

CONTROLE AUTOMÁTICO DE REVESTIMENTO EM LINHAS DE ZINCAGEM CONTÍNUA POR IMERSÃO ⁽¹⁾

Carlos Henrique Gonçalves Campbell ⁽²⁾

Adalberto Souza de Andrade ⁽³⁾

Nilton José Linhares ⁽⁴⁾

Abel Marcos Garcia Ramos ⁽⁵⁾

Helio Evangelista de Souza ⁽⁶⁾

RESUMO

Existem hoje na CSN 4 linhas de zincagem contínuas por imersão e, sendo o zinco um insumo de alto valor, a garantia e o controle do revestimento aplicado a tira de aço é de fundamental importância para a obtenção de um produto que atenda ao mercado e que ao mesmo tempo seja competitivo. Neste trabalho foi desenvolvido um algoritmo com estabilidade dinâmica, para calcular a pressão das cortinas de ar (navalhas) que removem o excesso de revestimento em função das seguintes variáveis: velocidade da linha; distância das navalhas à tira, altura das navalhas e o valor do revestimento medido. Este algoritmo foi implementado num sistema automático e antecipativo com sinal de realimentação do medidor e controlando, portanto, o revestimento com precisão necessária.

PALAVRAS CHAVE

Zinco, Navalhas de Ar, Medidor de Revestimento, Controle Automático Antecipativo

(1) VIII Seminário de Automação de Processos, de 06 a 08 de outubro de 2004, em Belo Horizonte - MG

(2) Engenheiro Eletricista - Engenheiro Especialista da Gerência de Tecnologia da Laminação da CSN

(3) Engenheiro Eletricista - Engenheiro Sênior da Gerência de Recozimento e Zincagem da CSN

(4) Engenheiro Metalurgista - Engenheiro Sênior da Gerência Geral de Galvanizados e Laminados a Frio da CSN

(5) Engenheiro Mecânico - Engenheiro Sênior da Gerência de Produção da CSN-Paraná

(6) Engenheiro Eletricista - Engenheiro Pleno da Gerência de Redução a Frio da CSN

Introdução

O processo de zincagem por imersão a quente é uma etapa importante na siderurgia de produtos planos, principalmente quando são destinados a linha branca (eletrodomésticos em geral); indústria automobilística e construção civil, devido a sua elevada resistência a corrosão em relação aos aços não-revestidos e baixo custo em relação aos aços inoxidáveis. Este processo consiste basicamente em depositar sobre a superfície da tira de aço limpa, geralmente recozida, uma camada de revestimento de uma liga a base de zinco, sendo que normalmente o processo de limpeza e recozimento ocorre na própria linha de zincagem e a deposição da camada ocorre pela passagem submersa da tira em um pote de zinco líquido. Tal camada de revestimento é controlada através de um sistema de cortina de ar (ou um outro fluido gasoso) conjugada a medidores para a determinação de sua espessura. Outros equipamentos, acoplados a linha ou em outros processos posteriores, também são necessários para obtenção do produto zincado final. A figura 1 mostra um lay out esquemático de uma linha de zincagem contínua, que é o objeto desse trabalho, e a figura 2 mostra um esquema de um sistema típico de controle de revestimento de zinco.

