

ANÁLISE DA MICROESTRUTURA POR MICROSCOPIA ÓPTICA DA SUPERLIGA INCONEL 718 COM E SEM ENVELHECIMENTO APÓS ENSAIO DE FLUÊNCIA¹

Nathan da Cruz Lopes²
Felipe Rocha Caliar³
Fabrícia Assis Resende⁴
Danieli Aparecida Pereira Reis⁵
Carlos de Moura Neto⁶

Resumo

As superligas de níquel têm sido estudadas desde a década de 1930, sendo utilizadas principalmente no setor aeroespacial pelo fato de possuírem alta resistência mecânica à fadiga e à fluência, com capacidade de serem utilizadas em altas temperaturas. Este trabalho teve por objetivo analisar, via microscopia óptica, as alterações microestruturais associadas ao ensaio de fluência para a superliga Inconel 718, antes e após o tratamento térmico de envelhecimento. O lixamento das amostras foi realizado na sequência de 320, 600 e 1.200 mesh. Após esta etapa foi feito o polimento com solução de pasta de diamante de 6 µm e 1 µm, respectivamente. O ataque químico utilizado foi uma solução de glicerégia. Após o ataque, as amostras foram submetidas à análise de microscopia óptica, para a observação da microestrutura. Pela observação das alterações microestruturais nas amostras após o tratamento térmico, pode-se associar a uma possível precipitação de fases endurecedoras na matriz da liga. As alterações microestruturais decorrentes do ensaio de fluência estão principalmente relacionadas com o efeito da temperatura e do tamanho de grão.

Palavras-chave: Inconel 718; Fluência; Duplo envelhecimento; Microestrutura.

ANALYSIS OF INCONEL 718 MICROSTRUCTURE VIA OPTICAL MICROSCOPE BEFORE AND AFTER DOUBLE AGING HEAT TREATMENT AFTER CREEP TESTS

Abstract

The nickel superalloys have been studied since the 1930s and are mainly used in aerospace area because their high mechanical resistance to fatigue and creep, they can be used at high temperatures. This study aimed to analyze microstructural effects associated with the creep test for Inconel 718 superalloy before and after heat treatment, by optical microscopy. The grinding of the samples was performed following 320, 600 and 1,200 mesh. After this step has been done the polishing using solution 6 µm diamond paste and 1 µm, respectively. The etching solution used was glyceresia. Then the samples microstructures were analyzed by optical microscopy. It was observed that the microstructural changes in the samples after heat treatment could be caused for the precipitation hardening phase in the matrix of the alloy. The microstructural changes resulting from creep test relate mainly to the temperature effect and grain size.

Key words: Inconel 718; Creep; Double aging; Microstructure.

¹ Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Graduação em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São José dos Campos, SP, Brasil.

³ Engenheiro químico. Doutorando, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São José dos Campos, SP, Brasil.

⁴ Graduação em Engenharia de materiais. Escola de Engenharia de Lorena (EEL), USP, Lorena, SP, Brasil.

⁵ Engenheira química. Sócia Titular da ABM. Professora Adjunta, Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São José dos Campos, SP, Brasil.

⁶ Engenheiro metalurgista. Sócio Titular da ABM. Professor Associado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Os metais e ligas têm um comportamento complexo de deformação em temperaturas elevadas, mudando os parâmetros de processamento e condições de aplicação. Superligas são materiais projetados para funcionar por longos períodos em atmosferas altamente oxidantes e corrosivas, submetidas a elevadas temperaturas e tensões.⁽¹⁾

