

Curva do ensaio de fluência do Inconel 718 em temperatura de 650°C

A.C.O. Hirschmann¹, D.A.P. Reis¹, C. Moura Neto¹, T. Sugahara¹, F. Piorino Neto¹

¹Instituto de Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP, Brasil

• corresponding author: anacoh@terra.com.br

Resumo — Superligas à base de níquel constituem uma família de ligas destinadas a aplicações em temperaturas elevadas em função da excelente estabilidade metalúrgica, propriedades mecânicas adequadas e resistência à corrosão. A microestrutura dessas ligas consiste de uma matriz (CFC) à base de níquel contendo um elevado teor de elementos (Co, Fe, Mo, W) em solução sólida e uma rede coerente de precipitados $Ni_3(Al,Ti)$, distribuídos homogeneamente [1,2]. Dentre todas as superligas à base de níquel, o INCONEL 718 ocupa uma grande parcela do mercado dessa classe de metais. Inicialmente desenvolvida como material de disco para motores de aeronaves [1]. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento de fluência da liga (como recebido) sob condições de 700, 750 e 814 MPa, para 650°C, com base nas especificações da norma ASTM E139.

Palavras-chaves — Superligas, Ensaio de fluência e Aplicação aeroespacial

I. INTRODUÇÃO

As superligas foram desenvolvidas a partir da metade do século XX, visando principalmente aplicações em altas temperaturas e dividem-se em três grupos principais: à base de ferro, de níquel ou de cobalto.

As ligas à base de níquel são as mais usadas, especialmente na fabricação de palhetas de turbina aeronáuticas, onde a temperatura de trabalho fica acima de 540°C. O ambiente corrosivo e as tensões envolvidas requerem a utilização de materiais com elevadas resistências mecânica, térmica e química.

A microestrutura dessas ligas consiste de uma matriz CFC (γ), à base de níquel, contendo uma elevada porcentagem de elementos (Co, Fe, Mo, W) dissolvidos em solução sólida e uma rede coerente de precipitados (γ') (Ni_3Al,Ti) distribuídos uniformemente. Os precipitados, em geral muito finos, contribuem para o endurecimento da matriz CFC [1-4]. Também importante para o desempenho dessas ligas são os carbonetos dispersos nos contornos de grão.

Esses carbonetos ancoram os contornos, aumentando a resistência à fluência das palhetas de turbina. Em condições normais de uso, ocorrem pequenas alterações estruturais nas palhetas de turbina, principalmente nos pontos mais quentes localizados nos bordos de ataque e de fuga. Essas alterações consistem na precipitação de carbonetos nos contornos de grão; contudo, os precipitados γ' mantêm-se separados e coerentes com a matriz [3-4].

Em situações de superaquecimento, a ação da temperatura elevada e do tempo favorecem o coalescimento e fusão dos precipitados da fase γ' e o início da dissolução dos carbonetos precipitados nos contornos de grão. Com o passar do tempo, ocorre a dissolução completa das fases de reforço na matriz γ [2-5].

A literatura apresenta diversos casos em que o superaquecimento e alterações microestruturais contribuem de maneira significativa para a falha de palhetas em serviço [5-7].

II. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A Superliga Inconel 718 utilizada neste trabalho foi fornecida pela empresa Villares S.A. (Sumaré-SP). O material teve uma fusão em forno VIM, refusão em forno VAR, tratamento térmico de homogeneização, forjamento a quente em matriz aberta para desbaste, laminação a quente de desbaste e laminação a quente de acabamento.

A composição da superliga é apresentada na Tabela I.

A.C.O. Hirschmann, anacoh@terra.com.br, C. Moura Neto, mneto@ita.br, Tel +55-12-39475876, ramal 5876; D.A.Reis, danielireis@hotmail.com. Tel. +55-12-39475876, ramal 5876. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq, pelo Projeto de pós-doutorado CNPq, nº. 152054/2008-1.

TABELA I Composição química (% peso) da superliga Inconel 718.

Elementos Químicos	(%p)
C	0,042
S	0,0028
Mn	0,01
Co	0,02
Ni	52,97
Cr	18,56
Nb	5,61
Al	0,07
Ti	1,95
Mo	2,63

O material Inconel 718, como recebido, foi preparado por meio de procedimentos convencionais. Para o embutimento a quente, utilizou-se uma resina fenólica fornecida pela Struers. Em seguida, as amostras foram lixadas de acordo com a seguinte sequência de granas: 220, 500, 800, 1200. O polimento final foi feito com OP-S. Para revelação da microestrutura, a amostra foi atacada com uma solução (reagente Glycerégia) na proporção de 3:HCL, 2:Glicerol, 1: HNO₃, com tempos de imersão em torno de 15 s.

Para os ensaios de fluência, foram utilizados os fornos pertencentes ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA/CTA), adquiridos junto à EMEC (*The Eletronic and Mechanical Engineering Co. Ltda.*). Nos fornos estão adaptados sistemas elétricos e controladores, desenvolvidos pela BSW Tecnologia, Indústria e Comércio Ltda., segundo as exigências da norma ASTM E139/83.

Os dados relativos ao alongamento dos corpos-de-prova e as medidas de temperatura em períodos de tempo pré-determinados foram coletados pelo software Antares, desenvolvido em conjunto com a BSW Tecnologia, Indústria e Comércio Ltda.

Para a alimentação do software, foram utilizados um calibrador de extensômetro de alta resolução Instron modelo 2602-004, e um transdutor do tipo LVDT (*Linear Variable Differential Transformer*) Os termopares utilizados para o controle de temperatura serão do tipo Cromel-Alumel AWG24. O sinal de saída do LVDT foram enviado a dois sistemas independentes: a um registrador gráfico tipo x-t, modelo RB101, série 1000, 110V e 60Hz da ECB – Equipamentos Científicos do Brasil

Ltda; e a uma unidade de processamento desenvolvida pela BSW Tecnologia, Indústria e Comércio Ltda., que converte os sinais em medidas de alongamento por períodos de tempo pré-definidos pelo operador e alimenta o software Antares.

