

OTIMIZAÇÃO DO MONITORAMENTO DA EMULSÃO DO LAMINADOR DE TIRAS A FRIO DA USIMINAS¹

Alexandre Ribeiro Nascimento Santos²

José Dias Blanco³

José Valdir Amorim Dantas⁴

Karl Kristian Bagger⁵

Nelson Capiotto⁶

Pablo Vinicius Duarte⁷

Sergio Luiz Muratori⁸

Resumo

A medida que as exigências de mercado no que se refere ao produto aumentam, demandam investimentos para automação e controle de processos. Este trabalho visa mostrar a automação no processo de análise da emulsão e seus benefícios. A laminação a frio é um processo de transformação mecânica dos metais que tem como objetivo principal diminuir a espessura da tira processada. Durante este processo é necessário que haja a lubrificação e resfriamento dos cilindros de trabalho de laminação. Um dos elementos que desempenha papel fundamental nesse processo é a emulsão, uma mistura composta de água e óleo, que diminui o atrito entre os cilindros e o material processado, além de atuar como refrigerante.

O controle dos parâmetros desta emulsão é fundamental para que ela mantenha suas características e exerça corretamente seu papel e, com isso, garanta a qualidade da superfície da tira. Este controle é feito através de diferentes análises laboratoriais que testam características físico-químicas importantes da emulsão.

Palavras-chave: Emulsão; Automação; Limpeza superficial.

OPTIMIZATION OF USIMINAS' COLD MILL EMULSION MONITORING

Abstract

As the market demands with regard to the product increases, investment demand for automation and process control. This work aims to show the automation in the analysis process of the emulsion and its benefits. Cold rolling is a mechanical process of metals that has as main objective to reduce the thickness of the processed strip. During this process it is necessary that the lubrication and cooling of work rolls of rolling. One factor that plays an important role in this process the emulsion is a mixture composed of water and oil, which reduces friction between the cylinders and the processed material, besides acting as a coolant. The parameters control of this emulsion is essential for it to maintain its characteristics and its role and exercising correctly, thereby ensuring the quality of the surface of the strip. This control is done through various laboratory testing important physicochemical characteristics of the emulsion.

Keywords: Emulsion; Automation; Cleanness surface.

¹ Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil.

² Técnico em metalurgia, Assistente técnico industrial, Laminação a Frio, Usiminas.

³ Técnico em metalurgia, Assistente técnico industrial, Laminação a Frio, Usiminas.

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

⁵ Engenheiro Metalurgista, Gerente técnico da Laminação a Frio, Usiminas.

⁶ Mestre em Engenharia Química, Especialista em Laboratório, Garantia da Qualidade, Usiminas.

⁷ Engenheiro eletricista, Engenheiro de manutenção, Laminação a Frio, Usiminas.

⁸ Engenheiro eletricista, Engenheiro de manutenção senior, Laminação a Frio, Usiminas.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo apresentar a automação das análises de controle da emulsão do laminador de tiras a frio através da instalação de equipamentos de medição *on-line*, discutindo a sua contribuição para os resultados, para a confiabilidade do processo de análise, a redução do tempo (para as análises), dos custos envolvidos, entre outros benefícios.

O processo de laminação consiste em transformar mecanicamente metais por deformação plástica que ocorre quando o material é tracionado e comprimido na sua passagem entre os cilindros de laminação. Ela tem como objetivo principal reduzir a espessura da tira de acordo com as especificações e necessidades dos clientes. A figura 1 apresenta uma imagem do Laminador de Tiras a Frio da Usiminas Cubatão.



Figura 1 - Laminador de Tiras a Frio da Usiminas Cubatão.

