

EFEITOS DA UTILIZAÇÃO DE CILINDROS DE TRABALHOS CROMADOS SOBRE O PRODUTO LAMINADO A FRIO¹

Antônio Fabiano de Oliveira²
 Celio Souza do Rosário³
 José Dias Blanco⁴
 José Valdir Amorim Dantas⁵
 Karl Kristian Bagger⁶
 Lucio Rosa da Silva⁴
 Sergio Luiz Muratori⁷

Resumo

Cada vez mais a limpeza superficial torna-se atributo indispensável na especificação de aços laminados a frio, visto que os clientes necessitam reduzir seus custos de processo, melhorar a qualidade superficial da matéria-prima e reduzir a emissão de efluentes ao meio ambiente, o que pode ser obtido através do uso de materiais com adequada limpeza superficial. Uma série de ações foram implementadas no processo de laminação com objetivo de melhorar a limpeza superficial do material laminado a frio. O presente trabalho tem o objetivo de mostrar os efeitos da utilização de cilindros cromados no processo de laminação de tiras a frio da Usiminas. Verificou-se após os estudos realizados no processo resultados significativos na obtenção de produtos com adequada limpeza superficial.

Palavras-chave: Refletância; Cromo; Limpeza superficial.

EFFECTS OF CHROME PLATED ROLLS IN COLD ROLLED STRIP CLEANLINESS

Abstract

Increasingly, the surface cleanness becomes indispensable attribute in the specification of cold rolled steels, since customers need to reduce their processing costs, improve the surface quality of the raw material and reduce the emission of effluents, which can be obtained through the use of materials with adequate surface cleanness. A series of actions were taken in the process in order to improve that cleanness of the cold rolled material. This paper aims to show the effects of the use of chrome plated rolls in the process of Usiminas' cold strip rolling. It was found, after the studies in the process, significant results in the obtainment of products with adequate surface cleanness.

Keywords: Reflectance; Chrome; Cleanness surface.

¹ Contribuição técnica ao 48º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 24 a 27 de outubro de 2011, Santos, SP

² Engenheiro Metalurgista, Especialista em processo, Engenharia de Processos, Usiminas.

³ Engenheiro mecânico, Engenheiro de produção pleno, Laminação a Frio, Usiminas.

⁴ Técnico em metalurgia, Assistente técnico industrial, Laminação a Frio, Usiminas.

⁵ Técnico em eletrônica, Assistente técnico industrial, Laminação a Frio, Usiminas.

⁶ Engenheiro Metalurgista, Gerente técnico da Laminação a Frio, Usiminas.

⁷ Engenheiro eletricitista, Engenheiro de manutenção senior, Laminação a Frio, Usiminas.

1 INTRODUÇÃO

Melhorias nos processos de fabricação para atendimento dos anseios dos clientes são constantes desafios em linhas de produção. Nos últimos anos diversas melhorias foram implantadas na laminação a frio visando melhoria de qualidade.

Para uma ampla gama de clientes a limpeza superficial é um atributo importante. Os objetivos principais dos clientes são a redução de custos com insumos de desengraxe, o atendimento às normas ambientais e aspectos legais e o aprimoramento da qualidade em geral.

Para atender seus clientes a Usiminas classificou seu produto em três tipos distintos de qualidade de limpeza superficial, a saber:

- Material “Comum”: material com exigência de refletância menor que 90%. Produzido em linhas de recozimento do tipo “caixa” sendo sua atmosfera uma mistura de nitrogênio com hidrogênio (HNX). Pode ser utilizado em qualquer aplicação que não necessita de baixos valores de resíduo carbonoso;
- Material “Limpo 90”: material com exigência de refletância mínima de 90%. Produzido em linhas de recozimento em “caixa” com atmosfera a hidrogênio. Pode ser utilizado em aplicações que necessitam de um baixo resíduo carbonoso; e
- Material “Extra Limpo”: material com exigência de refletância mínima de 95%. Produzido a partir de um processo diferenciado no laminador a frio e em linhas de recozimento do tipo “caixa” com atmosfera a hidrogênio. Pode ser utilizado em aplicações que necessitam de um resíduo carbonoso extremamente baixo – menor que 4,0 mg/m².

