

## INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO NO EFEITO DE BORDA DO AÇO INOXIDÁVEL SUPER DUPLEX

### UNS 32750 NITRETADO POR PLASMA

João Felipe Vieira Lima; Rodrigo Perito Cardoso; Silvio Francisco Brunatto  
 Laboratório de Tecnologia de Pós e Plasma – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica  
 Universidade Federal do Paraná, PR, Brasil  
 \*e-mail: joaofelipe\_12@hotmail.com/ Tel. +55 41 3361-3231



## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novos materiais e processos é fortemente motivado pela demanda industrial. Neste contexto, a pesquisa de novas técnicas de tratamento, a fim de adaptar as propriedades dos materiais existentes a novas aplicações e/ou a condições operacionais mais severas, está em constante crescimento. Dentre os materiais destacam-se os aços inoxidáveis. Estes aços têm excelente resistência à corrosão, devido à sua camada de óxido passiva. Entre os aços inoxidáveis, os aços duplex ou super-duplex têm propriedades superiores quando comparados a outros aços inoxidáveis, no entanto, a baixa resistência ao desgaste torna esses materiais pouco atraentes para algumas aplicações. Assim, para proporcionar um aumento na resistência ao desgaste superficial, os tratamentos termoquímicos como nitretação assistida por plasma são uma opção, mas, para temperaturas acima de 400 °C, o aumento da dureza superficial é geralmente acompanhado por uma perda de resistência à corrosão. Assim, o potencial dos tratamentos termoquímicos assistidos por plasma está nas excelentes propriedades superficiais obtidas através da sua aplicação a baixa temperatura. No entanto, o processo pode apresentar algumas desvantagens, como o fenômeno conhecido como efeito de borda, que produz uma superfície tratada não uniforme quando a amostra (ou componente) apresenta bordas. Este efeito ocorre principalmente no tratamento de materiais contendo um alto teor de elementos, como os aços inoxidáveis super-duplex.

## OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é analisar as características do efeito de borda formado em aço inoxidável duplex, como a dureza e a espessura da camada, quando submetidas a nitretação por plasma a baixa temperatura.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostras:

- Aço inoxidável duplex UNS 32750 (20x20x2mm), com superfície plana polida.

### Condições de tratamento

#### Limpeza do plasma:

- 0,5 h a 300°C em 80% H<sub>2</sub> + 20% Ar.

#### Nitretação:

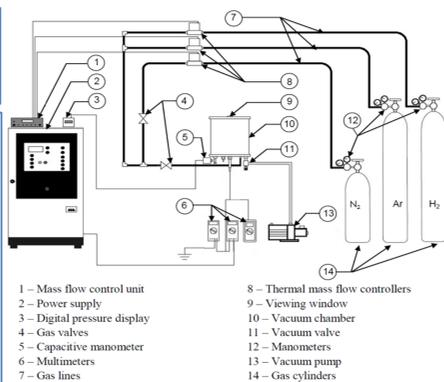
- Temperaturas: 300, 350, 400 e 450°C.
- Tempo: 4 h.
- Mistura de gases: 70% N<sub>2</sub> + 20% H<sub>2</sub> + 10% Ar

#### Parâmetros fixos:

- Frequência de pulso: 4,2 kHz
- Tensão de pico: 700V
- Fluxo de gás: 200 sccm
- Pressão: 3 Torr

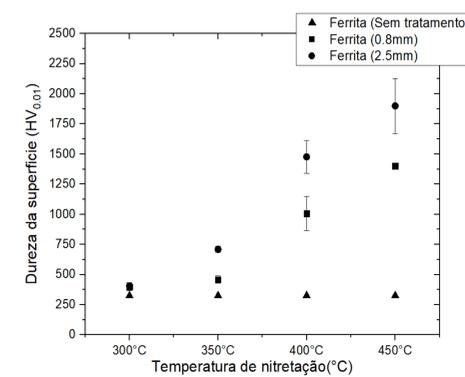
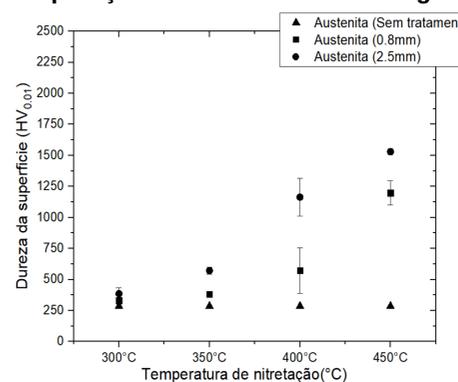
#### Caracterização:

- Análise de superfícies por microscopia ótica, teste de microdureza, medidas de espessura de camada, medidas por DRX e análise microestrutural da seção transversal das amostras tratadas.



