co-precipitam com a fase δ' e/ou incorporam lítio para formar fases ternárias ou mais complexas que também são responsáveis pelo controle da resistência. [4-8]

A utilização de ligas a base de Al-Li na indústria aeroespacial é justificada fundamentalmente por serem ligas endurecíveis. No sistema Al-Li-Cu-Mg-Zr, dentro da faixa de composição da liga 8090, as fases mais importantes são a fase metaestável δ' (Al_3Li), que se precipita homogeneamente tanto no interior como nos contornos dos grãos, as zonas GP e a fase S' (Al_2CuMg). As fases de equilíbrio são R ($\text{Al}_5\text{Cu}(\text{Li},\text{Mg})_3$) em equilíbrio com a matriz a altas temperaturas, T₂ ($\text{Al}_6\text{Cu}(\text{Li},\text{Mg})_3$) e a fase S (Al_2CuMg) [9-10]. A adição de zircônio, mesmo em concentração muito pequena como ocorre para todas as ligas comerciais Al-Li-Cu-Mg-Zr, permite a precipitação coerente de pequenas partículas da fase Al_3Zr que retardam a recristalização durante tratamentos termomecânicos. [4-5]

O presente trabalho tem como objetivo estudar a estabilidade microestrutural da liga 8090, a partir do estado metalúrgico inicial T3 (solubilização a 527°C durante 15 minutos, têmpera em água e deformação a frio, entre 1 e 2 %, e envelhecimento a temperatura ambiente) e submetida a tratamentos térmicos de retrogressão e reenvelhecimento em diferentes tempos e temperaturas. O tratamento de retrogressão consiste num tratamento de dissolução dos precipitados previamente existentes, colocando-os em solução sólida por aquecimento acima da temperatura solvus. O tratamento de reenvelhecimento é um tratamento térmico prolongado abaixo da temperatura de equilíbrio para promover novamente a precipitação. [10]. A caracterização microestrutural foi

realizada através de microscopia ótica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e principalmente através da microscopia eletrônica de transmissão (MET) devido à ordem de grandeza nanométrica dos precipitados existentes na liga 8090. Para o estudo do comportamento mecânico foram realizados ensaios de microdureza e tração, e desta forma, foi possível correlacionar a microestrutura com as propriedades mecânicas da liga em diferentes condições de tratamento térmico.