

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO AÇO INOXIDÁVEL 17-4 PH NITRETADO UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS

Ane Caroline Celestino Silva¹, Lucas da Silva Vicente¹, Christian Egídio da Silva², Cristina de Carvalho Ares Elisei¹, Sérgio Roberto Montoro¹

¹FATEC – Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba-SP/Depto Processos Metalúrgicos, sergio.montoro@fatec.sp.gov.br

²OneSubsea – Taubaté-SP/Depto Desenvolvimento e Qualidade de Fornecedores, csilva56@onesubsea.slb.com

Resumo

Neste trabalho será apresentada a caracterização microestrutural do aço inoxidável 17-4 PH martensítico destinado à indústria petroquímica. Este foi endurecido por precipitação, via tratamento térmico de solubilização. Posteriormente, passou pelo processo de tratamento superficial de nitretação líquida, provedor de nitrogênio, elevando a dureza superficial do material e resistência à corrosão. Para a caracterização morfológica utilizou-se técnicas metalográficas, que consiste em etapas de preparação de amostra, onde se realiza lixamento e polimento para a remoção das imperfeições superficiais; ataque químico corrosivo com a finalidade de revelar os microconstituintes do metal e microscopia ótica a fim de examinar a superfície da amostra.

Palavras-chave: aço inoxidável 17-4 PH, caracterização, petroquímica, metalografia.

Área do Conhecimento: Engenharia Metalúrgica/Materiais.

Introdução

De acordo com Oliveira *et al* (2013), na indústria petroquímica são utilizados equipamentos metálicos, feitos em aço-carbono de alta liga, estes são fundamentais no auxílio do transporte de petróleo e seus derivados. Esses componentes extraídos do pré-sal contribuem com o aceleração do processo corrosivo nos equipamentos de trabalho tornando-se inevitável a perda e espessura do mesmo. Devido à necessidade de obter-se mais controle da taxa de corrosão nos equipamentos, novas tecnologias são estudadas e desenvolvidas na fabricação de aços inoxidáveis, minimizando custo de manutenção e perda total dos equipamentos.

Os aços inoxidáveis martensíticos segundo Colpaert (2008) são considerados equivalentes aos aços utilizados para tempera e revenimento sendo eles ao carbono ou ligados, contendo a principal diferença no teor de cromo que é o elemento responsável por produzir alta temperabilidade, abaixamento da temperatura de início da formação de martensita e aumentando a resistência do amolecimento no revenimento. O processo de austenitização dos inoxidáveis martensíticos ocorre em temperaturas elevadas (de 925 a 1070°C), para que haja uma completa dissolução dos carbonetos presentes no aço a fim de obtermos uma autenista uniforme.

Através de análises metalográficas no aço podem-se medir características micros e macroestruturais, testar hipóteses e características do material, realizando a investigação de causas estruturais deste comportamento. É importante distinguir o objetivo da avaliação, realizar medidas de uma característica apenas ou determinar hipóteses sobre esta característica (COLPAERT, 2008).

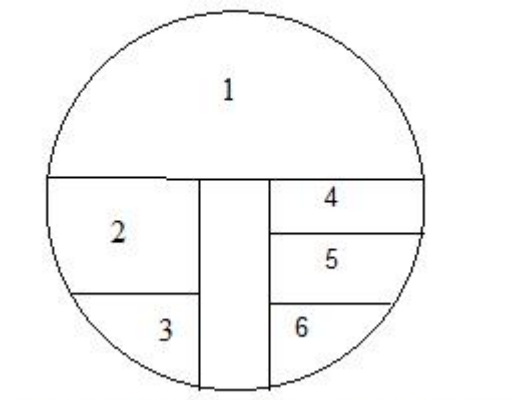
O estudo do aço inoxidável 17- 4PH visa caracterizar a morfologia estrutural do material e a uniformidade da camada nitretada aplicada como revestimento contra corrosão e endurecimento superficial.

