

# Limpeza superficial do produto laminados a Frio da VEGA do Sul (1)

*Sérgio dos Santos Rocha (2)*  
*Magleife Eden Guasti Rampinelli (3)*  
*Stephane Serre (4)*  
*Celso Ney Nogueira (5)*  
*José Luiz Amorim (6)*

A limpeza superficial das tiras laminadas à frio após o processamento em laminador de tiras à frio é uma das principais características de qualidade deste produto, para os próximos processos, tendo impacto importante para a qualidade final da chapa laminada à frio ou galvanizada.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento desta característica através do desenvolvimento do insumo para a emulsão do laminador à frio e as várias etapas de modificação de parâmetros, de modo a obter condições de laminação estáveis e uma tira limpa na saída deste processo.

Palavras-chave: limpeza, superfície, laminador, emulsão.

*(1) Contribuição técnica a ser apresentada no 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos 26 a 28 de Outubro de 2004 – Joinville – SC*

*(2) Engenheiro Metalurgista – Coordenador de Processo da área de Decapagem e Laminação a Frio – VEGA do Sul*

*(3) Técnico Metalúrgico – Técnico de Processo Decapagem e Laminação à Frio – VEGA do Sul*

*(4) Engenheiro Eletricista – Responsável do Projeto – Laminador de Tiras à Frio. – ARCELOR*

*(5) Técnico Metalúrgico – Consultor Técnico – VEGA do Sul*

*(6) Técnico Metalúrgico – Consultor Técnico – VEGA do Sul*

## Introdução:

O sistema de emulsões do Laminador de Tiras a Frio da VEGA do Sul, foi projetado em conjunto entre os especialistas de emulsões do então grupo USINOR e os projetistas da SMS DEMAG. Neste projeto foram recolhidas as experiências dos vários engenheiros e técnicos que operavam laminadores à frio na Europa e o corpo de engenharia do grupo. Cada participante pôde ceder seus conhecimentos na operação de sistemas similares, reduzindo o risco da ocorrência de problemas bem como a otimização do sistema que melhor se adaptasse a um laminador com as características do então futuro laminador da VEGA do Sul.

O laminador de Tiras à frio da VEGA do Sul, é um dos principais equipamentos do complexo industrial e está acoplado a uma decapagem contínua, que utiliza solução clorídrica.

Com capacidade instalada para a Fase 1 de 880.000 toneladas ano, tem em seu mix de produção espessuras finais de 0,40 mm a 2,00 mm e largas de 750 à 1875 mm.

Este tem uma potência instalada de 21.000 HP , com motores de corrente alternada. Sua configuração é um quádruplo de 4 cadeiras, dotado de dispositivos CVC (Continuous Variable Crown) em todas as cadeiras, para correção da planicidade; conta ainda com rolo medidor de planicidade na saída do trem, com malha de controle fechada na ultima cadeira, atuando nos dispositivos de nivelamento, bending , CVC e ainda na refrigeração fracionada para lubrificação e refrigeração dos cilindros. O laminador também é dotado de bicos de aplicação direta de óleo na entrada de todas as cadeiras.

A velocidade final da ultima cadeira para a Fase 1 da VEGA do Sul é de 893 mpm, as velocidades médias são da ordem de 550 mpm em alguns casos podendo laminar com velocidade de 300 mpm.

## Desenvolvimento:

O sistema de emulsões do equipamento é composto de 2 sistemas independentes, Sistema 1 e Sistema 2, com capacidades de 300 m<sup>3</sup> e 120 m<sup>3</sup> respectivamente. Estes sistemas podem atuar alimentando com 2 configurações possíveis. Na primeira configuração o Sistema 1 alimenta as cadeiras 1, 2 e 3 e o sistema 2 atende então a 4<sup>a</sup> cadeira. Na 2<sup>a</sup> configuração o Sistema 1 alimenta todas as cadeiras.

