

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE DE MATERIAIS UTILIZADOS NA CONFECÇÃO DE MATRIZES DE CONFORMAÇÃO DE TUBOS DE AÇO COM COSTURA ¹

Adonias Ribeiro Franco Junior ²
Júlio César Giubilei Milan ³
Salette Martins Alves ⁴
Fernanda Torrens ⁵
Roberson Azevedo Fagundes ⁶

Resumo

Este trabalho visa avaliar a substituição do aço VF 800 AT pelo aço ferramenta AISI H13 em matrizes usadas na conformação de tubos de aço com costura. Duas matrizes e corpos de prova de aço AISI H13 foram austenitizados a 1030 °C durante 30 minutos e triplo revenidos a 600 °C por 2 horas, de tal maneira que foi alcançada uma dureza de núcleo igual a 49 HRC (498 HV). A nitretação foi realizada em um reator industrial de nitretação a plasma pulsado usando uma mistura gasosa à base de amônia (NH₃), a 495 °C, durante 30 horas, e pressão de 7 mbar. A avaliação do desempenho em serviço das matrizes de aço AISI H13 nitretado foi realizada em uma empresa fabricante de tubos de aço com costura. O par de matrizes de aço AISI H13 fez parte de um dos estágios da máquina conformadora de tubos de aço com costura. Foi produzida uma camada nitretada de aproximadamente 250 µm de espessura, dureza superficial de aproximadamente 950 HV, isenta de camada de compostos e de precipitados em contornos de antigos grãos austeníticos. O desempenho em serviço das matrizes nitretadas aumentou significativamente, passando as matrizes a apresentar uma vida útil maior que aquelas feitas de aço VF 800 AT. O aumento verificado de cerca de 10% na vida útil das matrizes e o fato do material de substituição ser bem mais barato em relação àquele usado pela empresa levam à conclusão de que é possível a substituição das matrizes de aço VF 800 AT pelas de aço AISI H13 nitretado, desde que sejam seguidas as condições usadas neste trabalho.

Palavras-chave: Nitretação a plasma; Aço ferramenta AISI H13; Matrizes para conformação de tubos de aço com costura; Resistência ao desgaste.

¹ Trabalho apresentado no 4º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 2 a 5 de maio de 2006, Joinville, SC.

² Dr. em Engenharia Metalúrgica, MSc em Engenharia de Materiais, Engenheiro Metalurgista, Prof. IST/SOCIESC, Joinville - SC.

³ Dr. Em Engenharia Mecânica, MSc em engenharia mecânica e, engenheiro mecânico Prof. IST/SOCIESC, Joinville - SC.

⁴ Dr. em Engenharia Mecânica, MSc em Engenharia Química, Engenheira Química, Profa. IST/SOCIESC, Joinville - SC.

⁵ Tecnóloga em Materiais. Tuper S.A. - Divisão Tubos, São Bento do Sul – SC

⁶ Tecnólogo em Materiais. Diferro Aços Especiais, Caxias do Sul - RS

1 INTRODUÇÃO

As matrizes de conformação de tubos de aço com costura têm como função transformar uma tira de aço em tubo. Durante a conformação dos tubos, no entanto, essas matrizes sofrem um desgaste contínuo. Devido a esse desgaste, os tubos fabricados começam a perder suas características dimensionais e as matrizes têm que ser substituídas constantemente, ocasionando paradas de máquinas e atraso na produção.

Com a necessidade de uma produção contínua e de alto rendimento, as empresas conformadoras buscam sempre minimizar as paradas de suas máquinas para manutenção ou troca de ferramental. Dentre as empresas que possuem um grande custo operacional devido às constantes paradas para manutenção ou troca de matrizes, podemos citar a TUPER S/A, localizada em São Bento do Sul / SC.

Os aços usados como matrizes conformadoras devem apresentar alta resistência ao desgaste e boa tenacidade. Daí o motivo pelo qual atualmente é empregado o aço VF 800 AT, ⁽¹⁾ com dureza relativamente alta - até 62 HRC (746 HV), como material destinado à fabricação de tais matrizes.