Metodologia

O material estudado é uma peça usinada de seção cilíndrica em aço inoxidável 17-4PH nitretada com 50 mm de diâmetro e 20 mm de espessura, dividido em varias partes para a realização de uma

varredura na amostra a fim de identificar se o processo gerou uma uniformidade da camada e se não surgiram defeitos na mesma. Conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Esquema do corte das amostras.



Fonte: os autores

Amostra 1 – Foi realizado um corte para analisar todo contorno da amostra. Este teve a finalidade de macrografia para detectar se é possível a visualização da camada macrograficamente e a uniformidade na mesma.

As amostras (2, 3, 4, 5, 6) foram cortadas como ilustra a Figura 1, para a realização de varredura total da peça caracterizando possíveis não uniformidades, defeitos da camada e se haveria diferença na camada da borda ate o centro da amostra.

Os testes foram realizados no Laboratório de Metalografia da FATEC Pindamonhangaba. As amostras foram seccionadas nas direções longitudinais e transversais, em uma maquina de corte metalográfica, CUT OFF 2 Arocor 40 da Arotec com disco de corte abrasivo para materiais duros e refrigeração adequada, em seguida foram realizados embutimentos a quente na PRE 40 Mi, Arotec de 35mm de diâmetro com sistema de aquecimento e refrigeração digital.

O lixamento foi realizado em lixadeira circular automática Aropol 2V da Arotec com refrigeração em água, lixas d'água comuns de carbeto de silício (SiC) granulométricas de 180, 240, 320, 400, 600, 800, 1200, 1500, 2000. O processo de polimento foi realizado em uma politriz Aropol 2V da Arotec com refrigeração em água destilada com abrasivo Alumina 1 μ m (Arotec) e 0,03 μ m (Pantec). Posteriormente foram lavadas com água destilada, álcool etílico e secadas a ar quente.

O ataque químico para revelação microestrutural foi efetuado com reagente Marble indicada para aços inoxidáveis durante 5s, este reagente tem por objetivo a revelar a camada nitretada além da estrutura da matriz do aço, conforme recomendação do Metals Hand Book, para as análises metalográficas baseado nas normas ASTM E 3-95 6 – “Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens” e ASTM E 407-937 – “Standard Practice for Microetching Metals and Alloys” para a especificação da microestrutura.

Resultados

A composição química e estrutura de um aço são responsáveis pela sua caracterização de suas propriedades, estes podem ser feitos por diversos métodos e técnicas de análise química. Técnicas metalográficas são utilizadas para a caracterização micro e macroestrutural.

Segundo Coalpaert (2008), a maior parte das características estruturais determinantes para o desempenho dos metais esta na faixa de 10 mm até 1 mm, faixa coberta por diversas técnicas metalográficas, sendo assim a importância desta análise para desenvolvimento e controle das características do aço.

O aço inoxidável 17-4PH, possui a família de aços inoxidáveis martensíticos, capaz de oferecer uma ampla gama de propriedades mecânicas elevadas (até 1400 MPa) e boa resistência a corrosão, através de diferentes ciclos de tratamento térmicos. Material muito utilizado nas indústrias de petroquímica, aeronáutica, naval, nuclear, cirúrgica, entre outras. Abaixo na tabela 1 informa-se a composição química do aço.

Tabela 1 – composição química do aço inoxidável 17-4PH.