O atrito é um elemento fundamental neste processo e para mantê-lo sob controle é necessário que haja a lubrificação e o resfriamento dos cilindros. Para isto é utilizada uma emulsão – mistura – de água e óleo. Esta emulsão cria um filme lubrificante suficientemente espesso e resistente, a fim de evitar ou minimizar o contato entre o cilindro e o material. Além de atuar como refrigerante, para 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.⁽¹⁾

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

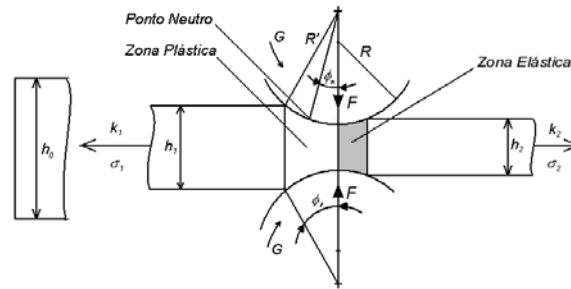


Figura 2 - Variáveis na região de deformação.⁽²⁾

O processo de lubrificação é indispensável na laminação a frio, pois assume grande importância na qualidade superficial do material laminado. O óleo é um produto químico cuja sua composição deverá ser adequada às condições de processo, equipamento e as propriedades desejadas no produto final.⁽³⁾

As características do sistema de refrigeração definem os parâmetros que devem ser controlados na emulsão, devido à escassez de recursos naturais a grande maioria é composta de sistemas fechados, daí o controle de qualidade passa a ser primordial na recirculação.⁽⁵⁾

O óleo que compõe a emulsão, durante sua utilização, é submetido a altas temperaturas, pressões elevadas, contato com oxigênio, além de sofrer reações catalíticas com ferro e outros metais, o que ocasiona a sua deterioração. Também podem ocorrer contaminações por óleo Morgoil® ou outros óleos lubrificantes que influenciam diretamente na estabilidade da emulsão, reduzindo sua capacidade de lubrificar, formando manchas, oxidação e piorando a limpeza superficial no material processado.⁽³⁾

Em geral os sistemas que utilizam o princípio de recirculação possuem cinco etapas bem definidas, sendo elas:

1. Distribuição da emulsão no laminador;
2. Envio da emulsão já utilizada no processo para o sistema de tratamento;
3. Flotação;
4. Filtragem;
5. Troca de calor.

As instalações dos sistemas de refrigeração que iremos descrever a seguir compreendem três sistemas similares, atuando cada um deles em uma ou duas cadeiras de laminação. Eles se diferem na capacidade instalada e no tipo de produto químico utilizado.

A tira entra na primeira cadeira ainda coberta pelo óleo protetivo que recebeu após o processo de decapagem, óleo esse que tem uma pequena capacidade de lubrificação na laminação. Nesta cadeira o sistema é composto por este óleo residual da decapagem e água. O objetivo dessa emulsão é refrigerar os cilindros e a própria tira.⁽⁴⁾

Nas cadeiras 2 e 3 é utilizado um outro sistema com emulsão. O objetivo dela também é refrigerar os cilindros e a própria tira.

Na última cadeira utiliza-se um sistema com detergente cujo objetivo é limpar a tira, retirando resíduos de óleo que ficariam sobre elas, antes que ela seja enrolada.

Para atender à operação normal é de grande importância o controle do óleo de laminação em uso.⁽⁵⁾ Dessa forma, algumas análises são recomendadas pelos fabricantes de óleo, que serão descritas a seguir.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Controles Necessários

2.1.1 Análise de concentração do óleo na emulsão

A concentração é a quantidade de óleo percentual existente na emulsão. Este indicador tem relação direta com a capacidade de lubrificação da emulsão no laminador. Um ensaio é efetuado, no mínimo, seis vezes por dia para determinar sua concentração.

O método anteriormente utilizado consistia em coletar emulsão em um balão volumétrico, adicionar ácido clorídrico, aquecer a amostra por uma hora e após a separação entre o óleo e a água, submetê-la ao resfriamento para então efetuar a leitura de concentração (Figura 3).

Este método possui algumas desvantagens:

- elevado tempo para execução;
- exposição do executando a risco de segurança (agente químico);
- resultado com baixa precisão e elevada dispersão; e
- imprecisão na coleta de amostra.
-



Figura 3 - Operador efetuando análise.