O Inconel 718 pertence a uma classe de superliga níquel-ferro. Esta superliga tem sido de grande importância para o setor aeroespacial, sendo utilizada principalmente em componentes de turbinas devido a sua capacidade de realizar trabalhos em ambientes de alta agressividade. Para a sua aplicabilidade é necessário que passe por algum tipo de tratamento térmico. O tratamento térmico usado é o de duplo envelhecimento, para a precipitação de fases endurecedoras na matriz. Na composição da superliga de Inconel há duas fases que dão a este material resistência mecânica. A fase gama linha (γ') e a fase gama duas linhas (γ''). As fases γ' e γ'' são compostas por $Ni_3(Al,Ti)$ e (Ni_3Nb) consecutivamente, e estas fases fazem com que haja uma resistência ao movimento de discordância e conseqüentemente o aumento da resistência mecânica. A principal é a gama duas linhas, que é a mais resistente, pois esta resiste mais à temperatura. A temperatura máxima de trabalho do Inconel é 650° C, após esta temperatura ocorre a transformação de fase, onde a γ'' se transforma em fase δ (delta) que tem a estrutura ortorrômbica, responsável pela fragilização do material.⁽²⁻⁴⁾ Neste trabalho utilizou-se o tratamento térmico de duplo envelhecimento na superliga de Inconel 718 para que houvesse a precipitação de fases endurecedoras. Esse tratamento aconteceu em duas etapas: tratamento de solubilização e envelhecimento.

2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A superliga Inconel 718 utilizada neste trabalho foi adquirida da empresa Multialloy. O material foi obtido por fusão em forno VIM (forno de indução a vácuo), refusão em VAR (refusão a arco sob vácuo), tratamento térmico de homogeneização, forjamento e posteriormente solubilização. O material assim obtido é denominado neste trabalho como Inconel 718 como recebido (CR). A etapa do tratamento térmico de duplo envelhecimento esta descrita no item 2.2.

2.1 Composição Química

A composição química da superliga Inconel 718 fornecida pela Multialloy esta representada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição da superliga Inconel 718

Inconel 718 (%p/p)							
Cr	Ni	Si	Mo	Ti	Nb	Fe	Al
18,94	54,47	0,04	1,35	1,05	5,89	17,99	0,27

2.2 Tratamento Térmico de Duplo Envelhecimento

Os corpos de provas foram encapsulados a vácuo em tubos de quartzo de diâmetro interno de 21,0 mm e colocados em um forno tubular Lindberg/Blue M(100V50A/50KW), sob atmosfera de argônio. Esse tratamento foi realizado na

Escola de Engenharia de Lorena (EEL-USP), no Departamento de Engenharia de Materiais. As etapas do tratamento térmico de duplo envelhecimento estão descritas na Figura 1.

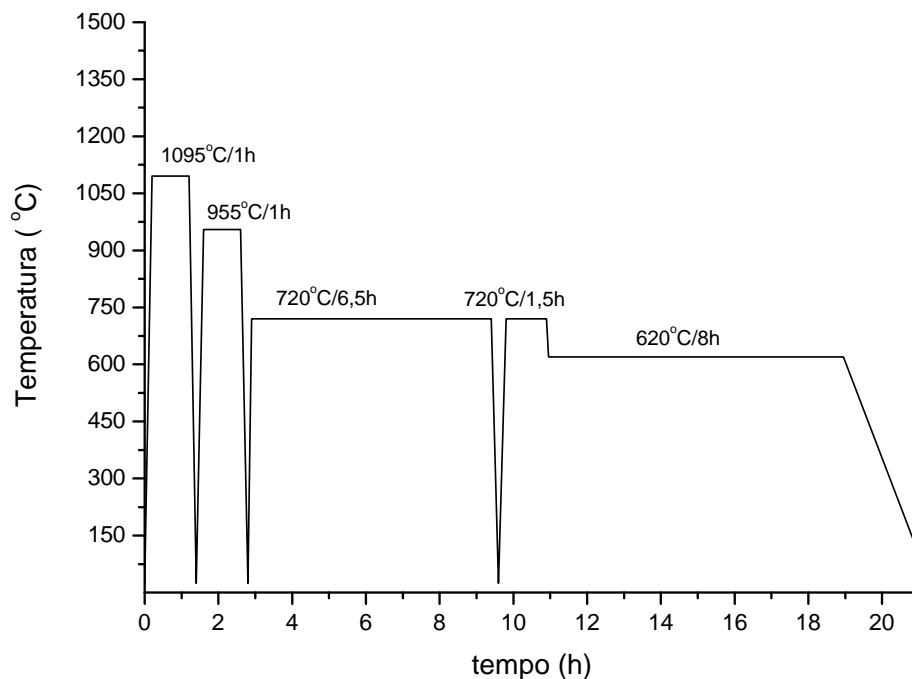


Figura 1. Tratamento térmico de duplo envelhecimento.

