

A NITRETAÇÃO DE FERRAMENTA DE CONFORMAÇÃO A FRIO PARA A FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA ¹

Vendramim, J.C ²
Vatavuk J. ³
Borro, A.J. ⁴
Mandariaga, C ⁵

Resumo

As ferramentas de conformação a frio são submetidas a condições de trabalho que, em função da condição de superfície, em termos de resistência a desgaste e atrito, podem causar pesadas perdas para a produção. Como exemplo, poderia ser citada a operação industrial de conformação a frio de chapas de aços carbono ou aços inoxidáveis para a obtenção de tubos com costura. Essa operação de conformação a frio é desenvolvida em etapas através de vários rolos laminadores dispostos em linha. Os materiais geralmente utilizados para essas ferramentas são ligas ferrosas com alto teor em carbono para alcançar dureza elevada, contendo também elementos de liga como o cromo, molibdênio, tungstênio e vanádio, potencializando-se a resistência ao desgaste, tanto abrasivo quanto adesivo, mediante a formação de carbonetos primários e secundários, a retenção da dureza em tratamentos de revenido, bem como maior temperabilidade, através da qual se podem utilizar meios de tempera mais brandos, minimizando o desenvolvimento de tensões residuais.

No caso dos rolos de conformação a frio de chapas de aço para formação de tubos, posteriormente soldados – tubos com costura – o aço geralmente utilizado é o AISI D2, com dureza de 60HRC. Nessa condição de trabalho, a resistência ao desgaste somente poderá ser melhorada através da *deposição* de nitretos, por exemplo, nitreto de titânio e, ou, cromo, com a tecnologia do plasma, processos conhecidos por PVD – “physical vapor deposition” – ou processos de *difusão* de nitrogênio, processo conhecido como nitretação. Este trabalho relata e discute os resultados de desempenho alcançados para ferramentas de conformação a frio, produzidos no aço AISI D2 e nitretados no processo Nitreg®, tecnologia de nitretação a gás controlada e automática da empresa Nitrex Metal Inc. Canadá, conduzida em temperatura inferior à do revenimento da ferramenta em questão e executada pela empresa Combustol Industria e Comercio, São Paulo, SP.

Palavras-chave: nitretação; conformação; ferramentas; desgaste.

- 1 – 1º Encontro de Integrantes da Cadeia Produtiva de Ferramentas, Moldes e Matrizes
- 2 – Engenharia e Marketing Combustol – Pós Graduação FEM-Unicamp
- 3 - Prof. Dr. Eng^a Materiais – TMS – Tecnologia de Materiais e de Superfícies
- 4 – Prof. Dr. Eng^a Materiais – ABJ Consultoria Empresarial.
- 5 – Eng^o. de Processos da Divisão de Tratamentos Térmicos da Combustol

1- Introdução

A indústria de conformação a frio de chapas de aço dispõe de poucas opções para incrementar a resistência ao desgaste da superfície das ferramentas. A utilização dos revestimentos duros nem sempre é possível, seja devido ao tamanho de algumas ferramentas, incompatível com os equipamentos disponíveis, seja por problemas econômicos. O tratamento termoquímico de nitretação se apresenta como uma boa opção, havendo, porém uma limitação na oferta de processos industriais confiáveis. A forte dependência da temperatura e da quantidade de nitrogênio sendo oferecido para a superfície do aço é muito difícil de ser garantida pelos processos convencionais – gás e banho de sal [1]. A temperatura baixa de nitretação precisa garantir a formação das fases de nitretos epsilon (ϵ) e gama linha (γ') na primeira camada formada e denominada fase de compostos, ou camada branca, e, na sequência, uma adequada camada de difusão de nitretos dissolvidos e nitretos formados com os elementos de liga. Por não atender essas exigências, a nitretação a gás convencional e o banho de sal, que trabalham com temperaturas elevadas ou próximas da temperatura de revenimento, causam a redução da dureza do aço da ferramenta e, assim não são recomendados. A nitretação iônica, ou plasma pulsado, e a nitretação a gás controlada e automática, processo Nitreg®, são processos que permitem conduzir a nitretação numa ampla faixa de temperatura de 350 a 600°C. Contudo, dada à facilidade de montagem de carga, maior e melhor ocupação do forno, o controle efetivo do potencial de nitrogênio e operação totalmente automática, a nitretação a gás controlada e automática, processo Nitreg®, tem sido a melhor opção para a indústria.