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Histórico

A laminação é um processo de transformação mecânica de metais realizada por deformação plástica do material entre os cilindros de laminação. Ela tem por objetivo diminuir a espessura inicial até uma espessura final, sendo que elas podem variar dependendo da capacidade dos processos e das necessidades dos clientes. A figura apresenta uma imagem do laminador a frio da Usiminas Cubatão.



Figura 1 - Laminador de tiras a frio da Usiminas Cubatão.

Durante este processo é necessário que haja a lubrificação e o resfriamento dos cilindros que efetuam a laminação. Para tais funções é utilizada uma emulsão (mistura) de água e óleo. Essa emulsão é utilizada de forma que proporcione um filme suficientemente espesso e resistente, a fim de evitar ou minimizar o contato entre o cilindro e o material, além de atuar como refrigerante que possui a capacidade de absorção e dissipação de calor.

À medida que a tira avança na região de deformação entre os cilindros, a mesma fica sujeita a uma pressão crescente, que lhe impõe primeiramente uma deformação elástica e depois uma deformação plástica. A princípio, a componente horizontal da velocidade periférica dos cilindros é superior à velocidade da tira, fazendo com que esta seja introduzida na abertura por meio da força de atrito. Esse processo, chamado mordida, prossegue até o ponto em que a velocidade de deslocamento da tira é igual à velocidade periférica dos cilindros de trabalho, chamado de “ponto neutro”. A partir daí, um efeito de extrusão leva a velocidade da tira a ultrapassar a velocidade dos cilindros, expulsando-a da abertura. A força de compressão diminui, cessa a deformação plástica da tira e, à medida que esta deixa a abertura, passa por uma fase de recuperação elástica.

A Figura 2 mostra as principais variáveis na região de deformação de uma cadeira.

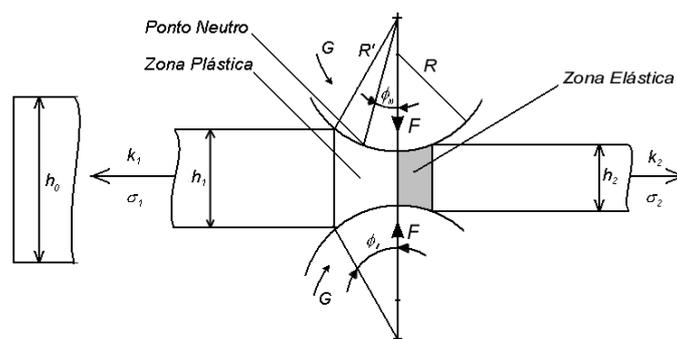


Figura 2 - Variáveis na região de deformação.

Sempre que duas superfícies estiverem em contato e uma se mover em relação à outra, haverá uma força contrária a esse movimento. Esta força chama-se atrito, ou resistência ao movimento. Quando as superfícies forem planas podemos considerar como atrito de deslizamento.

A força de atrito é proporcional à força normal, e esta constante de proporcionalidade é denominada coeficiente de atrito.

2.1.1 As correlações entre processo e limpeza

Durante a laminação há geração de finos de ferro durante o processo, principalmente nas primeiras cadeiras de laminação. Esta geração depende principalmente da rugosidade e redução nas cadeiras de laminação.⁽¹⁾

Essa geração de finos de ferro está diretamente relacionada com a limpeza superficial da tira. A geração excessiva de finos de ferro dificulta o controle do mesmo nos sistemas de refrigeração, além de aumentar o resíduo sobre a tira laminada a frio, dificultando a garantia da limpeza superficial.

Para resolver o problema de limpeza superficial é necessário analisar o mecanismo de geração e deposição do *plate-out* – tamanho da camada de resíduos formada sobre a chapa após a laminação. Os contaminantes encontrados sobre a tira laminada, óleo e finos de ferro, estão relacionados diretamente ao atrito gerado no arco de contato durante a laminação. O óleo aderido à superfície da tira está

diretamente relacionado a dois fatores: propriedades químicas do óleo e fatores físicos do processo relacionados principalmente à estabilidade e concentração.