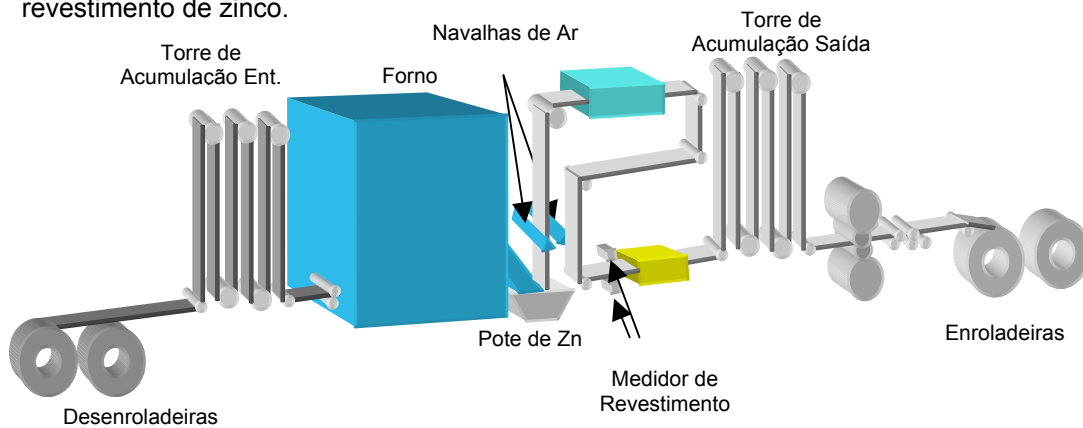


Fig. 1 - Lay out típico de uma linha de zincagem por imersão a quente

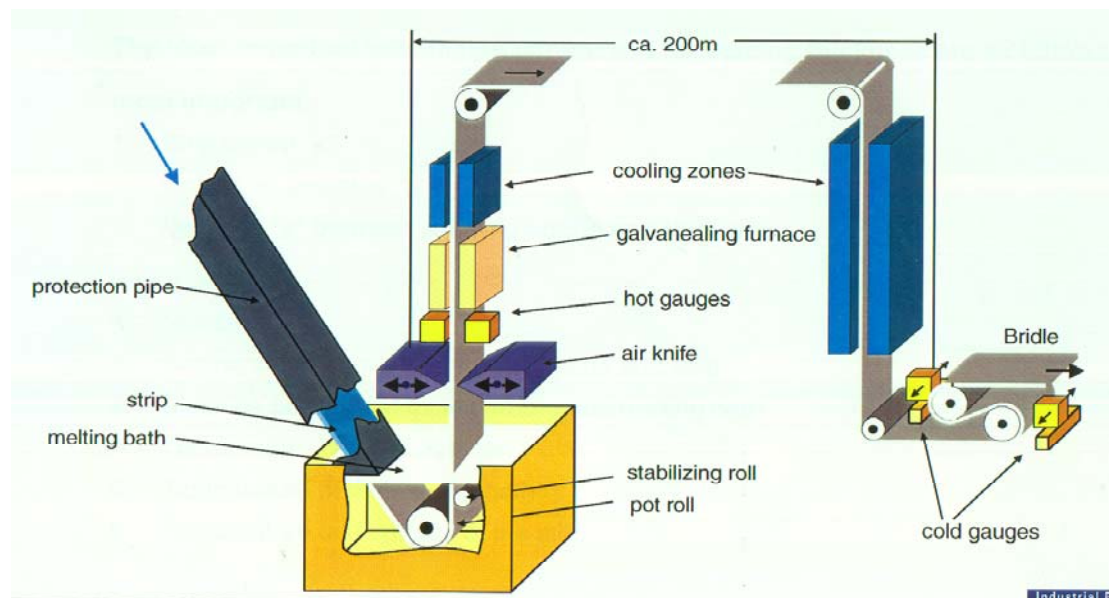


Fig. 2 - Desenho esquemático dos componentes do pote e controle de revestimento

Os processos por imersão são capazes de produzir basicamente quatro tipos de produtos zincados, de acordo com a composição do banho e dos equipamentos capazes de alterar a estrutura de solidificação da camada de revestimento:

- Cristal Normal: A camada de revestimento é solidificada naturalmente, ficando os cristais de zinco à mostra sobre a superfície da tira. Esses produtos normalmente são destinados a construção civil e indústria de telhas e tapamentos em geral
- Cristal Minimizado: A taxa de solidificação da camada é acelerada, de forma a produzir cristais minúsculos de zinco, invisíveis a olho nú. Este efeito também pode ser obtido alterando-se a composição do banho. São produtos destinados a indústria automotiva e, principalmente, a linha branca
- Galvanealed: Após a solidificação da camada de revestimento é promovida a difusão do ferro em direção ao revestimento e do zinco em direção ao aço base, de forma a se obter a transformação da camada de revestimento em uma liga Fe-Zn. É ideal para aplicação na indústria automotiva, devido a boa soldabilidade, sem perder a resistência a corrosão
- Galvalume: O banho é constituído de uma liga com alto teor de alumínio. São produtos destinados geralmente para construção civil.