O baixo rendimento verificado nas matrizes de conformação de tubos de aço com costura da empresa Tuper S/A motivou *este estudo*. Foi feito um estudo da substituição do aço VF 800 AT por outro material. O aço ferramenta AISI H13 foi escolhido por apresentar uma boa capacidade de ser nitretado, podendo atingir dureza na superfície de 900-1200 HV e conservar seu núcleo tenaz após nitretação.^(2,3) Para o trabalho experimental, foram produzidos corpos de prova para a análise da resposta do material tanto aos tratamentos térmicos quanto à nitretação e um par de matrizes para avaliar o desempenho do material em condições de serviço. Vale lembrar que a nitretação das matrizes e dos corpos de prova foi realizada em reator industrial da empresa Nitron do Brasil S /A, unidade de Guaramirim/SC e a avaliação do desempenho das matrizes nitretadas, na Tuper S/A, São Bento do Sul/SC.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do aço H13 fornecido pela empresa Diferro Aços Especiais, Joinville/SC. Comparando esses resultados com aqueles fornecidos pelo fabricante Villares Metals, verifica-se que a composição química se encontra dentro da especificada.

Tabela 1. Composição química do aço H13.

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,40	0,96	0,35	5,21	1,50	0,91

O par de matrizes de aço ferramenta AISI H13 foi usinado a partir de uma barra cilíndrica, com 177 mm de diâmetro, fornecida no estado recozido. Uma fotografia desse conjunto de matrizes é apresentada na Figura 1. Para o estudo da resposta aos tratamentos térmicos do material, assim como ao tratamento

termoquímico de nitretação, também foram retirados corpos de prova com aproximadamente 177 mm de diâmetro por 10 mm de espessura, sendo que os mesmos foram bipartidos formando 4 corpos de prova.



Figura 1. Par de matrizes conformadoras.

2.2 Tratamentos Térmicos

Os tratamentos térmicos de têmpera e revenimento foram realizados na Brasimet Comércio e Indústria S/A, unidade de Joinville/SC, em fornos do tipo mufla. A Tabela 2 indica os ciclos térmicos usados nos tratamentos térmicos tanto das matrizes quanto das amostras de aço ferramenta H13. O fabricante do aço AISI H13 recomenda o emprego de temperaturas de revenimento de 500 a 550 °C. No entanto, a temperatura de revenimento de 600 °C foi escolhida para que não houvesse queda de dureza do núcleo dos aços durante nitretação ⁽³⁾.

Tabela 2. Condições de dos tratamentos térmicos do AISI H13.

Material	Austenização	Revenimento	Dureza
Aço ferramenta AISI H13	1030 °C, 30 min/óleo	(3x2h)/600°C ar	48-49 HRC (485- 498 HV)

2. 3 Nitretação a Plasma

Foi realizado o tratamento termoquímico de nitretação em equipamento de nitretação a plasma pulsado da empresa Nitron do Brasil, localizada na cidade de Guaramirim/SC. Vale lembrar que foi escolhido o tratamento a plasma ao invés dos métodos convencionais (nitretação em banho de sais ou nitretação gasosa) em razão de ele possibilitar um melhor controle sobre a estrutura e a espessura das camadas nitretadas produzidas. A nitretação das peças e dos corpos de prova foi realizada a 495 °C por 30 horas, no intuito de se obter uma camada de 200µm a 300µm. A pressão no interior da câmara de vácuo utilizada foi de aproximadamente 7mbar e o gás utilizado foi uma mistura à base de amônia (NH₄).⁽⁴⁾

2.4 Caracterização Microestrutural

Para a análise microestrutural do aço AISI H13, as amostras foram retiradas a partir de corpos de prova: recozidos, após têmpera + revenimento, revenidos e nitretados. Também foi analisada a microestrutura de uma matriz de aço VF 800 AT temperada e revenida, usada atualmente pela empresa conformadora de tubos de aço com costura.

As amostras foram embutidas em baquelite, lixadas e polidas com pasta de diamante até $1\mu\text{m}$. Os exames metalográficos foram realizados no Laboratório de Materiais da SOCIESC por metalografia óptica convencional. O reativo de ataque usado para revelação microestrutural do aço recozido, temperado + revenido e nitreto foi o *Nital* 3%.

