Unisanta Science and Technology, **2016, 6, December**
Published Online 2016 Vol.5 N°2 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Otimização do processo siderúrgico com o desenvolvimento de novo revestimento com Carbeto de Tungstênio para os rolos defletores de um Laminador de Encruamento

Ivair Ferreira D'Oliveira[1], Karl Kristian Bagger[1], Leandro Ferreira Gomes[1], Willy Ank de Morais[1,2]

UNISANTA[1] – Universidade Santa Cecília – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - PPGEMec
Rua Oswaldo Cruz, 266- Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

INSPEBRAS [2] - Inspeção e Controle de Qualidade – Departamento Técnico - DETEC
Av do Trabalhador, 1146 - Praia Grande, SP, Brasil- CEP: 11725-000

E-mail*:* ivairdoliveira@hotmail.com
Received may, 2016

Resumo: O mercado atual de produção do aço apresenta forte retração, com diminuição do consumo e consequentemente da produção, obrigando grandes empresas a fazerem ajustes radicais no seu processo produtivo. Para ajudar na redução de custos, do ponto de vista da manutenção, é preciso otimizar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos. Neste trabalho, foi estudado o aumento da disponibilidade de um equipamento de laminação, substituindo o revestimento atualmente aplicado por um novo revestimento para os rolos defletores usados por um laminador de encruamento, adotando-se como parâmetro de avaliação, o desvio médio do alongamento obtido pela laminação de chapas a frio.

Palavras chave: Revestimentos; controle de alongamento; desvio padrão; carbeto de tungstênio.

Optimization of the steel process with the development of a new coating with Tungsten Carbide for the deflector rollers of a temper mill

Abstract: The current market steel production has a strong retraction, with declining consumption and consequently production, forcing large companies to do radical adjust on its production processes. To help reduce costs, from the maintenance point of view, one need to optimize the reliability and availability of equipment. In this work, has been studied the increased availability of a rolling equipment by replacing the actual coating applied by a new coating to the deflectors rolls used by a rolling mill work hardening, adopting as parameter of evaluation, the average deviation of elongation obtained by rolling of cold plates.

Keywords: Coatings; rolling elongation control; standard deviation; tungsten carbide.

1. Introdução

Nos aços laminados a frio, o patamar de escoamento provoca o aparecimento de defeitos superficiais durante a deformação [3]. Na aplicação do material em operações de conformação, podem surgir linhas de distensão ou quebra de superfície [4].

O fenômeno conhecido como limite ou patamar de escoamento refere-se ao aspecto observado na curva tensão-deformação, para uma parcela significativa de aços [7], conforme apresentada na Figura 1. Nesta curva, a tensão eleva-se até o ponto 2, definido como limite elástico ou limite superior de escoamento. A partir deste ponto, os aços escoam plasticamente. Em consequência deste fenômeno, ocorre uma queda na tensão até o ponto 3, chamado limite inferior de escoamento. Neste intervalo, a deformação plástica se dá sob uma tensão de deformação praticamente constante (3 – 4).

Copyright © 2016 ISESC.

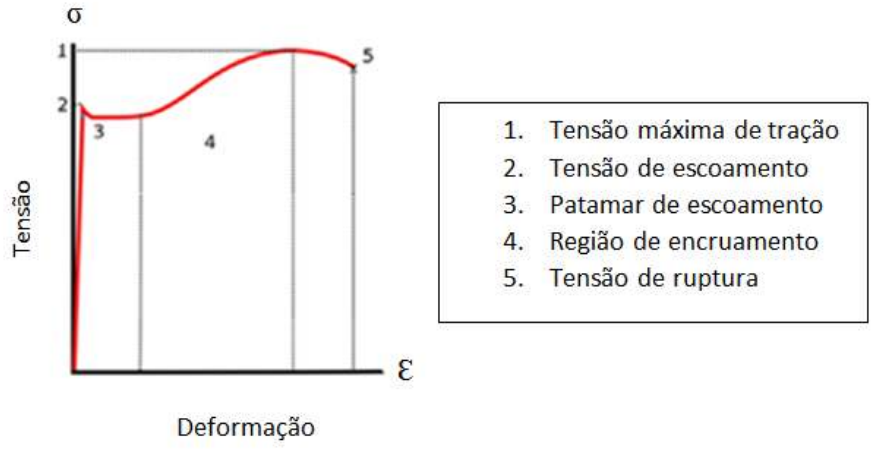

Figura 1. Curva tensão/deformação.