A ferramenta de conformação a frio de chapas de aço para fabricação de tubos com costura tem elevada solicitação mecânica superficial e, dependendo das condições metalúrgicas da chapa – uniformidade da microestrutura e dureza - a homogeneidade da microestrutura e a dureza do aço da ferramenta, estará, em algum estágio da produção, prematuramente, ou não, desenvolvendo mudanças topográficas de suas superfícies (perda de material, ou adesão). O eventual desprendimento de partículas metálicas pode gerar abrasão por três corpos, contribuindo, assim, para o desgaste da ferramenta e conseqüente piora das condições de trabalho e de acabamento do artefato - tubos ou outros produtos. Vale ainda lembrar que a mudança topográfica da ferramenta pode em parte ser transmitida à superfície dos tubos, gerando retrabalho ou reclassificação do produto. A figura 1 mostra superfície de desgaste do rolo (vide seta, figura 1a).

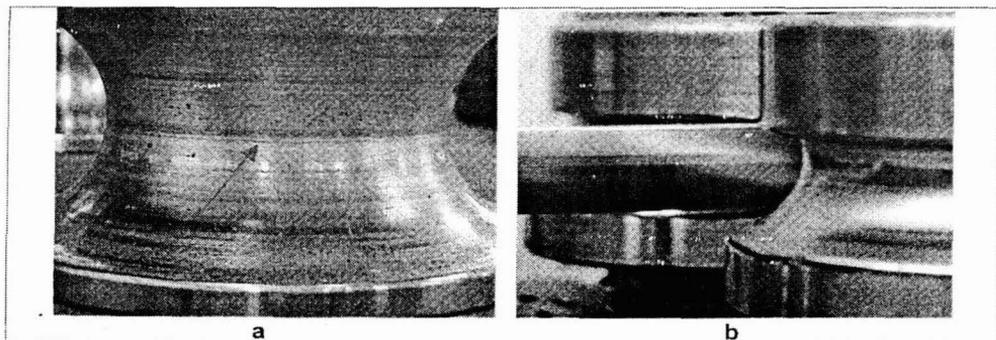


Figura 1 – a) vista do desgaste do rolo; b) vista processo de formação do tubo

Processo de fabricação de tubos com costura

Os tubos com costura são produzidos a partir de uma tira de chapa (bobina) que, passa por uma série de rolos com perfis diferentes, dispostos em linha, sendo conformada até assumir o formato desejado (tubos redondos, quadrados, retangulares). Nessa máquina, denominada "formadora", cada par de rolos gira com velocidade constante e aplica na chapa uma deformação gradual até obter-se o perfil final. O material utilizado mundialmente para fabricação dos rolos de conformação de tubos é o aço AISI D2. Existem algumas diferenças de uma "formadora" para outra, mas, em geral, segue-se um padrão utilizando-se os seguintes estágios, conforme descrito na figura 2, abaixo:

- Rolos formadores (tipo macho e fêmea) – a, b e c
- Rolos de guia – d
- Rolos laterais – e
- Rolos soldadores – f
- Rolos calibradores – g
- Rolos "cabeça turca" (endireitamento) – h

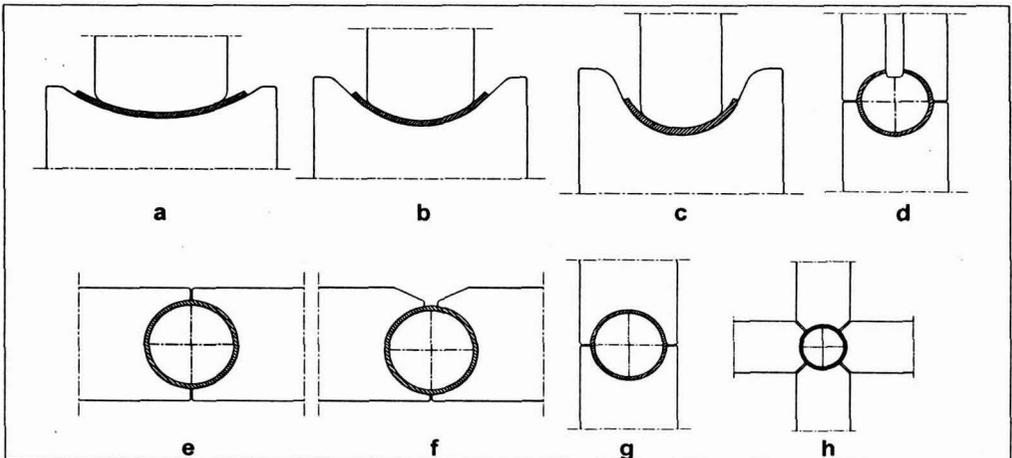


Figura 2 – Seqüência dos rolos laminadores para produção de tubos com costura

À medida que a chapa vai sendo conformada surge uma diferença de velocidade entre a superfície da chapa e o rolo (escorregamento). Esse escorregamento produz desgaste nos rolos e marcas nos tubos (recusadas pela maioria das aplicações industriais). Para minimizar o efeito do escorregamento existem alguns artifícios, como o uso de lubrificantes, uso de rolos com flanges livres, utilização de materiais para rolos com coeficiente de atrito mais baixo que o "aço-aço". A modificação da superfície por difusão de nitrogênio – nitretação – é um dos recursos, sendo que excelentes resultados têm sido obtidos da combinação de uma camada de altíssima dureza com a diminuição do coeficiente de atrito "aço-aço". Dessa forma, a nitretação retarda o início do processo de desgaste da ferramenta contribuindo para um melhor acabamento dos tubos.