2.3 Ensaio de Fluência

Foi realizado o ensaio de fluência, na amostra envelhecida e na amostra como recebida, na condição de 650°C a uma tensão de 319 MPa. Neste trabalho analisou-se a microestrutura por microscopia óptica da superliga Inconel 718, com e sem envelhecimento após ensaio de fluência, não sendo analisados os resultados do ensaio de fluência propriamente ditos.

2.4 Preparações Metalográfica

A preparação das amostras para análise de microscopia óptica seguiu os padrões usuais de metalografia, ou seja, embutimento a quente (150°C) sob pressão de 21 MPa, seguido do lixamento manual com lixas à base de SiC, na sequência de 320, 680 e 1.200 mesh. O polimento foi realizado com uma solução de pasta de diamante de 6µm e 1µm respectivamente. Após a amostra estar espelhada foi feito um ataque químico com solução de glicerégia.

2.5 Microscopia Óptica

As imagens foram obtidas do microscópio Zeiss Axio Scope A1 Bio. O equipamento utilizado pertence ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), campus São José dos Campos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2 e 3 mostram as micrografias das amostras que não foram submetidas ao ensaio de fluência, são amostras com e sem tratamento de duplo envelhecimento, respectivamente.

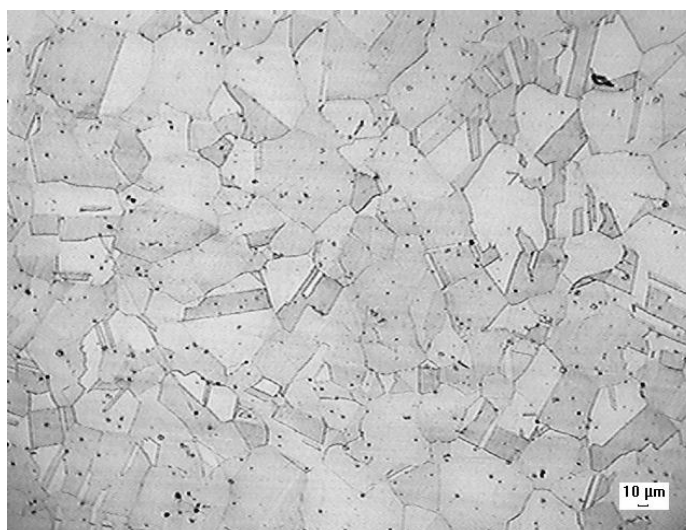


Figura 2. Micrografia do Inconel 718 após tratamento de duplo envelhecimento.



Figura 3. Micrografia do Inconel 718 sem tratamento de duplo envelhecimento.

A Figura 4 mostra a liga como recebida (sem tratamento térmico de duplo envelhecimento) e que foi submetida ao ensaio de fluência. Pode-se observar para o Inconel 718 sem tratamento após o ensaio de fluência, um aumento do grão da liga e deformação do grão no sentido da tensão aplicada (aumento no tamanho de grão de 8,20 para 8 ASTM), como mostrado na Tabela 2.

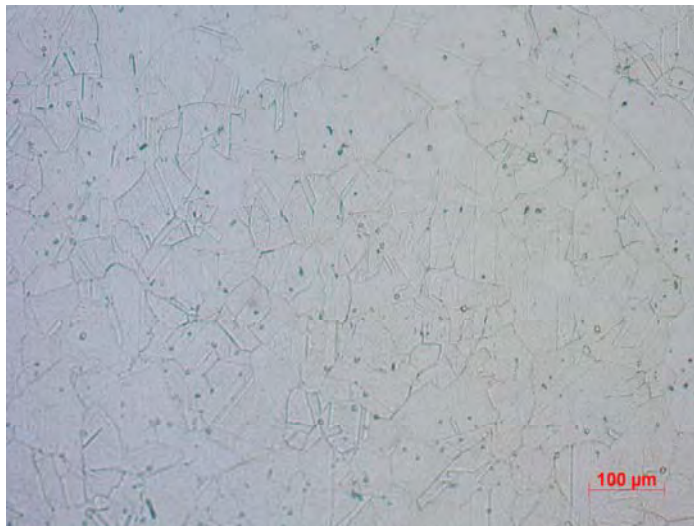


Figura 4. Micrografia do Inconel 718 após o ensaio de fluência sem o tratamento térmico.