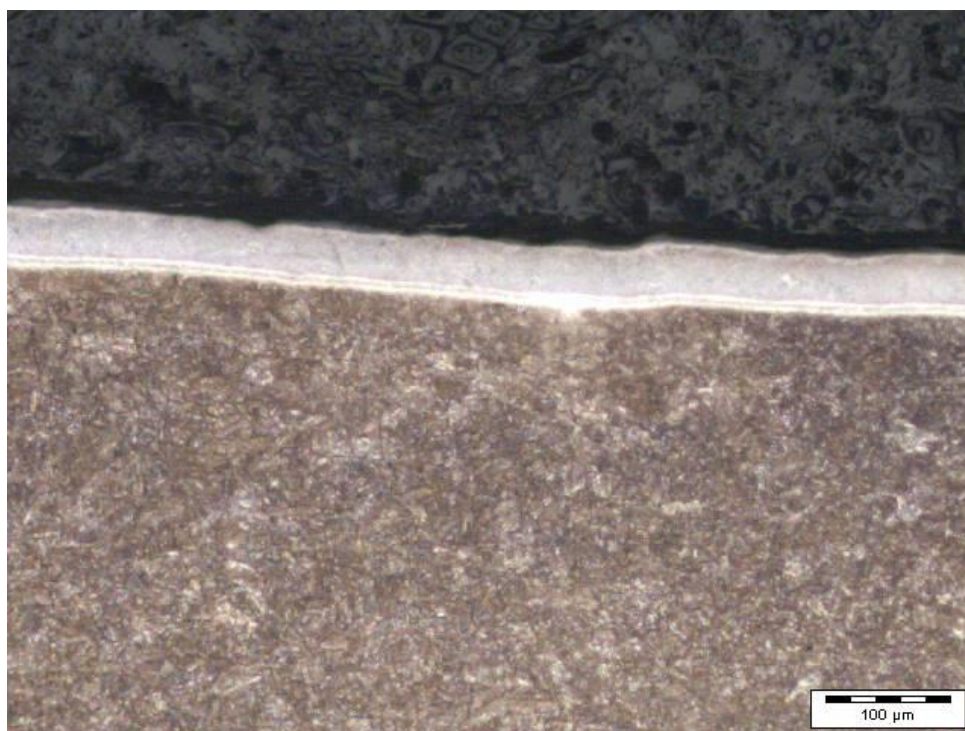
%	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	S	P
Min.	-	-	-	3,00%	15,0%	-	3,00%	5 x C	-	-
Max.	0,07%	0,70%	1,50%	5,00%	17,0%	0,60%	5,00%	0,45	0,030%	0,040%

Fonte: EN 100088-3.

Após o ataque químico, com a análise metalográfica por microscopia óptica conseguiu-se a visualização da superfície do aço e percebeu-se que o ataque realizado foi bem-sucedido, pois o mesmo possibilitou a revelação da estrutura e a morfologia do inox, bem como também o tratamento superficial realizado.