2.1.2 Análise do pH da emulsão

A análise do pH da emulsão é importante para monitorar a presença de contaminantes ácidos ou alcalinos que podem separar a água do óleo, alterando a estabilidade e prejudicando a lubrificidade. O processo é manual onde é utilizado um medidor de pH de bancada (Figura 4).

Este método possui algumas desvantagens:

- exposição do executante a risco de segurança (agente químico); e
- imprecisão na coleta de amostra.



Figura 4 - Peagômetro de bancada.

2.1.3 Análise da condutividade elétrica

A condutividade elétrica específica mede a quantidade total de sais dissolvidos na emulsão, expressa em micro Siemens (μS). É utilizado para medição um condutivímetro de bancada, como apresenta a Figura 5.

Este método possui algumas desvantagens:

- exposição do executando a risco de segurança (agente químico); e
- imprecisão na coleta de amostra.



Figura 5 - Condutivímetro de bancada.

2.1.4 Estabilidade da emulsão

A estabilidade da emulsão é a quantidade de óleo percentual existente nela e indica a tendência do óleo em formar emulsão sob determinadas condições. Este indicador tem relação direta com a capacidade de lubrificação da emulsão no laminador.

O método atual consiste em adicionar emulsão da linha de abastecimento do laminador em um funil graduado (Figura 6) e deixar a amostra em repouso por três horas onde há uma separação entre uma parte do óleo e a água. Após essa etapa é drenada a parte inferior do funil graduado para um balão volumétrico. Em seguida é feita a análise de concentração da emulsão contida no balão volumétrico.

Este método possui algumas desvantagens:

- elevado tempo para execução;
- exposição do executando a risco de segurança (agente químico);
- resultado com baixa precisão e elevada dispersão; e
- imprecisão na coleta de amostra.



Figura 6 - Funil graduado com amostra de estabilidade.

2.2 Desenvolvimento do Novo Método

2.2.1 Levantamento das análises e medição do tempo gasto

O levantamento das análises nos mostrou que o operador passava grande parte do seu tempo retirando amostras, realizando ensaios, pouco tempo atuando no processo, na realização de ajustes e correções para manter sua estabilidade.

Na Tabela 1, verificamos a frequência e o tempo diário na realização dos ensaios. São efetuadas até seiscentos e oitenta e duas análises por mês. Com isso, por mês, são gastos mais de mil horas só com análises da emulsão.

Tabela 1 - Análises efetuadas pelo operador

Análise	Sistema	Frequência	Quant. por dia	Tempo por análise	Tempo diário
Concentração de óleo	A, C1 e C2	diária	3	2:30h	7:30h
Concentração de óleo	B	2 vezes por turno	6	2:30h	15:00h
pH da emulsão	A, B, C1 e C2	diária	4	0:40h	2:40h
Condutividade elétrica	A, B, C1 e C2	diária	4	0:40h	2:40h
Estabilidade da emulsão	B	diária	1	5:30h	5:30h
Total por dia			22	-	36:00h

2.2.2 Pesquisa de alternativas para instalação de equipamentos on-line

Foram avaliadas através de pesquisa de mercado na internet e pesquisa bibliográfica em artigos técnicos as melhores formas para redução do tempo de amostragem ou eliminação das análises “manuais” através da utilização de equipamentos de medição on-line.

A Tabela 2 mostra o resumo dos métodos atuais e dos métodos propostos:

Tabela 2 – Proposta para instalação de equipamentos

Análise	Método anterior	Método proposto
Concentração de óleo	Balão volumétrico	Medição on-line
pH da emulsão	Peagâmetro de bancada	pHmetro on-line
Condutividade elétrica	Condutivímetro de bancada	Condutivímetro on-line
Estabilidade	Balão volumétrico	Balança termogravimétrica

3 IMPLANTAÇÃO DOS MÉTODOS E EQUIPAMENTOS PROPOSTOS

3.1 Medição de Concentração de Óleo

O método escolhido foi a medição *on-line* que mede com precisão a concentração utilizando com princípio do ultrassom, fazendo uso de um transmissor e de um receptor (Figura 7).