2 – Técnica Experimental

Um conjunto de ferramentas foi construído em aço AISI D2 (composição química conforme tabela 1) com propriedades mecânicas modificadas por processo de têmpera e revenimento sob vácuo, modelo Turbo-Treater, pressão de resfriamento 5 bar com nitrogênio e dimensões 400x400x600mm.

Tabela 1 – Composição química do aço AISI D2 (%peso)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
1,55	0,25	0,35	11,80	0,80	0,95

Depois de adequada preparação de acabamento e polimento mecânico da superfície, essas ferramentas foram submetidas ao processo Nitreg® de nitretação a gás controlada e automática em equipamento de dimensões 800 x 1500mm, de único ciclo térmico, e processo de dois estágios, sendo a temperatura de nitretação inferior à temperatura utilizada no processo de revenimento de têmpera.

O processo Nitreg® de nitretação controlada e automática consiste no controle efetivo do potencial de nitrogênio para garantir adequada participação de nitrogênio na formação da camada branca de forma a não causar fragilização desta [2]. A figura 3 descreve a seqüência operacional dessa nitretação, processo Nitreg®.

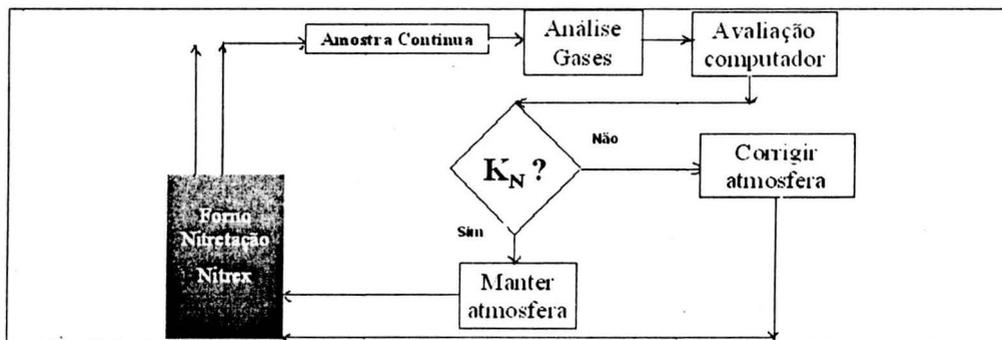


Figura 3 – Fluxograma do processo Nitreg® a gás controlado e automático

Para se realizar a inspeção das superfícies de trabalho das ferramentas, com o objetivo de se determinar o estágio em que se encontra o desgaste, ou mesmo a eventual adesão de material à superfície destas, se sugere neste estudo a realização de réplicas nas regiões críticas da ferramenta para posterior observação destas em microscópio óptico. Através desta metodologia pode-se visualizar nuances topográficas das ferramentas mesmo quando o “dano” é incipiente, quando ainda não se percebe “variações de desempenho/acabamento” do artefato produzido, podendo ser de grande valia na tomada de decisão de eventual substituição/recondicionamento das ferramentas, antecipando-se aos problemas decorrentes destas “mudanças topográficas”, com redução significativa do índice de refugo [3].

Fenômenos como desgaste ou adesão de material dos tubos à superfície de ferramentas podem ser convenientemente documentados desde que se realize um trabalho de base estabelecendo uma relação entre as imagens produzidas pelas réplicas, com aquelas obtidas através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) a partir de amostras extraídas das ferramentas [4].

Vale salientar que a observação sistemática em microscópio eletrônico de varredura (MEV), não é possível no caso de ferramentas salvo aquelas de dimensões relativamente pequenas e que possam ser facilmente colocadas dentro das câmeras de vácuo desses sistemas. Esse equipamento é também muito oneroso tanto em termos de investimento, quanto sob o ponto de vista operacional, não sendo portanto usual sua presença em empresas de porte médio.

Pode-se através do refinamento da metodologia proposta neste trabalho, estabelecer medidas preventivas ao invés de corretivas nas linhas de fabricação de um modo geral.

A figura 4 mostra algumas metalografias de réplicas efetuadas para as superfícies de ferramentas deste trabalho confeccionadas com aço ferramenta AISI D-2 na condição de temperado e revenido, sem aplicação do tratamento de nitretação.