Ambos os sistemas são projetados para trabalhar com emulsões de óleo, sendo possível a utilização de concentrações de acordo com as necessidades do processo.

Com foco na proteção ambiental, todos os tanques, desde a coleta no retorno do laminador, os tanques principais, os tanques de estocagem de óleo puro, bem

como a baia de recebimento de óleo encontram-se em contenções de modo a reter eventuais vazamentos.

O tratamento das emulsões após o descarte é realizado por uma empresa do Condomínio VEGA, e é realizado através dos processos físico-químico, biológico e esterilização.

Para alimentação do laminador foram instaladas bombas com as seguintes vazões: 15500 litros por minuto e 3500 litros por minuto respectivamente para os sistemas 1 e 2, com uma pressão de trabalho da ordem de 7,0 Kg/mm<sup>2</sup>. O tempo de permanência da emulsão no sistema em operação normal é da ordem de 25 minutos, permitindo um tratamento adequado desta através dos dispositivos de filtragem e remoção de finos de ferro. Para tanto foram instalados, 3 separadores magnéticos de barra, sendo 2 unidades para o sistema 1 e uma unidade para o sistema 2.

Para remoção da borra formada por óleo e finos de ferro foram projetadas correias oleofílicas, que devido sua grande afinidade por óleos, promovem uma boa limpeza da emulsão. De modo a eliminar pontos “mortos” no sistema, que causariam estagnação da emulsão e sua conseqüente degradação foram projetados agitadores de hélice, fazendo com que a emulsão tenha uma boa circulação (agitação) em todo o sistema.

O tanque dedicado a cadeira acabadora, é dotado também de filtro a vácuo, com elemento filtrante de papel para partículas de tamanho reduzido e para partículas maiores foi instalado também um filtro rotativo auto-limpante. Estes dispositivos adicionais, proporcionam uma emulsão livre de elementos que poderiam causar distúrbios nos sistemas de abertura e fechamento dos bicos da refrigeração seletiva, que está instalada na última cadeira.

#### Formação da emulsão.

As emulsões do tiras a frio são formadas com óleo de laminação e água desmineralizada, a isenção de íons neste tipo de água confere a emulsão melhor qualidade por não apresentar elementos que poderiam interagir com o óleo e também previne o aparecimento de corrosão da chapa devido a íons cloro, presentes por exemplo na água potável.

Para a seleção do óleo de laminação, havia a impossibilidade de realizar-se um teste de laminação em escala industrial, uma vez que o laminador estava em fase de construção. A VEGA do Sul optou em buscar dentro do grupo ARCELOR (Após a fusão entre USINOR, ACERALIA E ARBED, que deu origem ao grupo) laminadores que pudessem ser eleitos como referências técnicas, onde parâmetros pudessem ser adaptados a seu laminador de tiras à frio.

Escolhido o fornecedor passou-se para a escolha do produto que deveria atender algumas características específicas do laminador tais como: baixa velocidade, reduções de até 80 % e boas características de limpeza após os processos seguintes.

Baixas velocidades: O laminador da VEGA do Sul foi projetado para velocidades máximas de 893 mpm na última cadeira, entretanto para uma gama de materiais,

em função do esforço estas velocidades estão limitadas a velocidades finais por volta de 500 mpm o que conduziria a velocidades de entrada da ordem de 120mpm na 1ª cadeira; velocidade na qual há uma transição entre os regimes de atrito, devido a alimentação do arco de contato. Esta variação de atrito causa uma variação dos esforços de laminação, podendo conduzir perturbações no controle de espessura do laminador, o que causaria recusa de material por imperfeições nesta característica. A estratégia portanto, foi de especificar um produto que oferecesse uma pequena zona de transição de atrito em relação à variação de velocidades.

Reduções totais de até 80%.