2.5 Perfil de Dureza

A profundidade de nitretação (espessura da camada nitretada) foi determinada de acordo com norma alemã DIN 50.190⁽⁵⁾. Nestes ensaios, a carga usada foi de 50g. Os ensaios foram realizados em microdurômetro Shimazu, pertencente à empresa Embraco, Joinville, SC.

2.6 Avaliação da Vida Útil das Matrizes

A avaliação do desempenho em serviço das matrizes de aço H13 nitretado foi realizada na empresa fabricante de tubos de aço com costura Tuper S/A, localizada em São Bento do Sul/SC. Para isso, um par de matrizes de aço VF 800 AT foi substituído por um de aço H13 nitretado a plasma.

O par de matrizes de aço H13 ISO (Figura 1) fez parte do quinto estágio da máquina conformadora de tubos de aço com costura, Figura 2(a). Nesse estágio as matrizes sofrem mais intenso desgaste. A Figura 2(b) mostra este par de matrizes durante conformação de uma chapa de aço.



Figura 2. (a) Estágios de conformação do tubos de aço com costura; (b) Matrizes em serviço.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Microestrutura e Dureza dos Aços H13 e VF 800 AT

A Figura 3 mostra detalhes microestruturais do aço H13 no estado como recebido e após austenitização e triplo revenimento.

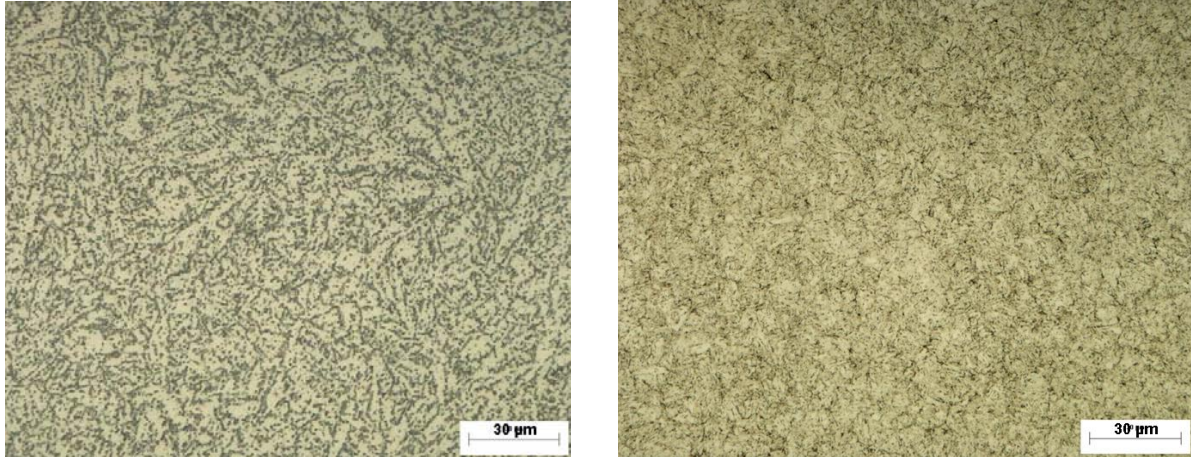


Figura 3. (a) Microestrutura do aço H13 no estado como recebido. Dureza: 200HB; Aumento: 1000X; (b) Microestrutura do aço H13 ISO após austenitização a 1020°C e triplo revenimento a 600°C. Dureza=49 HRC. Aumento 1000.

Na Figura 3(a) observa-se que a matriz é constituída por ferrita com pequenos carbonetos globulares muito finos, pouco visíveis. A Figura 3(b) mostra detalhes microestruturais da martensita revenida deste material após triplo revenimento.

Na Figura 4 são mostrados detalhes da microestrutura do aço VF 800 AT usado atualmente pela empresa TUPER na fabricação de suas matrizes conformadoras.