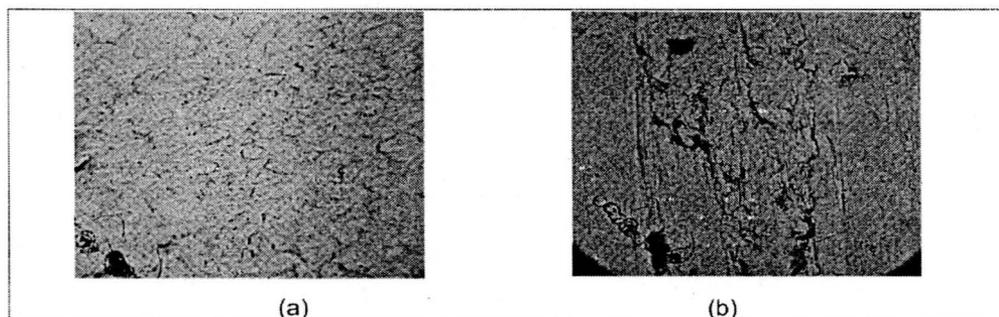


Figura 4 – Metalografia de réplica do rolo endireitador. Aumento (a) 100x; (b) 400x

O exame das figuras acima indica o potencial da utilização de réplicas que neste caso demonstra o detalhe de adesão de material de tubos de aço inox à superfície de trabalho dos rolos de conformação não nitretados.

3- Resultados e Discussão

O processo de tempera e revenimento sob vácuo realizado no aço AISI D2 alcançou dureza superficial de 60 HRC.

O exame por microscopia óptica de um corpo de prova retirado do aço da ferramenta e nitretado pelo processo Nitreg®, mostrou a presença de uma fina e uniforme presença de camada de compostos (“camada branca”) e camada total de nitretação com profundidade de 0,080 mm, segundo norma DIN 50190.

A figura 5 apresenta o perfil de microdureza Vickers na camada nitretada do aço AISI D2.

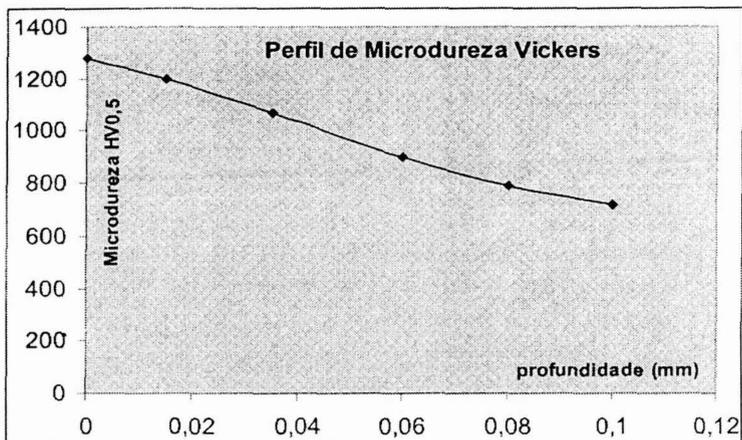


Figura 5 – Perfil de microdureza Vickers, carga 500g, aço AISI D2

Tendo sido aplicado o referido processo de nitretação em rolos de AISI D2 utilizados na conformação de tubos de aço inoxidável, podem-se inferir os seguintes resultados preliminares:

- Eliminação das ocorrências de adesividade nos rolos de conformação, contrariamente ao ocorrido nas ferramentas não nitretadas, cujas metalografias de réplica estão apresentadas nas figuras 4a e 4b
- Importante incremento na vida útil das ferramentas em questão, as quais se encontram há seis (6) meses em operação sem sinal de desgaste

Há expectativa de adoção da aplicação da tecnologia de nitretação para todos os conjuntos de rolos conformadores da empresa fabricante de tubos.

4 – Conclusão

As ferramentas construídas em aço AISI D2, temperadas e revenidas sob vácuo e nitretadas pelo processo Nitreg®, mostraram:

- Elevada dureza superficial
- Fina e uniforme presença de camada de compostos na superfície
- Perfil de microdureza com camada nitretada total de 0,080mm
- Maior tempo em trabalho sem sinais de adesão.
- Maior facilidade operacional – evitar deslizamentos
- Maior produtividade
- Redução de custos (mais tempo em máquina trabalhando e maior vida útil da ferramenta)

Referencias bibliográfica

- [1] – Liliental, W.; Morawski, K – Principle of automatic controlling gas nitriding by nitrogen potential
- [2] - LILIENTAL, W.K.; TYMOWSKI, G.J.; TARFA, N. Bringing out the best properties of nitrided layers through controlled gas nitriding. Paper, 1999. Nitrex Metal Inc.
- [3]- VATAVUK, J.- Relatório TMS
- [4] VATAVUK, J.; Vendramim - Relatório TMS