O plate-out é determinado por variáveis de processo, rugosidade dos cilindros, temperatura da emulsão e pelas propriedades do óleo de laminação, tais como tamanho de partículas e concentração de óleo.⁽²⁾

A quantidade de finos de ferro residuais sobre a chapa depende principalmente da redução aplicada ao material, dureza do aço, composição química, lubrificação, força de laminação, tensão entre vãos e temperatura da tira.

À medida que a resistência do material aumenta, a força necessária para deformá-lo também aumenta. Isso faz com que o ponto neutro tenha a tendência de deslocar-se para plano de entrada, aumentando assim o atrito e conseqüentemente gerando uma quantidade maior de finos de ferro.

2.1.2 A cromagem de cilindros

A cromagem de cilindros consiste na aplicação de uma pequena camada de cromo sobre a superfície dos cilindros de trabalho – da ordem de 4 a 6 μm de espessura – através do método de eletrodeposição em um banho estático, a partir de uma solução de ácido crômico.⁽³⁾ A Figura 3 exemplifica um cilindro cromado.



Figura 3 - Camada de cromo sobre o cilindro.

Esse processo é executado na planta da Usiroll em Ipatinga. A Figura 4 mostra o processo de cromagem sendo executado.



Figura 4 - Processo de cromagem.

Este revestimento de cromo na superfície dos cilindros possui as seguintes vantagens:

- Maior resistência ao desgaste: é uma das qualidades mais apreciáveis do cromo. Ensaios têm demonstrado que um aço revestido com cromo resiste ao desgaste entre cinco a oito vezes mais do que o mesmo aço sem cromo.
- Maior resistência à corrosão: o cromo é resistente à corrosão, protegendo eficazmente o metal cromado, que atinge um potencial eletroquímico no valor de um metal nobre. Uma peça retificada é protegida eficazmente por uma película de cromo inferior a 0,05 mm.
- Maior resistência ao risco superficial: esta propriedade está mais ligada com o aspecto da dureza do cromo. Na escala de MOHS, com 10 unidades somente, que compreende desde o talco até o diamante, o cromo se situa em 8,9. A resistência ao risco também depende da dureza do material em que vai se aplicar a película de cromo.
- Elevada dureza superficial sem gerar tensões: a dureza é uma das mais importantes características do cromo, aumentando a resistência ao desgaste e ao risco superficial. Na prática, o cromo apresenta uma dureza média de 70 HRc, equivalente a 750 Brinell e a 1000 Vickers, aproximadamente. A dureza da película de cromo começa a diminuir a partir dos 350 °C. A espessura da película não exerce nenhuma influência na dureza.
- Baixo coeficiente de atrito estático: O coeficiente de atrito é um coeficiente adimensional que expressa a oposição que mostram as superfícies de dois corpos em contato ao deslizar um em relação ao outro. Usualmente é representado com a letra grega μ (mi). Enquanto o coeficiente de atrito estático entre duas peças de aço é de 0,30, entre uma peça de aço e uma cromada é de 0,17. O gráfico da Figura 5 mostra a comparação entre os coeficientes de atrito.