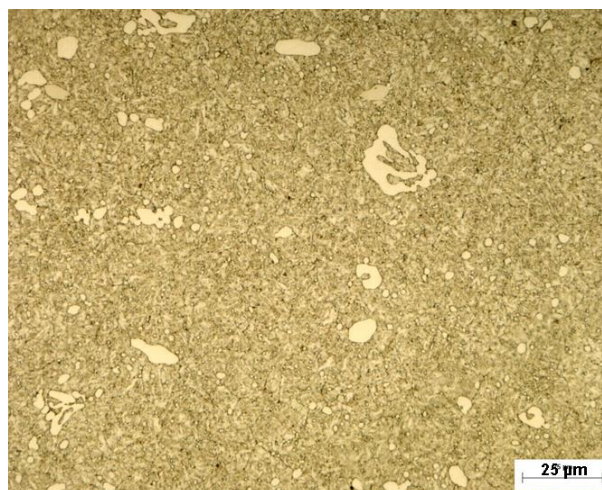


Figura 4. Microestrutura do aço VF 800 AT no estado recozido. Dureza=240 HB. Aumento: 1000X.

Verifica-se na Figura 4 que a microestrutura do aço VT 800 AT após têmpera e triplo revenimento é constituído por uma matriz de martensita revenida com carbonetos pequenos e grandes do tipo M₇C₃.

3.2 Resposta do aço H13 à nitretação

A Figura 5 mostra detalhes microestruturais da camada nitretada produzida no aço H13 ISO após nitretação a 495°C, 30 horas.

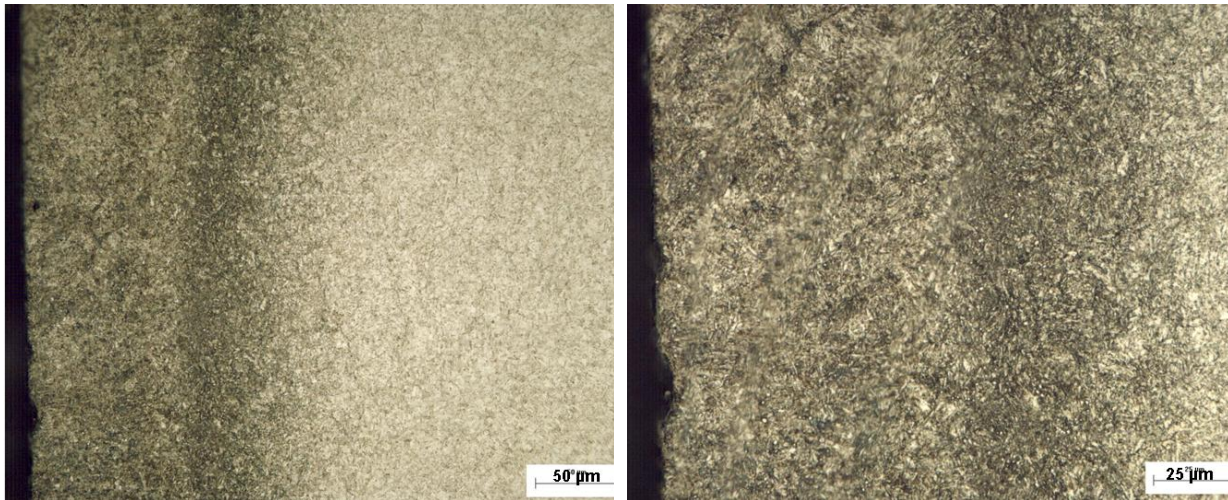


Figura 5. (a) Microestrutura da camada nitretada do aço H13 ISO. Aumento 500X; (b) Detalhes microestruturais da camada nitretada produzida no aço H13. Aumento: 1000X.

Na Figura 5(a) verifica-se que a camada nitretada produzida apresenta-se bem uniforme. A espessura medida por microscopia óptica é da ordem de 250-280 µm. Na Figura 5(b) nota-se que a camada nitretada é isenta de camada branca e de precipitados em contornos de grão.

A Figura 6 apresenta o perfil de dureza da camada nitretada obtida no aço AISI H13. Conforme pode ser verificado, a profundidade máxima da camada nitretada atinge 250 µm. Esses resultados de medida de espessura confirmam aqueles determinados por microscopia óptica.