Para as aplicações nos diversos segmentos é fundamental a obtenção de camadas de revestimento bem definidas, as quais são desenvolvidas e determinadas através das normas com tolerâncias cada vez mais restritivas. Além disso, para manter o produto zincado competitivo no mercado, é muito importante a otimização das matérias-primas e dos insumos. Sendo o zinco o principal insumo no processo de zincagem, o controle cada vez mais preciso da camada de revestimento, que é executado pelas navalhas de ar (Fig. 3) e medidor de revestimento (fig. 4), também é fundamental, de forma que o produto zincado seja sempre um atrativo em relação aos produtos alternativos existentes.



Fig. 3 - Detalhe da Navalha de Ar

Fig. 4 - Detalhe do Medidor de Revestimento

O objetivo desse trabalho é o desenvolvimento de um sistema de controle capaz de atuar na obtenção de produtos com camada de revestimento adequadas e uniforme, e ao mesmo tempo na redução do custo pela otimização do consumo de zinco no processo.

Equipamentos e Materiais

Este trabalho foi realizado na Linha de Zincagem Contínua nº 1 da CSN Paraná e, atualmente, sendo implantado na Linha de Zincagem Contínua nº 2 (LZC#2) da CSN em Volta Redonda. O materiais estudados são aços de baixo teor de carbono revestido em zinco, destinado a fabricação de produtos da linha branca (eletrodomésticos em geral); indústria automobilística e construção civil.

Equipamentos utilizados:

- Computador PC Pentium 4, para a execução do Software do Modelo Matemático (Fig. 5).
- Computador PC Pentium 4, para executar as funções de estação de Operação.
- Blocos Adam (Advantech), para comunicação e I/O remoto.
- Cartão microprocessado para modelamento dos sinais de I/O

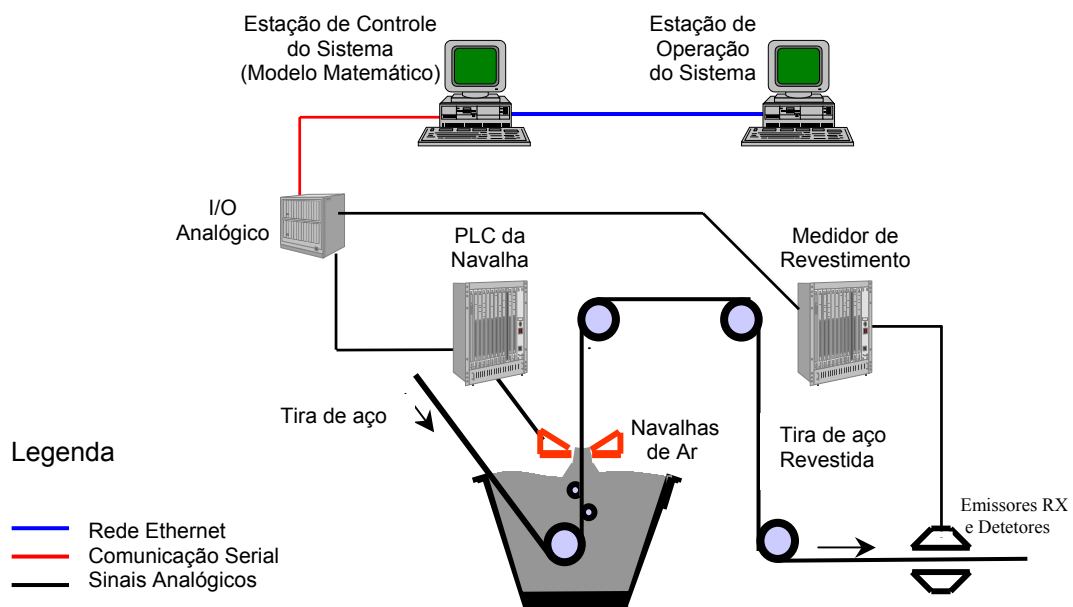


FIG. 5 - Arquitetura do Sistema de Controle Automático de Revestimento da LZC#2

Na Fig. 6 temos a tela principal do Software do Modelo Matemático, e na Fig. 7 temos a tela da Estação de Operação, ambos desenvolvido na CSN utilizando a ferramenta Visual Basic.