A superliga Inconel 718 foi analisada sob condições de fluência em temperaturas de 650°C, a carga de 700, 750 e 814 MPa.

Os corpos-de-prova foram confeccionados pela ENEFER Ltda, de acordo com as especificações, sistemas de garras e extensômetros disponíveis.

III. OBSERVAÇÕES FINAIS

Esse material não sofreu nenhuma modificação na sua estrutura, pois não houve nenhum tratamento térmico ou superficial.

A Tabela II apresenta o valor de dureza para a liga de Inconel 718, que já era esperado, e que esta próximo ao fornecido pela Villares S.A.

TABELA II - Ensaio de dureza na escala de microdureza Vickers do Inconel 718 (como recebido).

Superfície analisada	Dureza
Inconel 718	344,06

Na fig. 1 pode ser observado que a microestrutura da liga de Inconel 718 (como recebido) é uma estrutura de grãos heterogêneos. Além disso, pode se notar uma pequena fração de partículas de carbonetos distribuídas de maneira não uniforme pela matriz. A fase γ aparece mais clara nas micrografias em relação à fase γ' (em pequena quantidade, porque não houve um tratamento térmico de envelhecimento).

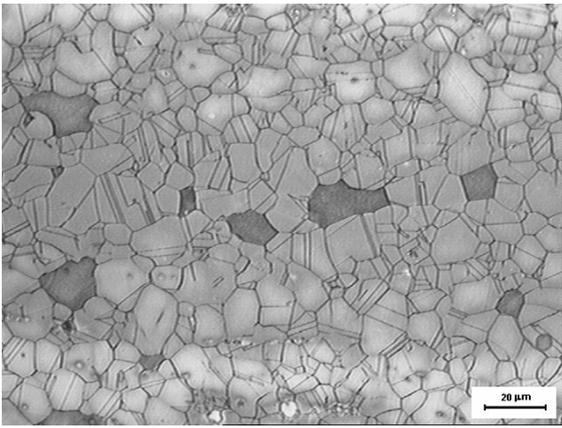


Fig. 1. Microestrutura da liga de Inconel 718, como recebido.

A Fig. 2 apresenta as curvas de fluência obtidas para a liga de Inconel 718 sem tratamento nas condições de 650 °C, para cargas de 700, 750 e 814 MPa .

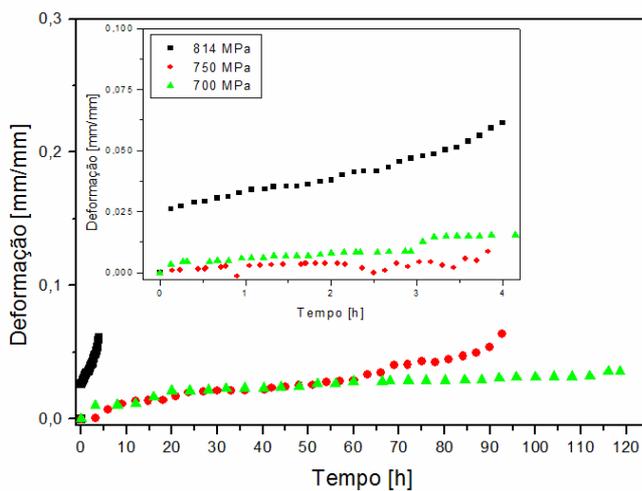


Fig. 2. Curvas de fluência obtidas para a liga Inconel 718 em temperaturas de 650°C, e cargas de 700, 750 e 814 MPa (material como recebido).

Como já esperado, pode-se observar um aumento significativamente a resistência do material na vida em fluência com a diminuição da tensão.

IV. CONCLUSÃO

Quanto às medidas de microdureza, a liga Inconel 718 apresenta uma dureza próxima à fornecida pelo fabricante (sem tratamento térmico). Essa liga não pode ser usada para temperaturas acima de 650°C, pois necessita de um tratamento

térmico de envelhecimento ou superficial para que ocorra o aumento na resistência.

Houve um aumento significativamente a resistência do material na vida em fluência com a diminuição da tensão.

Estes resultados do material como recebido, dará início a trabalhos futuros.

Agradecimentos

Villares S.A. e CNPq.

REFERÊNCIAS

- [1] C. Barbosa, J.L. Nascimento, I.M.V. Caminha, I.C. Abud, Microstructural aspects of the failure analysis of nickel base superalloys components. *Engineering Failure Analysis*. v. 12 p.348–361, 2005.
- [2] T.S. SIMS, N.STOLOFF, W.C. HAGEL. Superalloys II High Temperature. *Materials for Aerospace and Industrial Power*, ed. John Wiley, New York, 1987.
- [3] I. S. Jacobs, “Fine particles and thin films”, in *Magnetism*, v. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, “Not published yet, even if submitted”, unpublished.
- [5] Barbosa, C, Nascimento, J.L., Caminha, I.M.V., Abud, I.C. Microstructural aspects of the failure analysis of nickel base superalloys components. *Engineering Failure Analysis* v.12 p. 348–361, 2005.
- [6] Ezugwu E.O., Wang Z.M., Machado A.R. - The machinability of nickel-based alloys: a review, *Journal of Materials Processing Technology*, v. 86, p.1-16, 1999
- [7] Longzhou, M. A., Keh-minn C., Sarwan K., and Shailesh J.L. Effects of NiAl₂ precipitates on fatigue crack propagation of inconel alloy 783 under time-dependent condition with various load ratios.