A partir deste ponto, o material apresenta um encruamento progressivo e o aspecto da curva tensão-deformação segue um comportamento igual ao observado em materiais que não apresentam este patamar de escoamento até o limite de ruptura no ponto 5.

A técnica mais utilizada para suprimir o patamar de escoamento, e assim impedir o aparecimento desses defeitos, é a laminação de encruamento [4], que resumidamente consiste na passagem e uma chapa metálica, em temperatura menor que de recristalização do material, por conjunto de dois cilindros de trabalho, a fim de proporcionar um endurecimento superficial à tira de aço por meio da aplicação de um alongamento controlado [3].

Como a redução de espessura nos laminadores de encruamento é muito pequena, esta costuma ser controlada não pela medição da espessura em si, mas sim pela medição da diferença entre a velocidade de saída pela da entrada. Considerando que a largura da tira permanece inalterada no passe de laminação de encruamento [5] e que a tira permanece tensionada durante o processamento [6], a diferença entre as velocidades representa o alongamento (e) [6] conforme calculado pela Equação 1:

$$e = \frac{L_S - L_E}{L_E} \times 100 = \frac{V_S - V_E}{V_E} \times 100 = \left(\frac{V_S}{V_E} - 1\right) \times 100 \quad (1)$$

Em que,

e = alongamento da tira (%)

L_E = comprimento da tira antes do encruamento (m)

L_S = comprimento da tira depois do encruamento (m)

V_E = velocidade de entrada (m/s)

V_S = velocidade de saída (m/s)

Para medir a velocidade da tira na entrada e saída, o sistema utiliza dois geradores de pulsos solidários a dois rolos defletores. O primeiro gerador de pulsos, GE, está montado na entrada do laminador, logo depois da bobinadeira, e o segundo, GS, na saída, imediatamente antes da bobinadeira conforme indicado na Figura 2.

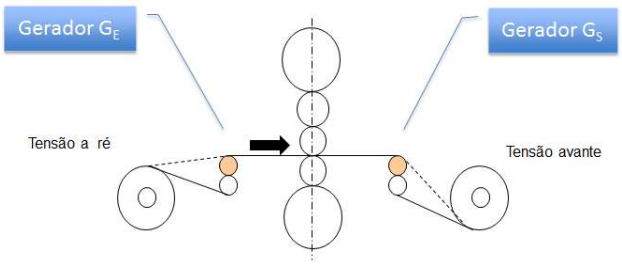

Figura 2. Posição dos geradores de pulso no laminador.

De acordo com a Equação 1, o alongamento é então calculado pela relação entre os dois sinais fornecidos pelos geradores.

Para se medir a velocidade, é necessário que as superfícies dos rolos defletores apresentem alta resistência à abrasão e desgaste mecânico, caso contrário, ocorrerá o deslizamento entre os rolos defletores e a tira laminada,

Copyright © 2016 ISESC

provocando erros na medição do alongamento do material produzido, obrigando assim, a troca dos rolos defletores.

Este trabalho visa verificar a viabilidade econômica da substituição do revestimento metálico utilizado nos rolos defletores, que atualmente utiliza o cromo (Cr), por um revestimento de carbeto de tungstênio (WC), usando como referência a o resultado do alongamento da tira laminada.

1.1 Rolos defletores revestidos com cromo duro (Cr)

O cromo duro industrial é um revestimento com alta dureza e elevada resistência ao desgaste. O elemento químico Cromo [Cr] é depositado eletroliticamente sob a forma metálica a partir de eletrólitos aquosos, gerando camadas normalmente micro fissuradas e com dureza de 60 a 68 [Rockwell C], sendo que a faixa do cromo brilhante, a mais empregada, situa-se entre 400 a 1000 HV [8]. As camadas de cromo duro produzem resultados com excelentes propriedades de dureza, adesão e resistência [8]. O processo de revestimento com cromo duro pode ser verificado na figura 3.

1.2 Rolos defletores revestidos com carbeto de tungstênio (Wc)

O carbeto de tungstênio é um revestimento amplamente utilizado em ambientes que exigem alta resistência a abrasão e desgaste mecânico.

Sua dureza pode atingir faixas entre 1200 a 1350 HV e adesão na casa de 10.000 PSIO revestimento de carbeto de tungstênio é aplicado através de aspersão térmica hipersônica, com alta pressão para aquecer e projetar o material de deposição (WC) contra o substrato (núcleo do rolo).

A aplicação ocorre na temperatura de aproximadamente 2500ºC e velocidade de 850 m/s, resultando em uma camada fina com excelentes propriedades de adesão, dureza e resistência [9].