Fig.6 - Tela do Modelo Matemático

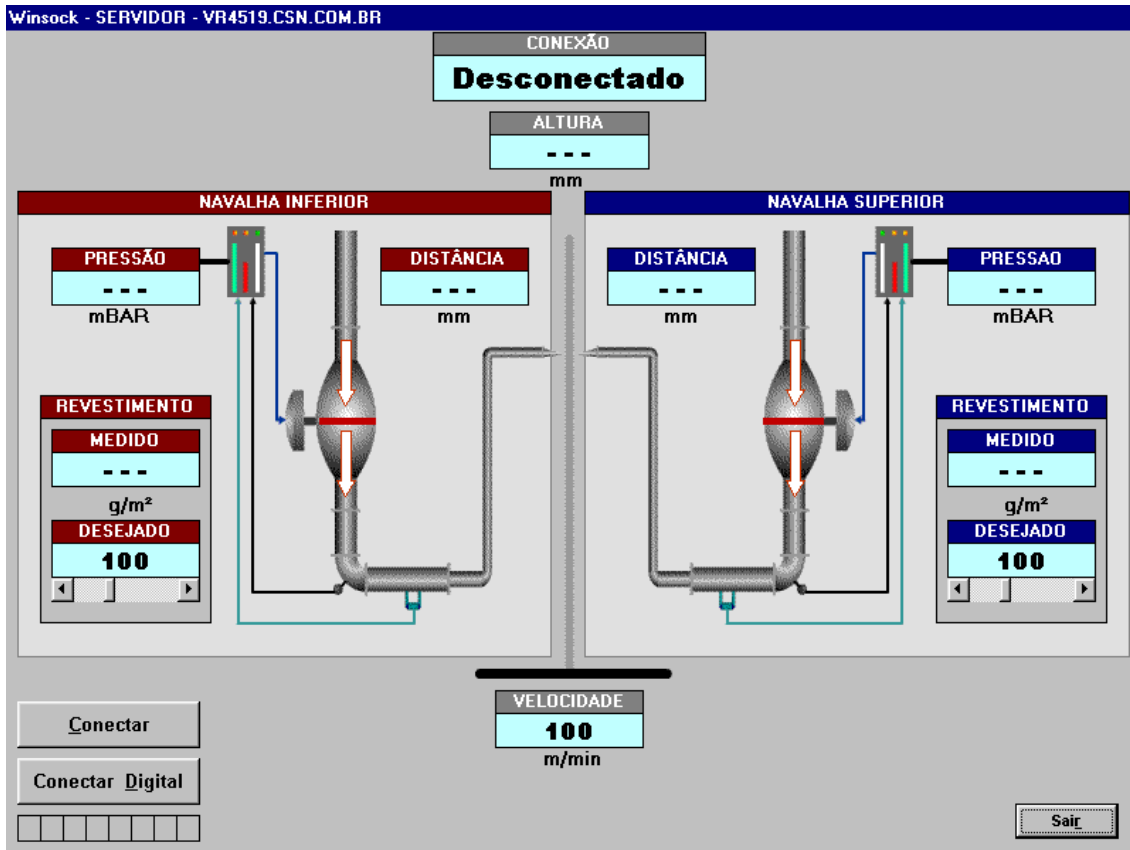


Fig.7 - Tela Principal da Estação de Trabalho

Metodologia

Observando-se a dificuldade que o operador tinha em manter o revestimento de zinco dentro dos limites especificado pelo cliente, atuando manualmente no ajuste da pressão das navalhas de ar, quando havia necessidade da troca do revestimento (produto) e/ou na variação da velocidade do processo, e observando o consumo de zinco além do necessário. Tornou-se necessário desenvolver com recursos próprios um sistema de controle que executasse o ajuste de pressão das navalhas de uma forma eficiente, que garantisse os limites de revestimento dentro dos padrões exigidos. Numa iniciativa inédita foi desenvolvido um algoritmo (Fig. 8) para calcular a pressão das navalhas de ar que removem o excesso de revestimento em função das seguintes variáveis: velocidade da linha; distância das navalhas à tira, altura das navalhas e o valor do revestimento medido, em g/m². Inicialmente foram coletados dados em diversas situações de processo, considerando essas variáveis. As relações entre essas variáveis, as quais mudam de acordo com o equipamento de processo, e o valor do revestimento podem ser exemplificadas, de acordo com os gráficos da figura 9: Este algoritmo foi implementado num sistema automático e antecipativo com sinal de realimentação do medidor de revestimento.