O principal mercado-alvo da VEGA do Sul é a indústria automobilística, onde uma parcela importante deste mercado são os aços das qualidades IF “intersticial-Free”. Para obtenção das qualidades metalúrgicas destes materiais após a laminação a frio, são necessárias reduções na faixa de 75 a 80% de modo que a energia de deformação acumulada possa promover o efeito desejado. Deste modo para realização destas reduções em um laminador de 4 cadeiras, lembrando que a última cadeira é uma cadeira com objetivos de acabamento, portanto não utilizada para realizar altas reduções, as demais 3 cadeiras tem reduções de aproximadamente 35% em cada cadeira . Quando analisado o esforço das cadeiras 2 e 3, este torna-se ainda mais elevado, pois a tira já teve uma elevação do limite de escoamento em função do encruamento do trabalho à frio. A emulsão deve realizar uma boa lubricidade para estes casos. A baixa velocidade neste aspecto torna-se benéfica, uma vez que não há um substancial aumento da temperatura da tira, dispensando assim a utilização de aditivos de alta pressão e temperatura.

Limpeza nos processos seguintes:

O mix de produtos da VEGA do Sul é composto de materiais galvanizados e materiais laminados a frio não revestidos; no caso de produtos galvanizados estas são produzidas em uma linha que tem em sua seção de entrada, tanques de limpeza, na qual os resíduos de óleo são removidos, porém uma tira com alto nível de sujidade causa uma rápida degradação e consumo da solução de limpeza eletrolítica. Para a outra linha de produtos da VEGA do Sul, a limpeza de superfície da bobina na saída do laminador tem maior impacto na qualidade final do produto, pois após o Laminador de tiras à frio a bobina segue diretamente aos fornos de recozimento em caixa, sem uma seção de limpeza eletrolítica. Os fornos de recozimento utilizam como atmosfera protetora o Hidrogênio puro, e alta convecção, que beneficia também a limpeza superficial da tira.

Testes em laminação piloto.

Uma vez que a empresa encontrava-se em fase de construção, havia a impossibilidade de realização de testes de laminação em escala industrial. Normalmente estes são divididos em pré-testes e testes de longa duração. Nos pré-testes, que usualmente tem duração de 1 dia, são avaliadas as potencialidades do insumo que esta sendo testado e os possíveis problemas que

poderiam ocorrer na etapa seguinte. Passa-se então para o teste de longa duração em escala industrial e têm como objetivo pequenos ajustes e a avaliação detalhada do insumo.

Optou-se então para a realização dos testes em um laminador-piloto, para tanto utilizou-se o laminador de IRSID – Institute de Reserche de la Siderurgique Française, localizado na cidade francesa de Maziere-le-Metz. Trata-se de um laminador piloto com alto nível de automação com ampla gama de recursos tanto para a avaliação dos resultados, como para a aplicação de fluidos de lubrificação. No teste foram simulados as várias condições operacionais da VEGA do Sul, com materiais que representavam o mix de produtos. Todas as configurações foram fielmente reproduzidas, tais como distância e posição de bicos de refrigeração, vazões, velocidades etc.

Foram testadas todas as configurações possíveis, incluindo a utilização de aplicação direta de óleo.

Os testes foram realizados num período de aproximadamente 2 meses.

Após os resultados finais, pode-se constatar a potencialidade do sistema laminador/emulsão, porém foram necessárias algumas pequenas alterações no ponto de funcionamento de modo a otimizar a operação.

Durante a partida do laminador, observou-se que do ponto de vista de esforços de laminação, os mesmos apresentavam condições favoráveis, pois possibilitava esforços de laminação estáveis, mesmo a baixas velocidades. A transição da curva de atrito não apresentava efeito significativo nas condições de laminação, este efeito possibilitava uma operação suave, refletindo positivamente nas malhas de controle do laminador. Não eram observadas variações de espessura no corpo da bobina. Nas transições de bobinas sem alteração de espessuras finais, mesmo com paradas para retirada das bobinas, não eram obtidas fora de tolerância de espessura, tanto na ponta inicial como na ponta final.