A velocidade ultrassônica é diretamente proporcional à densidade do líquido que se deseja medir a concentração. Como a densidade da emulsão varia em função da concentração de óleo é possível, por meio de um controlador que recebe os sinais do sensor e determinar o valor dessa concentração.⁽⁶⁾

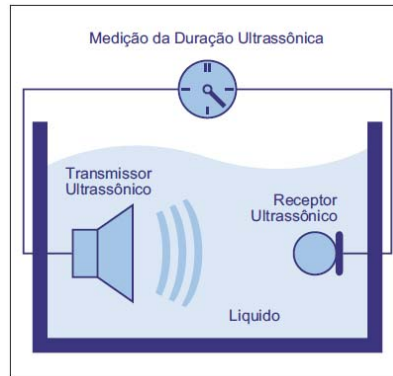


Figura 3 – Esquema do medidor ultrassônico.⁽⁷⁾

As Figuras 9 e 10 mostram o equipamento instalado.



Figura 9 - Sensor de concentração on-line.



Figura 10 - Controlador instalado.

3.2 Medição de Estabilidade

O método escolhido para implantação foi o da termogravimetria (Figura 11).

Neste método a amostra é submetida a uma temperatura levemente superior à temperatura de ebulição da água e inferior a de ebulição do óleo de laminação. Assim, toda a água é evaporada, restando somente o óleo, o que torna possível determinar a sua concentração em massa.

Para efetuar a transformação para concentração em volume, o resultado é multiplicado pelo valor de densidade média do óleo em gramas por litro (g/l).

O aquecimento é feito por lâmpada de halogênio, a qual garante aquecimento uniforme da amostra em alguns minutos e apresenta resultados corretos logo na primeira amostra. Assim, a temperatura objetivada é mantida durante toda a análise.

A tecnologia de halogênio regulamentada em forma precisa permite a determinação exata e rápida da concentração para uma grande variedade de

amostras. O tempo de medição é reduzido em 40% comparado a métodos por infravermelho.

O ajuste de temperatura fixado com o certificado de calibração garante características de secagem idênticas em toda a vida de serviço do equipamento de medição.



Figura 4 – Balança termogravimétrica.⁽⁸⁾

3.3 Análise de pH da Emulsão

Foi optado pelo método de medição através de medidor de pH *on-line*. Neste método um eletrodo de medição (Figura 13) é inserido na tubulação de alimentação da bomba principal dos sistemas de refrigeração do laminador. Este eletrodo é acoplado a um analisador de pH industrial (Figura 12), microprocessado e com escala entre 0 e 14, com compensação automática de temperatura, sistema de auto-calibração, detecção de falha no eletrodo de medição entre outras funcionalidades e características.



Figura 12- Transmissor on-line.⁽⁸⁾



Figura 5 - Sensores instalados no tanque.⁽⁸⁾

3.4 Análise da Condutividade da Emulsão

O método de medição que melhor se adapta a essa aplicação é o condutivímetro *on-line*. Neste método uma célula de condutividade é inserida em uma tubulação de alimentação da bomba principal dos sistemas de refrigeração. Esta célula envia o sinal a um analisador de condutividade elétrica industrial, com range entre 0,01 e 650 (mS/cm),⁽⁸⁾ com compensação automática de temperatura, com sistema de auto-calibração e detecção de falha no eletrodo de medição, entre outras funcionalidades.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Após a implantação do novo sistema de monitoramento e análise da emulsão será possível obter os seguintes resultados:

4.1 Tempo de Análise por Variável

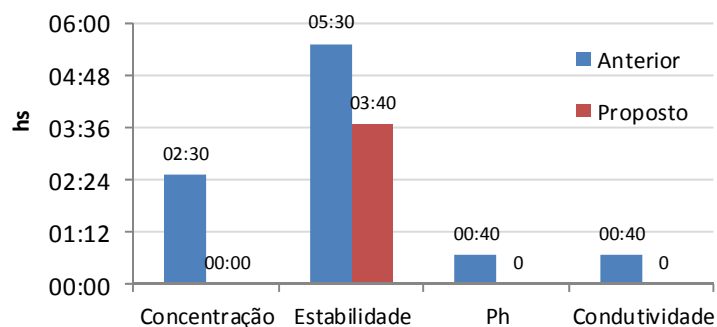


Figura 14 - Gráfico de tempo de análise (período: Janeiro a Maio/2011).