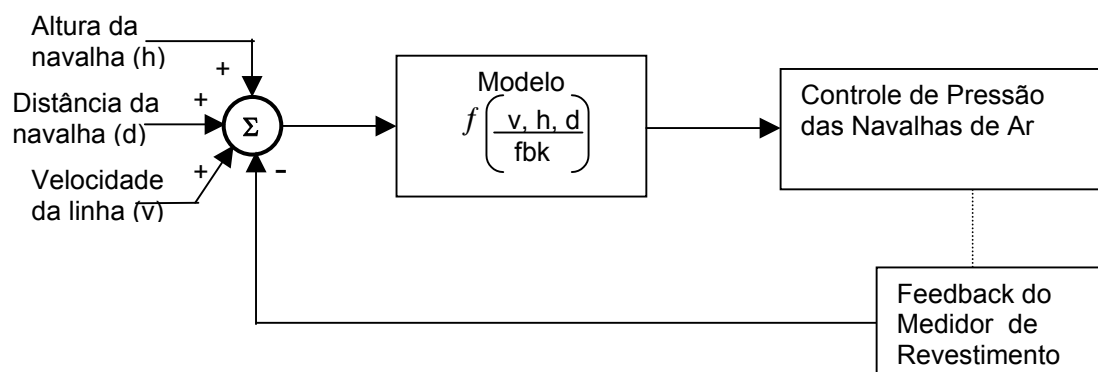


Fig. 8 - Função de Transferência da Malha de Controle

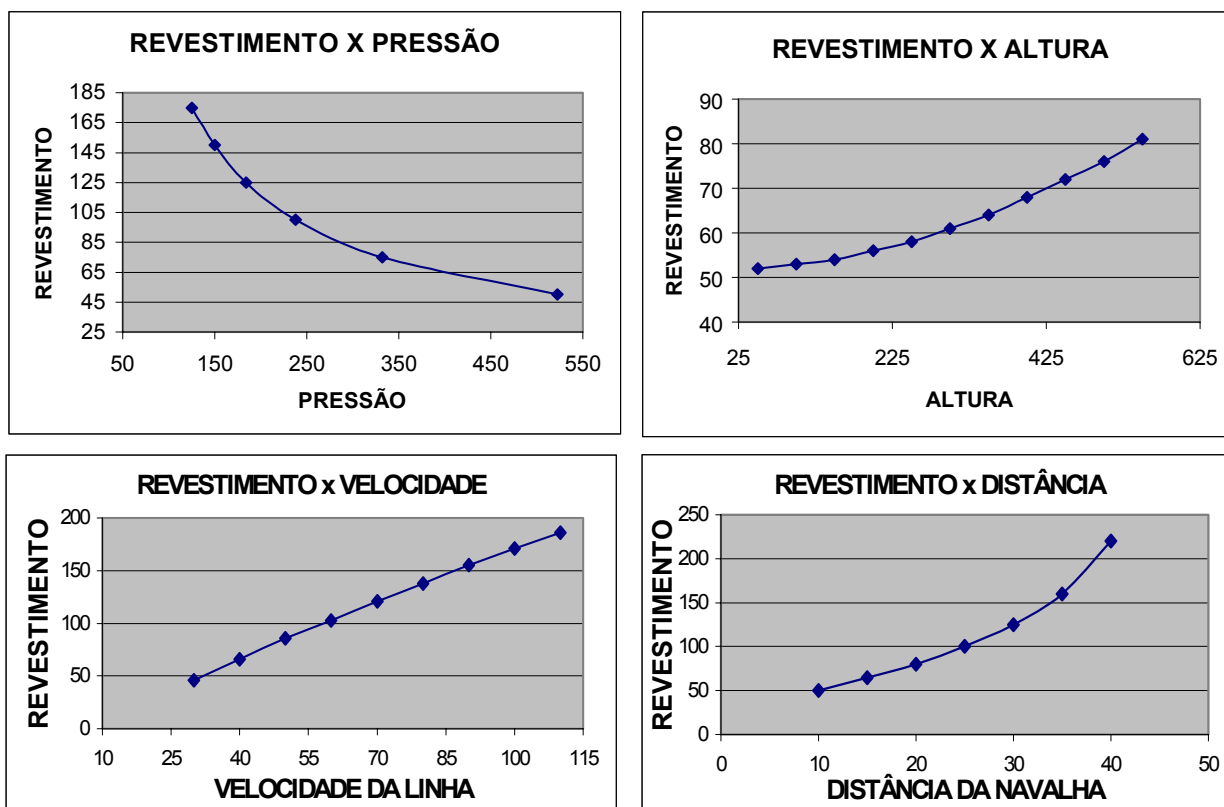


Fig. 9 - Gráficos de Correlações Típicas entre as Variáveis

Resultados

A implantação do sistema tem possibilitado um aumento significativo na uniformidade e estabilidade da camada de revestimento ao longo da tira, conforme mostra os gráficos extraídos de situações reais de mudanças no processo (fig. 10 e 11), nos quais pode se observar a diferença entre os resultados de revestimento, antes e depois do sistema implantado.

Discussão

Durante o processo de zincagem faz-se necessário ajustes constantes na pressão das navalhas - seja em função de mudança no tipo de revestimento ou nos próprios parâmetros de processo da linha - de forma a obter o valor de revestimento desejado. Para executar esta ação o operador necessita mudar o ajuste de pressão das navalhas de ar frontal e posterior (Fig. 8), para que o revestimento atinja o valor desejado, evitando assim que haja revestimento em excesso, ou revestimento abaixo do limite inferior, que neste caso não é aceito pelo cliente. Para executar este ajuste sem o sistema implantado, o operador tem que fazê-lo por tentativas, ou seja mudar as pressões das navalhas, esperar a leitura do medidor de revestimento, cuja distância pode atingir 200 metros das navalhas, e só neste momento verifica o resultado da mudança executada, se não estiver no valor desejado faz novo ajuste, e repete este processo até que o valor informado pelo medidor, esteja dentro das tolerâncias aceitáveis. Pelo exposto acima vemos que, nesses casos, parte do material produzido apresenta variações no revestimento até a estabilização do processo. Com o controle automático antecipativo, a pressão das navalhas é calculada com precisão para cada tipo de revestimento (Fig. 8 e 9), de acordo com as variáveis de processo. Com este sistema aliado ao feedback do medidor de revestimento, o qual verifica se ainda existe alguma diferença entre o valor objetivado e o valor real e envia o erro para o sistema de controle de ajuste de pressão das navalhas, executando assim o refinamento no controle do revestimento, fazendo com que o valor desejado seja atingido rapidamente.