Embora as condições de laminação conduzissem à uma tira com grande regularidade de espessura e boas condições de planicidade, a limpeza superficial, apresentava baixos índices de refletância e alto teor de ferro sobre a chapa, o que tornava a tira com aparência escura, os valores de plate-out total sobre a tira, encontrava-se acima dos valores especificados pelo projeto. Os primeiros impactos foram sentidos pela linha de galvanização, onde o banho da limpeza atingia rapidamente sua saturação, ou em alguns casos foram identificados defeitos de revestimento, em função da limpeza deficiente da tira após o desengraxa.

Como ação imediata foi formado um grupo de trabalho para melhoria da limpeza superficial.

Foram observadas variações significativas nos parâmetros do controle da sala de emulsão, que refletiam diretamente sobre o resultado de limpeza, assim uma das primeiras ações foi a redefinição dos parâmetros de trabalhos dos equipamentos de tratamento da emulsão, tais como: filtros magnéticos, agitadores, filtro auto-limpante, separadores oleofílicos.

Alteração do tempo de permanência da emulsão, visando aumentar o tempo na qual a emulsão permanece sendo tratada.

Geração dos finos de ferro.

Como foi observado que havia uma quantidade excessiva de finos de ferro sobre a chapa. O grupo decidiu trabalhar sobre os pontos de funcionamento que tem influência sobre a geração de finos de ferro em todas as cadeiras, porém principalmente na cadeira acabadora, a 4ª cadeira.

Entre estes atuadores pode-se citar:

Rugosidade dos cilindros de trabalho de todas as cadeiras, onde houve uma redução dos valores em todas as cadeiras, de maneira a gerar uma redução desta geração.

Rugosidade dos cilindros de encosto, também foram reduzidas as rugosidades destes cilindros, em conjunto com a redução dos cilindros de trabalho.

Observou-se também uma transferência entre as emulsões dos sistemas 1 e 2 que normalmente trabalham com concentrações diferentes entre si. Esta contaminação demandou um trabalho de vedação entre as cadeiras 3 e 4; a vedação foi realizada tanto na altura da linha de passe como no nível dos cilindros de encostos inferiores. Com esta ação a emulsão da ultima cadeira passou a receber uma quantidade menor de óleo e finos de ferro, assim os dispositivos de limpeza da emulsão, tiveram sua carga de trabalho reduzida.

Foram realizadas simulações numéricas para determinação do estado de deformação que conduziam a um equilíbrio das porções entre deslocamento a avante e à re, com o objetivo de também minimizar a geração de finos de ferro no arco de contato.

Após a regulagem dos equipamentos, como citado acima, foi possível buscar a adequação dos parâmetros de aplicação da emulsão tais como pressão, vazão, temperatura e concentração. Para a definição da melhor combinação entre os diversos controles, o grupo determinou uma estratégia de alterações combinadas entre si, nas quais cada combinação era acompanhada de monitoramento dos resultados.

Após as ações realizadas pôde-se observar uma queda gradativa e constante dos valores de plate-out da chapa, como resultado houve uma redução da saturação da solução do desengraxe da galvanização, com conseqüente aumento da vida útil desta. Os valores de plate-out que nos meses do start-up alcançaram uma média de  $538 \text{ mg/m}^2$ , recuaram para valores de  $230 \text{ mg/m}^2$  no mês de março de 2004, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 57%. As ações também tornaram o processo mais estável, que pode ser comprovado através da redução do desvio padrão destes valores, no qual houve uma redução de 99,4 para  $45,8 \text{ mg/m}^2$ , o que indica uma redução de 54% do desvio padrão.

Outro indicador da limpeza superficial da tira, o tape-test ou scotch-test, que consiste na aplicação de uma fita adesiva padronizada sobre a superfície de tira, em seguida aplicada sobre um cartão branco, também apresentou um aumento significativo dos valores do tape-test, onde inicialmente eram obtidos valores por volta de 46% de refletância, os valores evoluíram para números de por volta de 88% em março de 2004, com um aumento de 47%, e uma redução do desvio padrão de 50,8%. Estes valores referem-se a testes realizados na saída do laminador de tiras à Frio.