A Figura 5 apresenta a liga envelhecida e que foi submetida ao ensaio de fluência. Observa-se na Figura 5, precipitados ao longo do contorno de grão, possivelmente tratando-se da fase delta, que pode ter precipitado durante o ensaio de fluência.⁽⁵⁾ Conforme os resultados de tamanho de grão para o Inconel 718 envelhecido, observa-se o aumento do tamanho médio de grão para 7,27 ASTM.

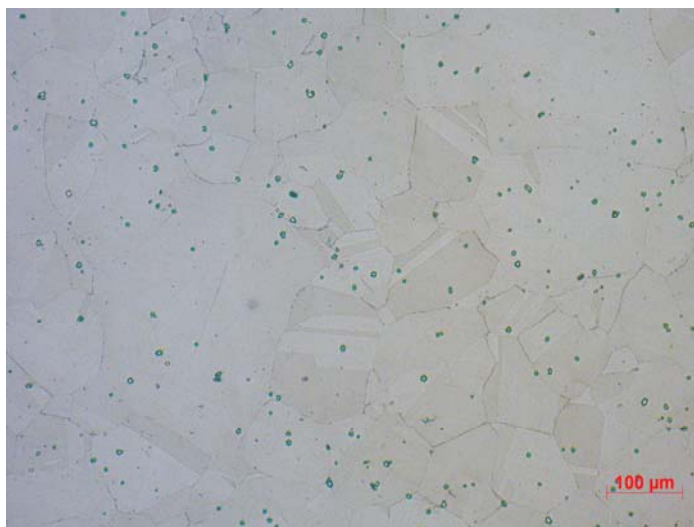


Figura 5. Micrografia do Inconel 718 envelhecido após o ensaio de fluência.

Tabela 2. Tamanho de grão - Inconel 718 (antes e após ensaio de fluência)

Inconel 718	Tamanho médio do grão ASTM	Desvio
Como recebido	8,08	0,11
Como recebido (após ensaio)	8,02	0,09
Duplo envelhecido	7,40	0,16
Duplo envelhecido (após ensaio)	7,27	0,04

4 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que a superliga Inconel 718 como recebida, submetida ao ensaio de fluência, apresentou um aumento do grão da liga e deformação do grão no sentido da tensão aplicada. Para a amostra

envelhecida e que foi submetida ao ensaio de fluência, observa-se precipitados ao longo do contorno de grão, possivelmente tratando-se da fase delta que pode ter precipitado durante o ensaio de fluência. Percebe-se também um aumento do tamanho de grão em relação à liga como recebida.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem o apoio financeiro concedido pela Capes e CNPq.

REFERÊNCIAS

- 1 M. Donachie, Jr., S. Donachie. Superalloys: A technical guide – 2nd ed. ASM International.
- 2 Slama C., Abdellaoui M. Structural characterization of the aged Inconel 718. *Journal of Alloys and Compounds* (2000), 306 (1-2), pp. 277-284.
- 3 Alam, T., Chaturvedi, M., Ringer, S.P., Cairney, J.M. Precipitation and clustering in the early stages of ageing in Inconel 718. *Materials Science and Engineering A* (2010), 527 (29-30), pp. 7770-7774
- 4 Sims, T.S, Stoloff, N., Hagel W.C. Superalloys II: High Temperature Materials for Aerospace and Industrial Power, ed. John Willey, New York, 1987.
- 5 Kuo C.-M., Yang Y.-T., Bor H.-Y., Wei C.-N., Tai C.-C. Aging effects on the microstructure and creep behavior of Inconel 718 superalloy. *Materials Science and Engineering A* (2009), 510-511 (C), pp. 289-294.