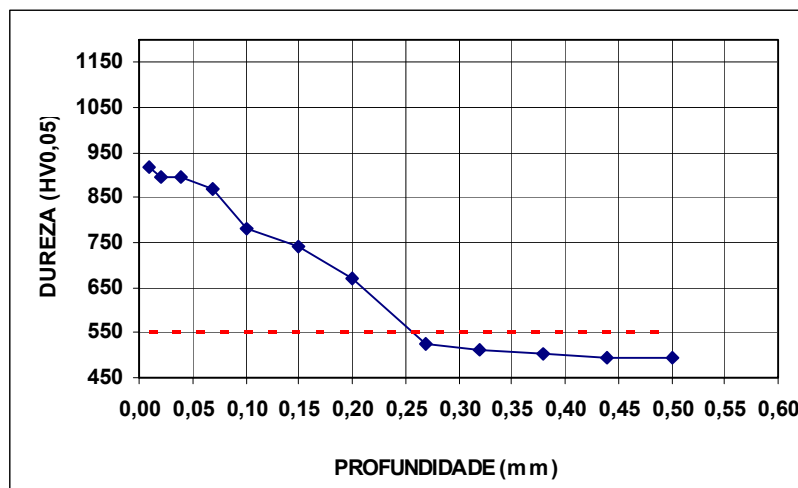


Figura 6. Perfil de dureza da camada nitretada do aço H13 ISO

3.3 Desempenho das Matrizes

Em razão da grande variedade de espessura das chapas, uma das avaliações do desgaste das matrizes é feita pelo controle de defeitos na solda do tubo, ou seja, quando as matrizes atingem o desgaste máximo, a solda do tubo apresenta o defeito chamado “formação bicuda” mostrado na Figura 7. Após o aparecimento deste defeito, o par de matrizes conformadoras deve ser substituído por um novo par.

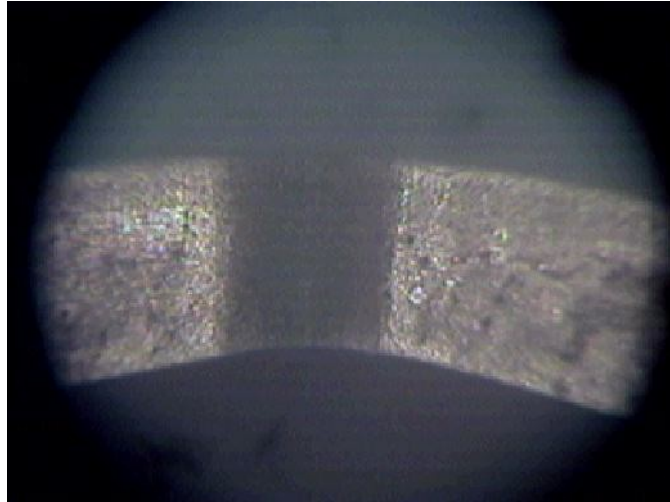


Figura 7. Defeito do tipo “formação bicuda” na solda do tubo de aço. Com o aparecimento deste tipo de defeito, o par de matrizes de conformação deve ser trocado.

Segundo histórico da empresa, a vida útil das matrizes conformadoras feitas de aço VF 800 AT é de aproximadamente 720 horas de trabalho. O desgaste dessas matrizes é progressivo, começando a sofrer desgaste abrasivo pouco após elas entrarem em operação.

Análises visuais realizadas periodicamente mostraram que as matrizes H13 nitretado não apresentaram nenhum tipo de desgaste até as primeiras 672 horas. A partir daí, as matrizes começaram a sofrer um desgaste acelerado. Elas tiveram que ser substituídas após 792 horas de trabalho quando se verificou o aparecimento de um defeito na solda dos tubos. Portanto, esses resultados mostram um desempenho superior das matrizes de aço H13 nitretado em relação às matrizes de aço VT 800 AT.

4 CONCLUSÕES

- As matrizes de aço H13 após tratamento termoquímico de nitretação a plasma apresentaram uma camada de aproximadamente 250 μm de espessura e dureza superficial de aproximadamente 950 HV.
- A camada nitretada é constituída apenas por zona de difusão, sem camada de compostos (nitretos de ferro $\text{Fe}_4\text{N}-\gamma'$ e no $\text{Fe}_{2,3}\text{N} - \epsilon$) e precipitados em contornos dos antigos grãos austeníticos.
- A vida útil de um par de matrizes de aço H13 nitretado foi 10% superior a das matrizes de VF 800 AT utilizada atualmente pela empresa Tuper. Esse bom rendimento se deve à alta resistência ao desgaste da camada nitretada produzida na superfície do material, a qual apresenta uma grande uniformidade e é isenta

de camada branca e de rede de nitretos. Esses resultados mostram que se o aço VF 800 AT for substituído por esse novo material na fabricação das matrizes conformadoras, menos interrupções podem ocorrer na produção de tubos de aço com costura. No entanto, uma seqüência de testes para confirmar esses resultados deve ser realizada apesar de eles se mostrarem promissores.