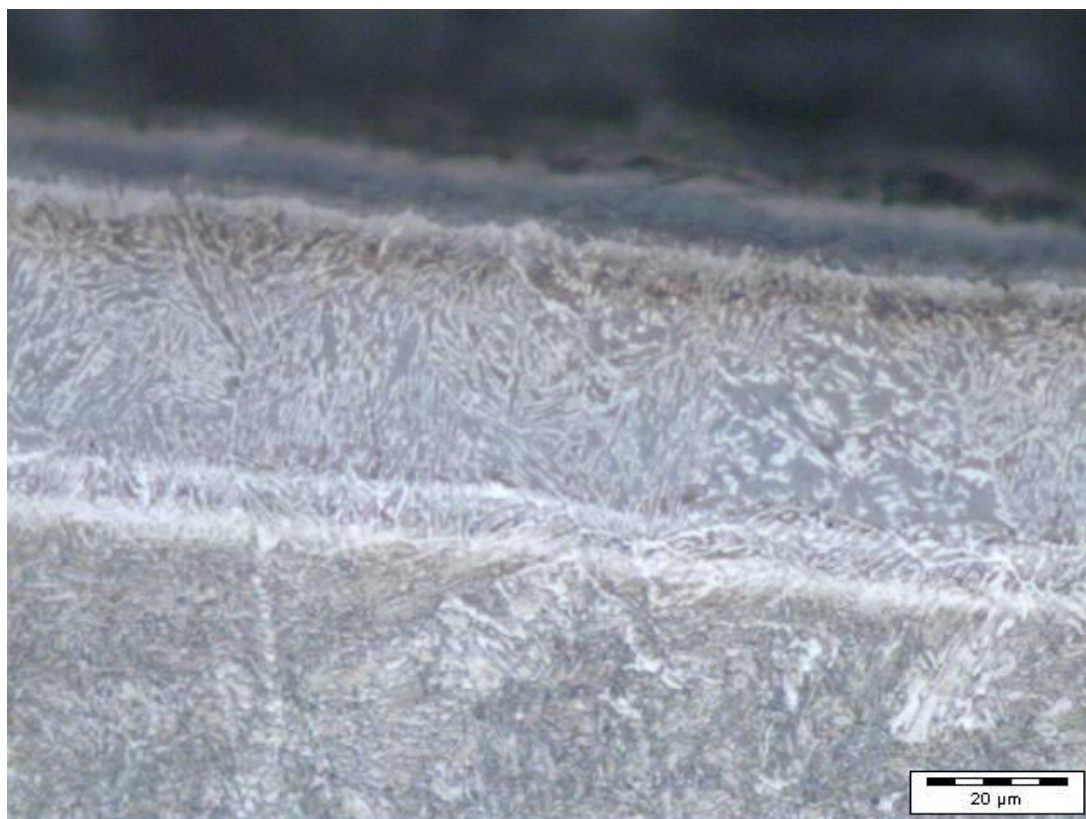
Com a revelação através de ataque químico, observamos que de fato a estrutura do aço é martensítica, como está apresentada na Figura 2, sendo possível identificar que o tratamento superficial realizado através de nitretação que possui três regiões diferentes, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 2 – Revelação microestrutural do inoxidável 17-4 PH, em ampliação de 100X, ataque químico corrosivo Marble.



Fonte: os autores

Figura 3 - Micrografia do aço inoxidável 17-4PH, ampliação de 500X, ataque químico corrosivo Marble.



Fonte: os autores

Discussão

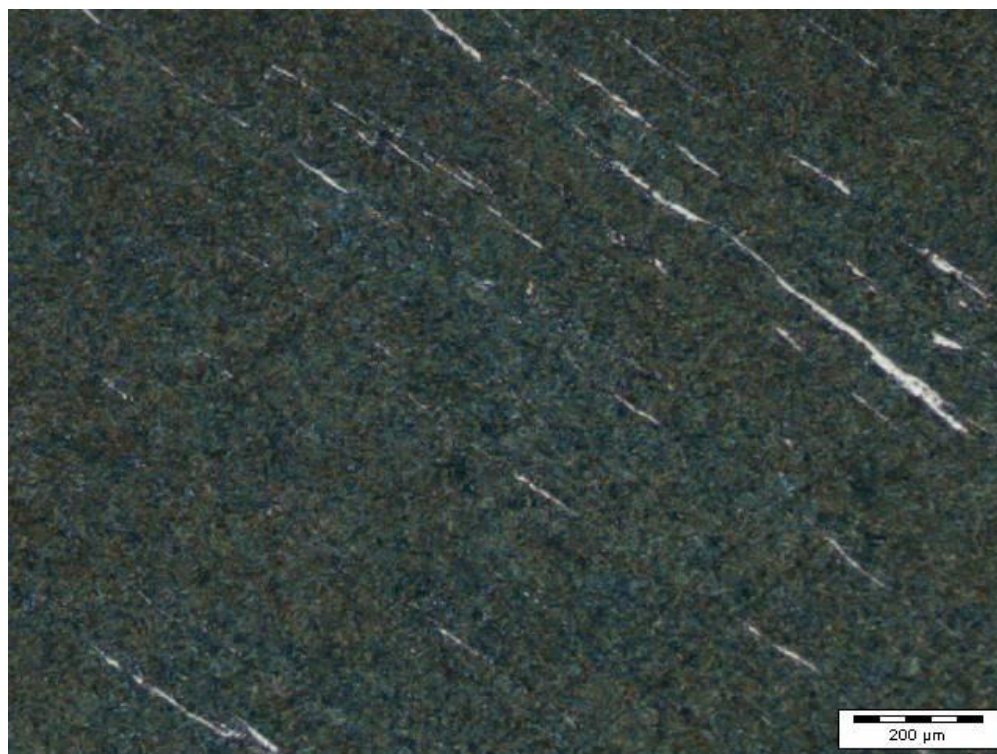
Os aços inoxidáveis martensíticos podem ser considerados equivalentes aos aços carbono ou ligados, para tempera ou revenimento, com diferença principal no teor de cromo.

