

# Estudo da microestrutura da liga Ti-6Al-4V nitretada superficialmente por plasma e influência de elementos de liga à base tial nas propriedades mecânicas desta liga

Aluna: Giovanna Lucchesi Maset e Antônio Augusto Couto  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

## INTRODUÇÃO

O titânio e suas ligas vêm ganhando destaque na área comercial e industrial devido às excelentes propriedades que apresentam, tais como alta resistência mecânica e excepcional resistência à corrosão. A baixa densidade apresentada por estas ligas ( $\sim 4,0 \text{ g/cm}^3$ , dependendo da composição) favorece o seu emprego em produtos e em aplicações em que leveza é importante. Já o seu alto ponto de fusão, resistência mecânica e resistência à oxidação sob elevadas temperaturas, torna-o propício para utilização em usinas de energia, aeronaves, aplicações nucleares, dentre outras engenharias industriais [3].

## OBJETIVO

Foi avaliada, através de métodos como metalografia, difração de raios-X e microscopia óptica, a microestrutura da liga Ti-6Al-4V, nitretada superficialmente por plasma, pelo tamanho, formato e orientação de grão apresentado. Através destes mesmos métodos, foi estudada a influência da camada de nitretação nos corpos de prova submetidos à ensaios de fluência, nas propriedades mecânicas desta liga.

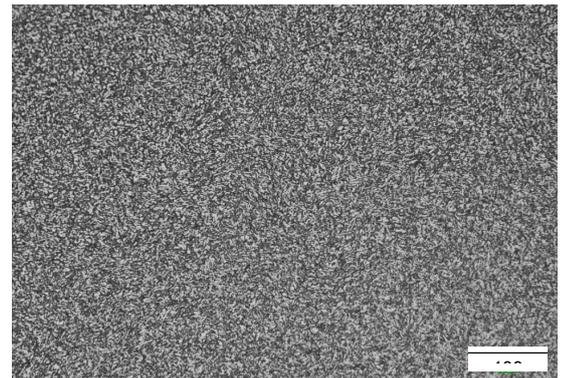
## METODOLOGIA

O estudo laboratorial foi realizado totalmente nos laboratórios do IPEN, dentre eles: metalografia da liga, difração de Raios-X e análise por microscopia óptica. A preparação das amostras para análise via microscopia óptica seguiu os padrões usuais de metalografia, ou seja, embutimento a quente ( $150^\circ\text{C}$ ), seguido do lixamento manual com lixas à base de SiC, na sequência de 120, 240, 400 e 600. O polimento foi feito com uma solução de sílica coloidal. As amostras foram então, analisadas via MO e comparadas entre si, antes e depois do tratamento superficial e teste de resistência à fluência à qual foram submetidas, sobre o aumento de resistência mecânica através de caracterização de microestrutura das mesmas.

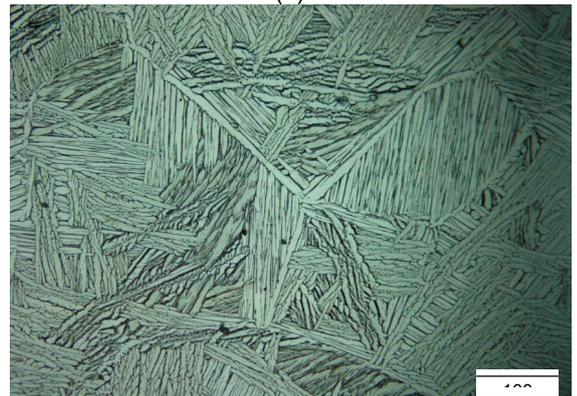
## RESULTADOS

### 1.1 Microscopia Óptica (MO)

Para caracterização da microestrutura obtida no tratamento térmico foram realizadas imagens das amostras por MO. Na Figura 1 são apresentadas imagens da microestrutura equiaxial com grãos menores antes do tratamento térmico (a) e Widmanstätten, estrutura lamelar onde a fase  $\alpha$  está localizada na região clara, obtida após o tratamento (b).



(a)



(b)

Figura 1 – Microestrutura da liga Ti-6Al-4V (a) antes e (b) depois do tratamento térmico.

A Figura 2 apresentada a imagem obtida por MO da seção longitudinal do corpo de prova da liga após ensaio de fluência na condição  $500^\circ\text{C}$  e a Figura 3  $700^\circ\text{C}$ , ambas a 319 MPa. Comparando as duas condições, parece que no ensaio a temperatura mais elevada houve uma recristalização dos grãos, evidenciada por grãos menores próximos à fratura e também uma fratura mais lisa [1].

