Estudo preliminar da liga Inconel 718 a partir de radiação síncrotron

MARTINS, Gabriela Kobelnik[1]; das NEVES, Guilherme Almeida[1]; de OLIVEIRA, Willian Rafael[1]; CINTHO, Osvaldo Mitsuyuki[2]; de SOUZA, Gelson Biscaia[3];

Universidade Estadual de Ponta Grossa – Programa de Pós-Graduação em Ciências/Física[1]
Universidade Estadual de Ponta Grossa – Departamento de Engenharia de Materiais[2]
Universidade Estadual de Ponta Grossa – Departamento de Física[3]

gabi.kobelnik@gmail.com[1]

Palavras-Chave: Inconel 718; Difração síncrotron; Nitretação por plasma.

Resumo

A crescente demanda aeroespacial exige materiais de alta resistência em condições extremas. A liga Inconel 718 é frequentemente utilizada nesse contexto, revestida por barreira térmica. Propõe-se a nitretação por plasma como estratégia para elevar a resistência do revestimento superficial. Para isso, grãos atomizados da liga foram nitretados pelo método *glow discharge* (GD) e analisados por difração síncrotron de baixo ângulo com rampas de temperatura. O objetivo foi analisar em tempo real a evolução das fases da Inconel 718, simulando sua aplicação.

I. Introdução

Em razão da crescente demanda por materiais com alto desempenho para a indústria aeroespacial, estudos sobre materiais que apresentem esse quesito vêm sendo impulsionados. Espera-se que esses materiais apresentem elevada resistência mecânica e à corrosão, em condições de temperaturas extremas, sem sofrer alterações significativas. Por conta disso, superligas compostas de Ni, Fe-Ni e Co são comumente utilizadas nessa área devido à sua estabilidade térmica e resistência (DOLEKER et al., 2019; REED, 2006; ZHANG; ZHAO, 2013).

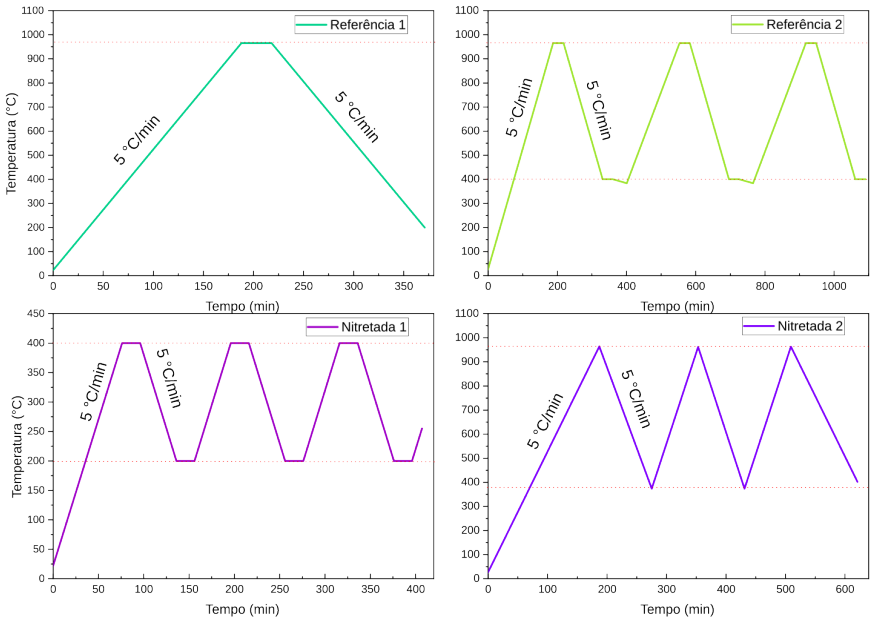
Para melhorar o desempenho e a durabilidade, normalmente são utilizados revestimentos na superfície das peças que prolonguem a sua utilização nos ambientes de aplicação; um exemplo é o revestimento de barreira térmica (ZHANG; ZHAO, 2013). Possivelmente, sua eficiência pode ser aprimorada ao aplicar esses revestimentos em superfícies previamente nitretadas por plasma, o que promoverá a formação de uma camada contendo a fase S, austenita expandida com nitrogênio, γ_N (PYE, 2003).

Neste estudo pretende-se avaliar a estabilidade térmica da fase S sob condições que remetam àquelas da aplicação final do produto. Por meio de estudos *in situ* em altas temperaturas, busca-se determinar as propriedades básicas da fase, bem como compreender a evolução estrutural da superfície modificada quando esta é submetida a condições extremas de temperatura, considerando-se a superliga de níquel.

II. Fundamentação Teórica/Materiais e Métodos

Utilizaram-se grãos atomizados policristalinos da superliga de níquel Inconel 718, com diâmetro inferior a 30 μm, para caracterização *in situ* nas dependências do CNPEM/Sirius. O material foi nitretado por plasma, método GD, em 350 °C por 4 h, resultando em superfícies com fase S predominante ou uma camada estratificada de nitretos + fase S. Para os ensaios de difração de raios X na linha de luz PAINEIRA, as amostras foram acondicionadas em capilares de 1,0 mm de diâmetro, sob fluxo de hélio para evitar a oxidação. Os materiais foram submetidos a rampas de aquecimento distintas, as quais são apresentadas na Figura 1.

Fig. 1. Rampas de temperaturas das amostras.