Após o processo de aplicação do revestimento de carbeto de tungstênio, o processo de escovamento é utilizado para ajuste da rugosidade conforme os valores desejados para aplicação no processo.

O processo de revestimento com carbeto de tungstênio pode ser verificado na figura 4.

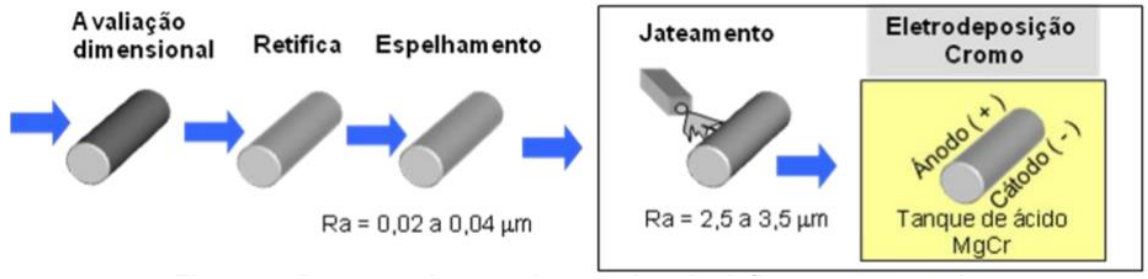

Figura 3. Processo de revestimento de rolos com cromo duro (Cr).

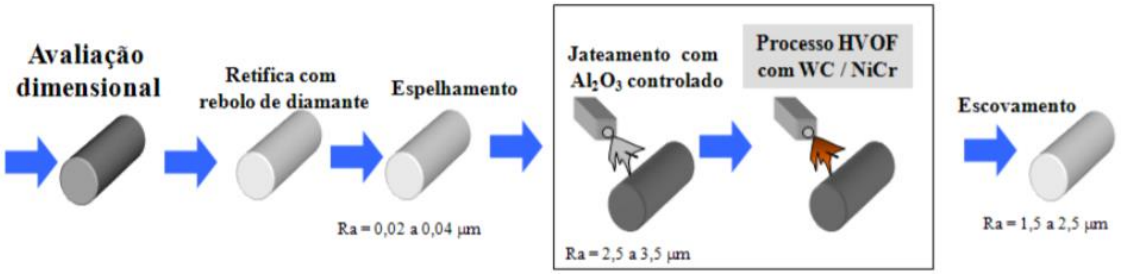

Figura 4. Processo de revestimento de rolos com carbeto de tungstênio (Wc).

Copyright © 2016 ISESC

2. Material e Métodos

Foram analisadas as cartas de alongamento de 69 rolos de qualidade comercial, utilizando rolos defletores revestidos com (Cr) e empregados no laminador de encruamento (*Temper Mill*). Este rolos apresentavam espessura de 0,60 mm, largura de 1200 mm e atuavam com um alongamento programado de 1%.

Fazendo uso das cartas de alogamento, obteve-se uma base de comparação estatística, baseadas nas dispersões dos resultados obtidos de alongamento nos rolos analisados.

Após a troca do revestimento dos rolos defletores, pelo carbeto de tungstênio, o processo foi repetido, com aproximadamente 80 rolos, de forma a gerar bases de dados estatisicamente representativas e comparáveis.

3. Resultados e Discussão

Durante o uso dos rolos defletores com revestimento metálico de cromo (Cr), conforme mostrado na Figura 5, o processo mostrou-se estável inicialmente, com uma média do alongamento verificado apresentando apenas 0,026% de desvio padrão. Porém com aproximadamente 20 dias de uso, o revestimento começou a apresentar um desgaste excessivo devido à abrasão causada pela chapa laminada, passando a apresentar um desvio padrão de até 0,115% no alongamento.

Este cenário obrigava a troca dos rolos defletores com aproximadamente 30 dias de uso, ou aproximadamente 20.000 km laminados, visto que as condições processuais variadas não atendiam às exigências de propriedades mecânicas no material laminado.