### Conclusão

O resultado de limpeza de superfície de 88% de refletância média alcançado atualmente pela VEGA do Sul na saída do seu Laminador a Frio, é 60 % superior quando comparado ao período pós start up , e foi proporcionado por medidas como o desenvolvimento do óleo de laminação em laminação piloto antes da partida do Laminador, e a adequação desse produto e das variáveis de processo através de sucessivas reuniões entre os especialistas da Vega do Sul e especialistas da Quaker Chemical, fornecedor do produto.

### Agradecimentos:

Nosso agradecimentos:

- A equipe do Laminador piloto do IRSID – França, em especial ao Sr. Máxime Laugier – Pesquisador na área de emulsões
- Denis Bouquegneau – Diretor Técnico na área de laminação - ARCELOR
- A equipe da Quaker Chemical – Jose Gomes Quartilho, Amauri Norbiato, Sócrates Lopes Machado



Figura 1 – Vista Geral do Laminador de Tiras à Frio

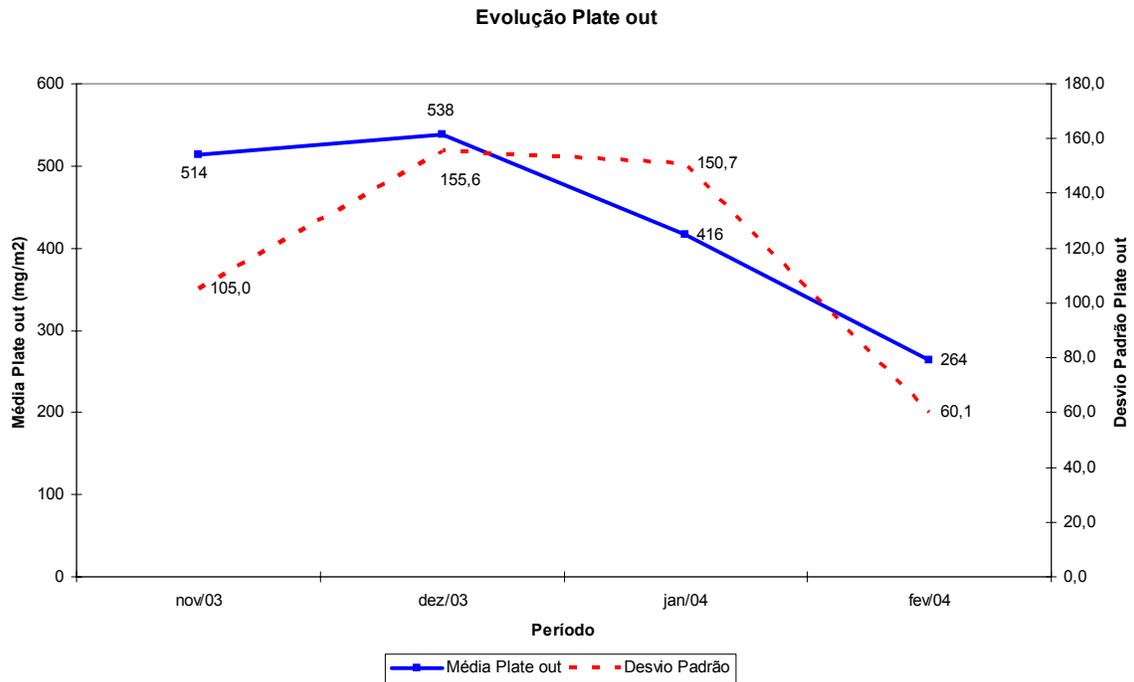


Figura 2 – Evolução do Plate-out total da chapa

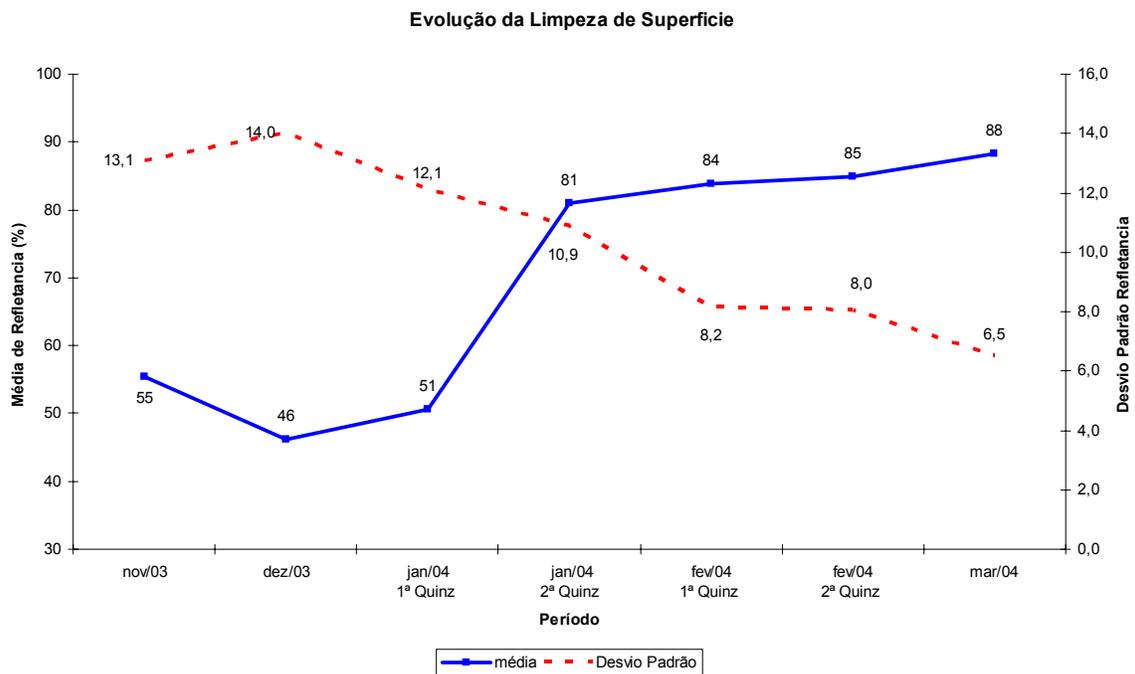


Figura 3 – Evolução do tape-test na saída do laminador

# Surface Cleanness of VEGA do Sul's Cold Rolling Products (1)

*Sérgio dos Santos Rocha (2)*  
*Magleife Eden Guasti Rampineli (3)*  
*Stephane Serre (4)*  
*Celso Ney Nogueira (5)*  
*José Luiz Amorim (6)*

The surface cleanness of strip, after cold rolling Mill is a main quality characteristics of this product. To next process it has a great influence of the final product quality, for uncoated even for coated products.

This paper has the aim to present the development of this characteristics, the main points are tuning of rolling oil and the adjusts of process parameters, in order to guarantee stable rolling conditions and the clean surface at the exit of the process.

Key-words: cleanness, surface, Cold Mill, emulsion.

*(1) Technical Contribution to the 41th Seminar of Brazilian Association of Metallurgy and Materials (ABM)- Joinville – SC – Brazil October 26-28, 2004.*

*(2) Metallurgical Engineer – Process Coordinator Pickling and Cold Mill – VEGA do Sul*

*(3) Metallurgical Technician - Technical Coordinator Pickling and Cold Mill– VEGA do Sul*

*(4) Electrical Engineer – Project Responsible Cold Mill Area – ARCELOR GROUP.*

*(5) Metallurgical Technician – Technical Consultant – VEGA do Sul*

*(6) Metallurgical Technician – Technical Consultant – VEGA do Sul*