4.2 Custo das análises

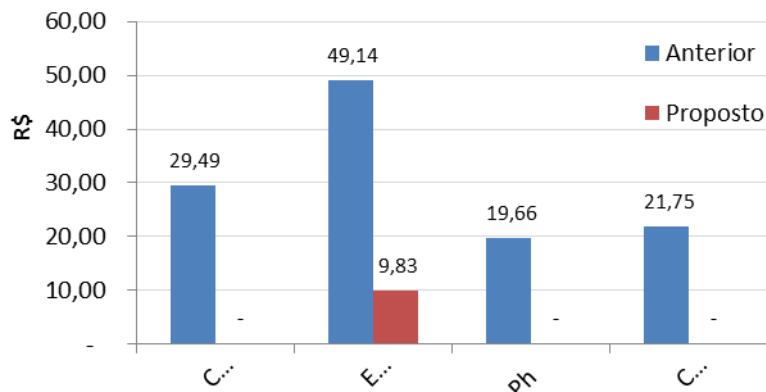


Figura 15 - Gráfico dos custos das análises (período: Janeiro a Maio/2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de concentração de óleo, estabilidade da emulsão, condutividade e pH são fundamentais para garantia da qualidade da emulsão de um laminador de tiras a frio e conseqüentemente para a qualidade do produto final por ele produzido.

Estas variáveis podem ser analisadas de diversas formas, que objetivem a redução da mão de obra necessária para os ensaios e o custo envolvido nesta operação.

A precisão dos ensaios é até dez vezes maiores com os métodos on-line em relação aos métodos anteriores e manuais, eliminando totalmente o erro de paralaxe.

Após a avaliação dos riscos foi possível verificar que os novos equipamentos bloquearam totalmente a utilização de reagentes e compostos.

De forma resumida foi obtido os seguintes resultados:

- menor tempo de resposta dos ensaios;
- redução no custo dos ensaios;
- maior tempo disponível para análise de processo;
- maior estabilidade no processo;
- menor quantidade e freqüência de adições para correções;
- maior precisão nos valores obtidos;
- eliminação da possibilidade de erros de amostragens, ensaios e leitura;
- eliminação da exposição de agentes químicos;
- redução da dispersão de processo; e
- maior estabilidade da emulsão e conseqüentemente do produto e do processo.

REFERÊNCIAS

- 1 BLAND, D.R.; FORD, H. **Cold Rolling With Strip Tension, Part III: An Approximate Treatment of the Elastic Compression of the Strip in Rolling Mills**, Journal of the Iron and Steel Institute, vol. 172, 1952, pp. 245-249.
- 2 PIRES, C.T.A. et al. **Set-up optimization for tandem cold mills: a case study**. In: Journal of Materials Processing Technology, v.173, p.368-375, 2006.



- 3 AUFIERO, A.A.M.; GUIDETTI, G. **Utilização de óleo nas laminações de produtos em aço.** – Laminação de Produtos Planos – ABM.
- 4 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.
- 5 SEMOTO, S. **Situação de uso do óleo de laminação a frio no mundo.** 1990.
- 6 SENSOTECH. **Liquisonic 20 and 30 Liquisonic Lab – Operation Manual.** – Manual de Operação do Fabricante.
- 7 SENSOTECH. **Liquisonic® - Controle de Processos.** – Catálogo Técnico do Fabricante.
- 8 METTLER TOLEDO. **Catálogo Técnico do Fabricante.** – Disponível em: <http://br.mt.com/br/pt/home/products/ProcessAnalytics.html>