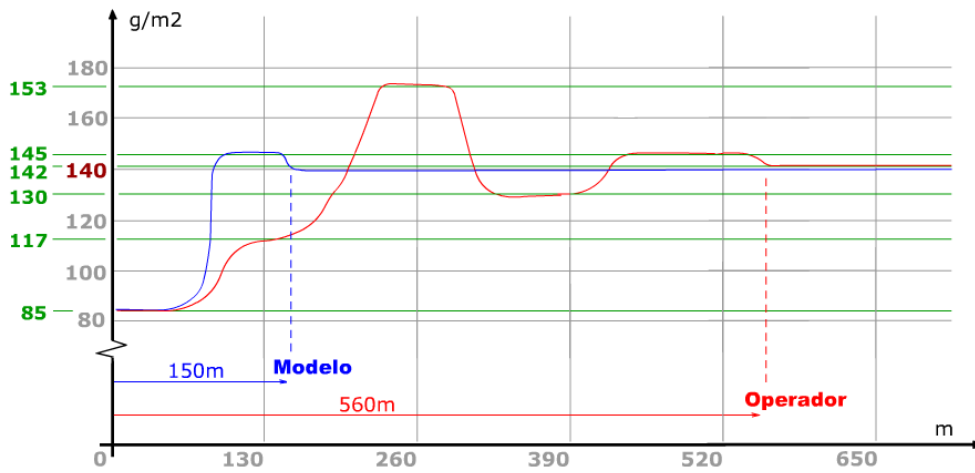


Fig. 10 - Influência da Troca de Material no Controle de Rvestimento

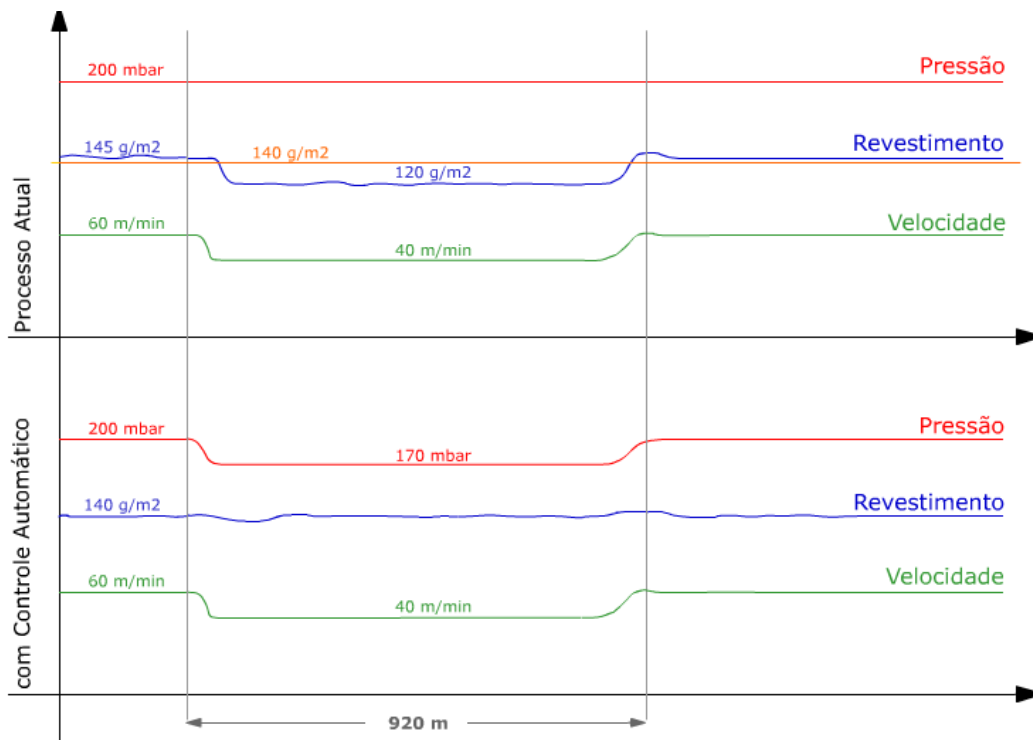


Fig. 10 - Influência da Velocidade da Linha no Controle de Rvestimento

Conclusão

O desenvolvimento e implantação deste sistema tornou possível atingir rapidamente a estabilidade do processo, obtendo-se assim camadas de revestimento mais uniformes, mesmo durante as variações dos parâmetros do processo de zincagem (tipo de revestimento, espessura da tira, velocidade da linha, distância e altura das navalhas, etc.), eliminando a necessidade da atuação do operador em sucessivas tentativas para atingir o valor de revestimento desejado. O aumento na estabilidade do processo permite quantificar e projetar com segurança uma redução no consumo de zinco e, conseqüentemente, a redução no custo

Referências bibliográficas

KATSUHIKO OGATA Control System Compensation Methods. **Modern Control Engineering**. Engewood Cliffs. N.J.: Prentice Hall International Editions, 1990. cap.7, p.605-644.

ROLAND GOUEL Research of Galvanealed Surface X-Ray Fluorecence Gauges. In: Iron and Steel Exposition and AISE annual Convention, 1993, Pittsburg Pennsylvania.

Abstract

There are four Hot Dip Continuous Zinc Coating Lines at CSN Industry, and as zinc is a high value raw material, the coating control is very important in order to get competitive low cost products.

An algorith with dynamic stability was developed in order to calculate the necessary air pressure that remove the exceed coating. This calculation is function of line speed; air knife positions, etc. This algorith was installed in a feedforward and automatic system that receives feedback signals from coating weight gauge. The automatic coating weight control with a good precision is now allowed.

Key words: zinc, air knife, coating gauge, feedforward automatic system