- Os custos de fabricação das ferramentas podem ser diminuídos sensivelmente pelo fato de o aço H13 custar cerca de 40% menos que VT 800 AT.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Superior Tupy/SOCIESC pelo apoio financeiro e realização das caracterizações dos materiais; à Tuper S/A por tornar possível a realização dos ensaios de campo, à Diferro Aços Especiais pelo fornecimento do aço H13, à Brasimet Comércio e Indústria S/A pelos tratamentos térmicos e à Nitron do Brasil pela nitretação das matrizes e corpos de prova.

REFERÊNCIAS

- 1 VILLARES METALS S.A. **Aços para trabalho a frio VF 800 AT**. Aços ferramenta Villares. 2003.(Catálogo técnico)
- 2 VILLARES METALS S.A. **Aços para trabalho a quente VH 13**. Aços ferramenta Villares. 1992. (Catálogo técnico).
- 3 FRANCO JUNIOR., A. R. Obtenção de revestimentos dúplex por nitretação a plasma e PVD-TiN em aços ferramenta AISI D2 e AISI H13. 2003. 178 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- 4 BRUCH, E. Comunicação pessoal. Guaramirim, SC, 2005
- 5 DIN 50.190. **Härteteife Wärmebehandelter Teile – Ermittlung der Nitriehätetiefe**, Teil 3, März, 1979.
- 6 FUCHS K-D.; HABERLING E.; RASCHE K. Microstructure and technological properties of hot-work tool steels for pressure castig dies. **Thyssen Edelstahlwerke Technische Berichte**, Special issue, p.16-24, 1990.
- 7 HABERLING E.; RASCHE K. Plasma nitriding of tool steels. In: INTERNATIONAL EUROPEAN CONFERENCE ON TOOLING MATERIALS, 1992, Interlaken, Suíça. **Proceedings...** [S.n.t.]. p. 369-392.
- 8 LIGHTFOOT B.J.; JACK D.H. Kinetics of nitriding with and without white-layer formation. In: Heat Treatment, 73., 1973, Londres. **Proceedings...** [S.I.]: Metals Society, 1973. p.59-65.
- 9 ROSE, A.; RADEMACHER, L.; PETER, W. Stahl X 40 CrMoV 5 1. In: **Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle**, Institut Max Planck, II-204 A-F, 1960.

EVALUATING OF THE WEAR RESISTANCE OF NITRIDED TOOL STEEL AISI H13 FOR MATRICES IN FORMING OF WELDED STEEL TUBES

*Adonias Ribeiro Franco Junior
Júlio César Giubilei Milan
Salette Martins Alves
Fernanda Torrens
Roberson Azevedo Fagundes*

Abstract

A study about the substitution of the VF 800 AT tool steel by the nitrided H13 tool steel is carried out in this work. A pair of matrices and samples of H13 steel were austenitized at 1030 °C during 30 min and triple tempered at 600 °C for 2 hours, so that a core hardness of 49 HRC was attained. Subsequently, plasma nitriding was carried out in an industrial pulsed plasma nitriding unit, at a pressure of 7 mbar, in a NH₄ atmosphere, at 495°C for 30 hours. It was obtained a nitrided layer consisting exclusively of diffusion zone, with 250 μm in thickness and top hardness of 950 HV. The results show that the life of the matrices was increased from 720 hours to 792 hours, denoting that the substituting of the VF 800 AT matrix, which is used for forming welded steel tubes, by a plasma nitrided H13 matrix is promising, as the latter is cheaper in comparison of the first.

Key words: Plasma nitriding; H13 tool steel; Matrices for forming welded steel tubes; Wear resistance.