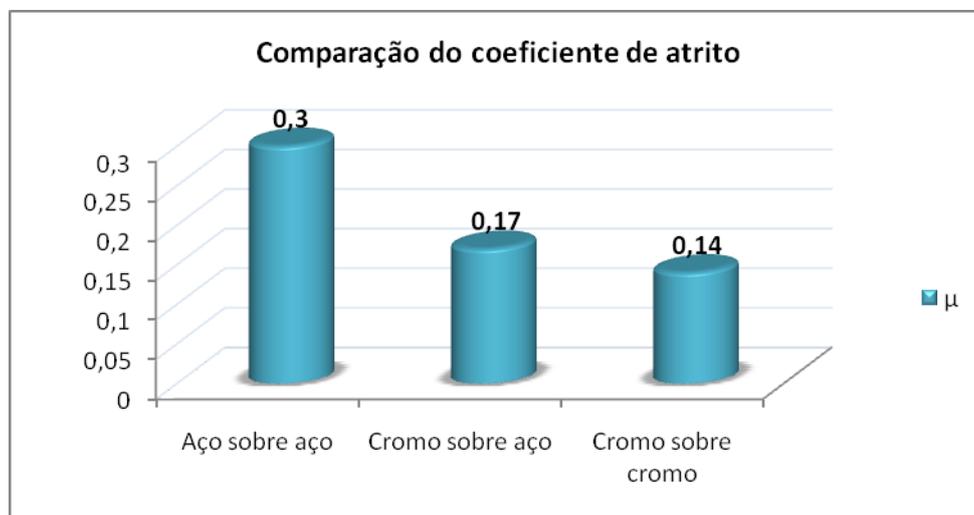


Figura 5 - Gráfico comparativo dos coeficientes de atrito.

2.2 Processo de Laminação

Foi efetuado um planejamento levando-se em consideração a estratégia de cromagem de cilindros por cadeira de laminação. Para tanto, o primeiro passo seria as posições mais críticas para inserir os cilindros cromados. Para definir esses pontos foi efetuado um teste de refletância nos vãos (entre as cadeiras de laminação). Os resultados deste teste (ilustrados no gráfico da Figura 6) auxiliaram na definição da priorização.



Figura 6 - Teste de refletância por vão.

Através destes resultados é visível que a priorização deveria ser feita da primeira para quarta cadeira.

2.3 Desenvolvimento de Experimentos

Durante o planejamento também foi definido que seriam avaliados os seguintes aspectos durante a laminação:

- material na saída do laminador a frio (full-hard): avaliar a melhoria da refletância, avaliar a redução de plate-out e ferro na superfície do material sem recozimento;
- material comum (sem exigência de refletância): avaliar a melhoria da refletância nas linhas finais; E
- material extra-limpo: avaliar a possibilidade de aprovação com baixo custo de processo, sem adição de detergente, com baixa vazão de hidrogênio e ciclo curto durante o recozimento.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Limpeza do Material *Full Hard*

Com a redução no coeficiente de atrito nas cadeiras 1, 2 e 3 foi possível perceber uma melhoria significativa na limpeza superficial. A refletância, medida através de um refletômetro digital, aumentou em 30 pontos percentuais (p.p.), subindo de um patamar de 52% para 82%.

Foi observada ainda uma redução de 54% no ferro na superfície do material após a laminação.

3.2 Limpeza do Material Comum

O material processado em linhas de recozimento HNX com ciclos de qualidade comercial teve sua refletância aumentada em 4 p.p, subindo de 84,1% para uma média de 88,4%. Essa refletância é medida nas linhas finais.

3.3 Processo do Material Extra-limpo

O passo mais importante do trabalho foi a aprovação do material extra-limpo mantendo-se o padrão de limpeza sem a necessidade de adição de detergente e sem aumentar a temperatura da solução no laminador.

Durante o processo no recozimento foi optado por uma redução no tempo de ciclo de recozimento, além da redução na vazão do hidrogênio, comparável a um ciclo de materiais limpo 90.

Todas essas medidas reduziram o custo de processo.

4 CONCLUSÃO

O trabalho mostrou que a utilização de cilindros cromados na laminação a frio reduz consideravelmente o coeficiente de atrito durante o processo.

Houve um incremento na limpeza superficial do material full hard e do material comum processado em linhas de recozimento convencionais.

A limpeza superficial do material extra-limpo foi mantida com uma redução nos custos de processo já que não há a necessidade de adição de detergente, além da redução no ciclo de recozimento e no consumo de hidrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BROEKHOF, N.L.J.M. ET AL. **Impact of novel cold rolling mill oil technologies and materials on strip cleanliness.** AISE Steel Technology, p. 37-39, nov-dec 2001.
- 2 STEDEN, H.V ET AL. **Pilot mill as the key to optimize lubrication and strip cleanliness.** Proceeding of the 7th International Conference on Steel Rolling, p. 467-472, 1998.
- 3 TORRES, H. ET AL. **Incremento del rendimiento de rodillos y aumento em la limpieza superficial de la lámina, mediante el uso de rodillos cromados en tandem frio.** 18^a Conferencia de Laminación - IAS, 2010, Rosario, Santa Fe, Argentina.