Comparando a geometria dos corpos de prova de fluência ensaiados na mesma temperatura, a  $600^\circ\text{C}$ , mostrados nas Figuras 4, 5 e 6 a 125, 250 e 319 MPa respectivamente, pode se observar uma seção mais reduzida na amostra ensaiada a 125 MPa (Figura 4), devido a essa geometria a tensão tornou-se mais alta e causou um arrancamento irregular das bordas.



Figura 2 – Microscopia óptica da seção longitudinal do corpo de prova de fluência testado a 500°C e 319 MPa.

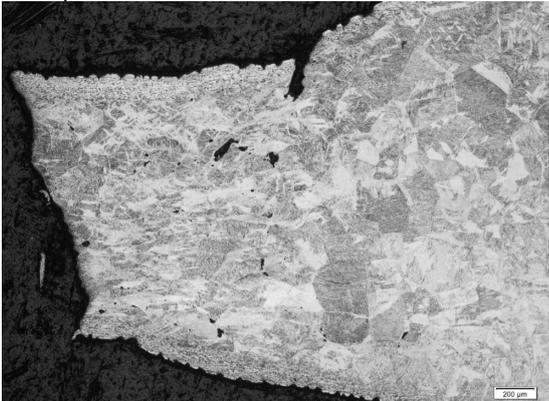


Figura 3 - Microscopia óptica da seção longitudinal do corpo de prova de fluência testado a 700°C e 319 MPa.

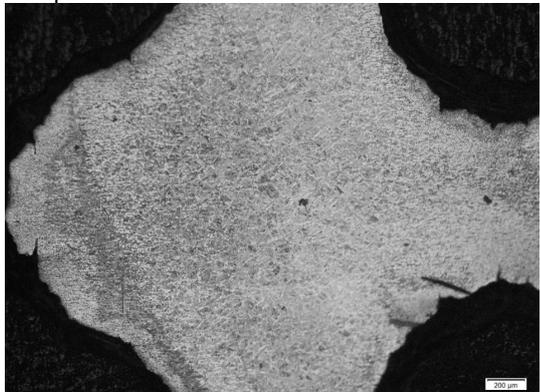


Figura 4 - Microscopia óptica da seção longitudinal do corpo de prova de fluência testado a 600°C e 125 MPa.



Figura 5 - Microscopia óptica da seção longitudinal do corpo de prova de fluência testado a 600°C e 250 MPa.

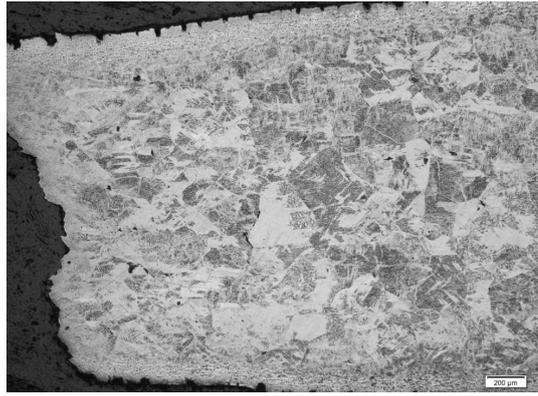


Figura 6 - Microscopia óptica da seção longitudinal do corpo de prova de fluência testado a 600°C e 319 MPa.

## CONCLUSÕES

Ao observar a camada nitretada só é possível identificar uma fase presente (cinza mais escuro), isso pode ser explicado devido ao nitrogênio ser um elemento estabilizador da fase  $\alpha$  que pode ter causado um envelopamento formando assim uma camada contínua.

A formação de camada superficial de nitretos gerou uma tensão superficial compressiva que deve ter contribuído para o aumento da resistência do material à fluência. Outro fator importante associado à formação desta camada é a de que ela pode agir como barreira para difusão do oxigênio no material, contribuindo para o aumento da resistência à fluência [1; 2].

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, G. F. C. **Estudo do comportamento mecânico em temperaturas elevadas da liga Ti-6Al-4V após tratamento superficial de nitretação por plasma.** 2016. Doutorado em Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
- [2] PÉREZ, P. Influence of nitriding on the oxidation behaviour of titanium alloys at 700 °C. **Surface and Coatings Technology**, v. 191, n. 2–3, p. 293–302, fev. 2005.
- [3] TETSUI, T.; MIURA, Y. **Heat-resistant Cast TiAl Alloy for Passenger Vehicle Turbochargers.** 2002. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

IPEN/CNPq/PIBIC