Devido ao alto teor de cobre nesta liga de inoxidável 17-4PH, o material apresenta uma excelente resistência à corrosão, similar aos aços inoxidáveis austeníticos. A microestrutura deste aço o torna insensível à corrosão intergranular e altamente resistente à corrosão por fadiga e corrosão sob tensão.

No tratamento de envelhecimento e solubilização, os compostos intermetálicos à base de cobre, nióbio, são dissolvidos na matriz austenítica, seguido de um resfriamento brusco para evitar a precipitação destes intermetálicos, formando assim uma martensita de baixa dureza.

Segundo Colpaert (2008), grande parte do endurecimento deste aço ocorre durante o processo de envelhecimento, ocorrendo algumas precipitações na estrutura martensítica em sua microestrutura. Conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Precipitados na estrutura martensítica, ampliação de 50X, ataque químico corrosivo Marble.



Fonte: os autores

O tempo e a temperatura do tratamento são de suma importância nos ciclos de envelhecimento, pois os precipitados responsáveis pelo envelhecimento possuem pequenas dimensões sendo pouco eficiente.

Conclusão

A partir do resultado obtido pelo experimento realizado concluiu-se que o reagente de ataque químico corrosivo Marble apresentou bom resultado revelando a microestrutura e morfologia do material estudado.

Após análise das imagens capturadas pelo microscópio óptico foi possível identificar que o processo de tratamento superficial realizado por nitretação líquida gerou uma camada relativamente uniforme, com subcamadas, formada por três regiões diferentes, com características distintas.

A dureza dessas subcamadas identificadas na superfície de nitretação, podem apresentar diferentes durezas e para analisá-las com mais profundidade deve-se utilizar equipamento de microdureza para caracterizá-las adequadamente. Como este trabalho ainda está em andamento posteriormente as amostras serão submetidas a microdureza, conforme a norma DIN 50 190 – *Hardness depth of heat-treated parts – Determination of the effective depth of carburized and hardened cases.*

Referências

- AÇOS VILLARES. **Aços Inoxidáveis V630 (17-4PH/ UNS S17400/ WNr. 1.4542)**. catálogo. São Paulo. n.1, 03/2007.
- ALVES JR, C. **Nitreção a Plasma- Fundamentos e Aplicações**. 1ª ed. EDUFRRN, 2001.
- ASM HANDBOOK. Stainless steel casting alloys: Metallographic and microstructures. **Metallography and microstructures**. 5º ed. Editoa Handbook ASM, 1992.
- ASTM E 407-93. **Standard Practice for Microetching Metals and Alloys**. USA: ASTM International; 1997.
- ASTM E3-95. **Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens**. USA: ASTM International, 1995.
- COLPAERT, H. Aços Inoxidáveis. **Metalografia de produtos siderúrgicos comuns**. 4º ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008. cap.16. p. 521 – 545.
- DIN 50 190. **Hardness depth of heat-treated parts – Determination of the effective depth of carburized and hardened cases**. Germany: DIN, 1979.
- SILVA, S. A. Ensaio de Dureza. In: Souza, S.A. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5ª ed. São Paulo: Blucher, 1982. cap.4. p. 103-136.