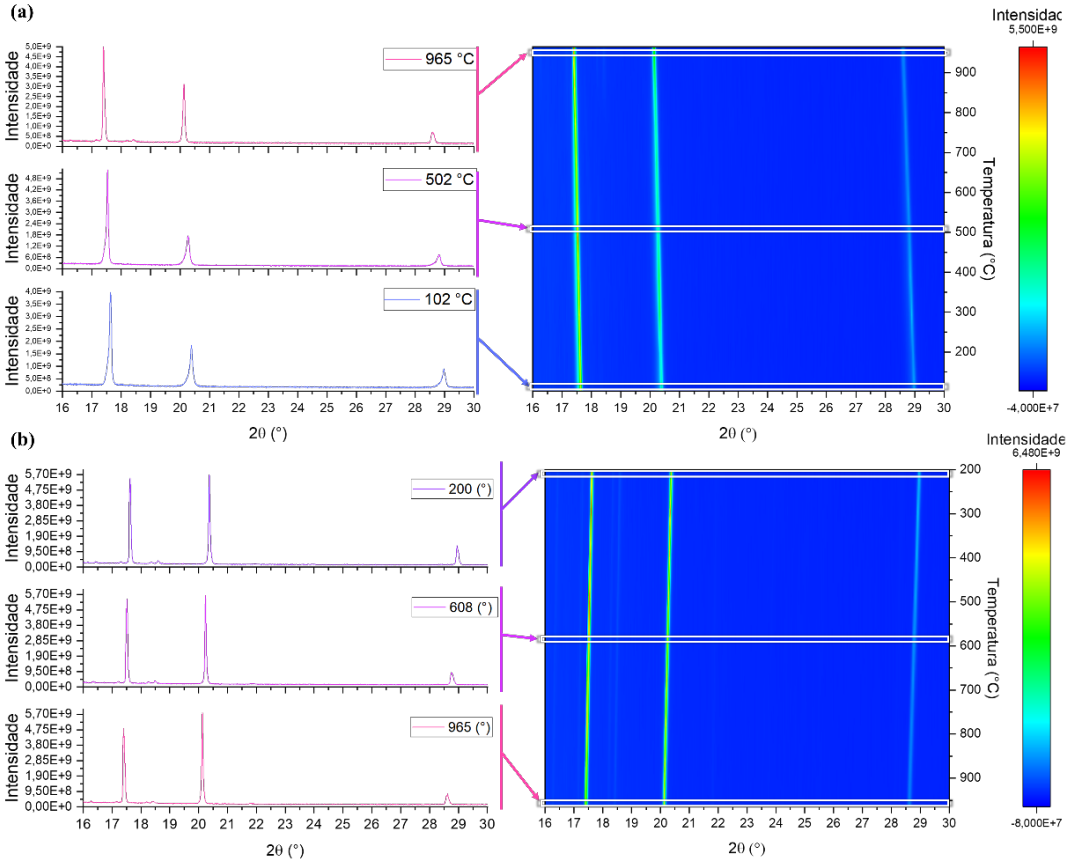


Fonte: A autora.

III. Resultados

Realizaram-se análises *in situ* da evolução estrutural do material em função da temperatura, com ênfase na interpretação do mapa de contorno. Essa estratégia permitiu acompanhar, de forma contínua e visual, as alterações nos padrões de difração ao longo do aquecimento, Figura 2(a), e resfriamento, Figura 2(b), revelando deslocamentos sistemáticos dos picos característicos.

Fig. 2. Mapas de contorno mostrando a evolução dos padrões de difração em função da temperatura durante (a) aquecimento e (b) resfriamento.



Fonte: A autora.

Na medida em que o sistema é aquecido, nota-se o deslocamento gradual das posições angulares dos picos de difração, o que indica variação no parâmetro de rede do material. Observa-se um deslocamento gradual e contínuo em grande parte da faixa térmica enquanto, na proximidade de 965 °C, as modificações tornam-se mais acentuadas, sugerindo transformações estruturais mais intensas nessa região.

Visualmente, o mapa de contorno também revela diferenças na intensidade e no perfil dos picos, com regiões de maior definição alternando-se com zonas de alargamento, possivelmente associadas a alterações microestruturais durante a rampa de aquecimento.

A análise integrada do gráfico permite, portanto, correlacionar diretamente a temperatura com as modificações estruturais observadas. Como etapa subsequente deste estudo, pretende-se realizar a indexação dessas alterações e a quantificação do parâmetro de rede, as microdeformações cristalinas e a intensidade integrada dos picos associados à fase S.

IV. Conclusões

A análise inicial dos dados coletados no CNPEM, referente às amostras de referência, demonstrou a variação do parâmetro de rede conforme o esperado, juntamente com as mudanças estruturais da fase em relação à variação de temperatura.

Diante do exposto, espera-se que este estudo contribua para o entendimento e o aperfeiçoamento dos tratamentos de superfície aplicados à liga Inconel 718, bem como para o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em superligas de níquel.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao C-LABMU/UEPG e ao CNPEM pelo apoio e infraestrutura disponibilizados, bem como à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – (88887.153068/2025-00), pelo suporte financeiro.

Referências

DOLEKER, K. M. et al. Effect of high temperature oxidation on inconel 718 and inconel 718/ysz/$gd_2zr_2o_7$. **Materials Research Express**, v. 6, n. 8, p. 086456, 2019.

PYE, D. **Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing**. 1. ed. Materials Park, OH: ASM International, 2003.

REED, R. C. **The Superalloys: Fundamentals and Applications**. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2006.

ZHANG, S.; ZHAO, D. **Aerospace Materials Handbook**. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013.