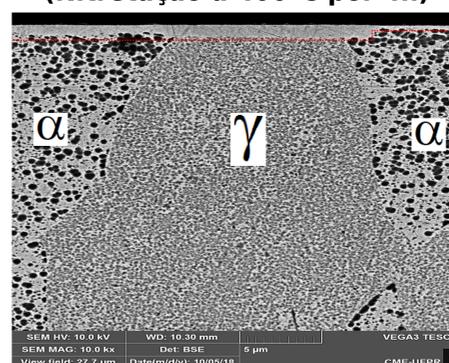
### Análise de microdureza

Comparação entre as durezas na região do efeito de borda e do centro da amostra.

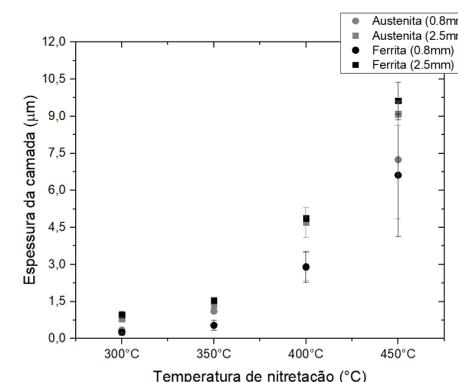


### Análise da espessura da camada

Camada na região de transição (Nitretação a 400°C por 4h)



### Comparação entre a espessura da camada na região do efeito de borda e do centro da amostra.

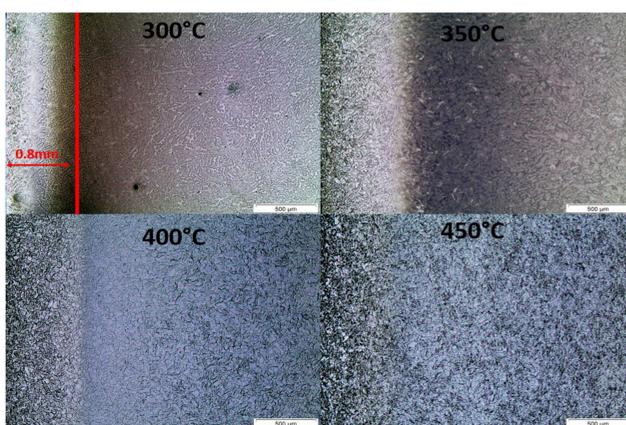


## RESULTADOS E DISCUSSES

- O efeito de borda é caracterizado por uma região brilhante próximo a borda e é causado pelo alto nível de bombardeamento iônico de forma frontal e lateral nesta região. Este efeito causa um super-tratamento na borda, porém em regiões próximas a ela ocorre uma perturbação do campo elétrico, deixando-as pouco tratadas, consequentemente sem camada, ocasionando a baixa dureza desta região escura.

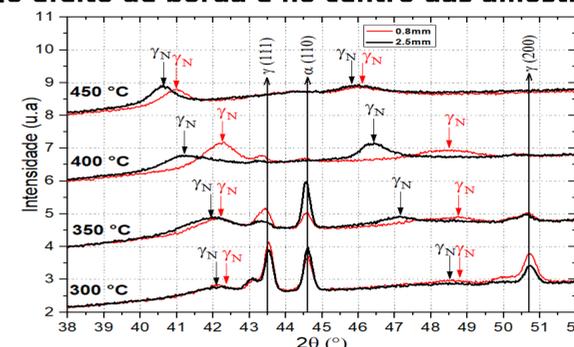
### Análise da superfície nitretada

#### Análise do efeito de borda na superfície das amostras nitretadas.



### Análise por DRX

#### Diferença entre os padrões de difração de raios X da região no efeito de borda e no centro das amostras.



## CONCLUSÕES

- A partir da análise da superfície tratada, é possível inferir, através da região com o maior brilho, que o efeito de borda está presente na nitretação do duplex UNS 32750 e que este efeito aumenta com a temperatura.
- A análise da microdureza da superfície das amostras nos permite concluir que esta é uma região que causa uma não uniformidade nas propriedades da camada, uma vez que possui menor dureza.
- A espessura da camada nitretada na região do efeito de borda é menor que no centro da amostra
- A análise XDR mostra uma diferença de intensidade e expansão dos picos, permitindo concluir que na região do efeito de borda há uma nitretação "menos eficiente".