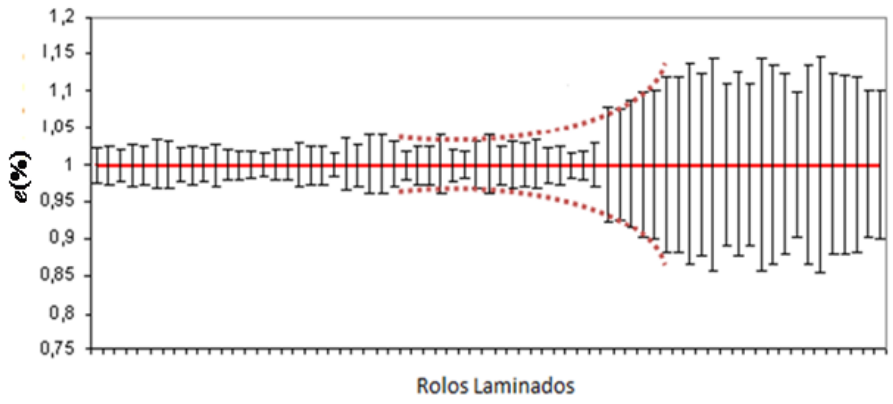

Figura 5. Resultado de alongamento com revestimento de cromo.

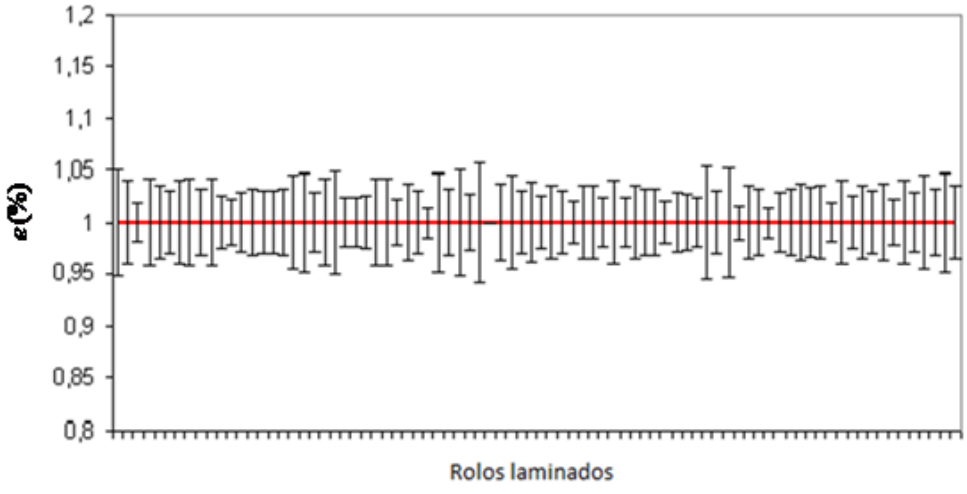

Figura 6. Resultado de alongamento com revestimento de Carbeto de Tungstênio.

Copyright © 2016 ISESC

4. Conclusões

Através dos resultados demonstrados, pode-se concluir que a aplicação dos rolos com uso do revestimento de carbeto de tungstênio proporciona grande economia quando comparado aos revestidos com cromo, tendo sua viabilidade econômica comprovada pelo aumento em 325% na vida útil da camada do revestimento, passando de 20.000 km para 85.000 km de material laminado com o mesmo conjunto de rolos defletores.

Referências

[1] INSTITUTO AÇO BRASIL. Consumo do aço no Brasil retrocede uma década. Única solução de curto prazo é a exportação.
http://www.acobrasil.org.br/siderurgiaemfoco/Aco_Brasil_Informa_Jun16.pdf (Acessado em 01.setem.2016).

[2] KARDEC, A; NASCIF, J.A. (2001). Manutenção – função estratégica. 2.ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.

[3] NOVAES, GO (2010). Modelagem e controle de velocidade e tensão de um laminador de encruamento. 251. (Dissertação de Mestrado - Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

[4] MORAIS, WA; BEZERRA NETO, EB; MAGNA-BOSCO, AS (2008). Metalurgia Física e Mecânica Aplicada. Mód. 4 – Cap. 1 Aumento da Resistência Mecânica, pp. 329-437. 2.ª ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração.

[5] _____ (2008). Metalurgia Física e Mecânica Aplicada. Mód. 8 – Cap. 1 Laminação a Frio de Aços Planos, pp. 733-760. 2.ª ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração.

[6] DA SILVA, CN (2007). Influência da laminação de encruamento sobre a planicidade e propriedades mecânicas de tiras de aço laminadas a quente. 119p. (Dissertação de mestrado – Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, REDEMAT.

[7] GINZBUNG, V. B. Steel - Rolling Technology: teory and practice (Manufacturing engineering and materials processing / 30). New York: Marcel Dekker, Inc. 1989
http://www.cascadura.com.br/uploads/portfolios/1448929201_cromoduro.pdf (Acessado em 07.dezem.2016)

[8] SULCROMO, 2016:
http://www.sulcromo.com.br/portfolios/revestimentos-metalicos (Acessado em 07.dezem.2016)

Copyright © 2016 ISESC