

REVESTIMENTOS DE ROLOS EM LINHAS CONTÍNUAS DE RECOZIMENTO E GALVANIZAÇÃO A QUENTE ⁽¹⁾

Eduardo Ázer ⁽²⁾
José Pinto Barbosa Furtado ⁽³⁾
Arthur Henrique Laboni ⁽⁴⁾
André Luiz de Souza ⁽⁵⁾
Gilvan Barbosa ⁽⁶⁾

RESUMO

Objetivo: Apresentar o mais moderno processo no Brasil para revestimento de rolos em linhas contínuas de recozimento e galvanização a quente para a indústria siderúrgica, que tem por finalidade melhorar a qualidade das chapas zincadas, através do prolongamento da vida útil, mantendo a qualidade dos rolos e outros componentes da indústria siderúrgica. **Metodologia:** 1. Cromo Duro Eletrolítico - Produz camadas com excelentes propriedades de dureza, adesão, repelência e resistência a corrosão. 2. Aspersão Térmica - Cria camadas com excelentes propriedades de resistência a desgaste, altas temperaturas e corrosão, com alta dureza, combinando revestimento e tratamento termoquímico. Técnicas de aspersão: Fusão – utiliza intensas fontes térmicas gerando camadas de pré-ligas metálicas. Plasma – emprega eletricidade para gerar camadas de materiais refratários e cerâmicos. Hipersônica – produz altíssimas pressões e velocidades criando camadas de carbeto metálicos extremamente duros. **Resultados alcançados ou esperados:** Os Revestimentos de Rolos em Linhas Contínuas de Recozimento e Galvanização a Quente promovem: Proteção anticorrosiva dos componentes de máquinas e equipamentos; proteção antidesgaste de componentes sujeitos a abrasão sob temperatura; proteção contra reação de óxido de ferro, presente na chapa de aço, com os rolos, impedindo a formação de build-up; proteção contra a formação de pick-up; proteção dos rolos com material não-magnético; prolongamento da vida útil dos rolos em relação ao perfil e acabamento superficial; redução de atrito; alta repelência; redução da relação custo/benefício.

PALAVRAS CHAVES

REVESTIMENTO, GALVANIZAÇÃO, CROMO, ASPERSÃO TÉRMICA.

⁽¹⁾ 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, 7 e 28 de outubro de 2004, em Joinville – SC
^(2,3,5,6) Engenheiros, ⁽⁴⁾ Tecnólogo

INTRODUÇÃO

Há um grande número de rolos e cilindros laminadores nos principais processos de fabricação de aço, tais como a laminação a quente, laminação a frio, galvanização contínua e recozimento contínuo. A maioria dos rolos entra diretamente em contato com os produtos de aço sob várias circunstâncias, conseqüentemente, os revestimentos na superfície devem ser projetados com cuidado, preservando-se a função requerida destes rolos.

Muitas técnicas de tratamento de superfície, tais como solda de superfície, endurecimento superficial, cromagem (cromo duro) e aspensão térmica têm sido aplicados a estes rolos com a finalidade de melhorar as propriedades da superfície.

Um contrato de transferência de tecnologia, firmado entre a empresa japonesa Nippon Steel Hardfacing CO. Ltd. e a Cascadura Industrial S/A, implantou no Brasil o processo para revestimento de linhas contínuas de recozimento e galvanização a quente para a Indústria Siderúrgica.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Materiais

1.1. Cromo Duro

As camadas de cromo duro são produzidas por eletrodeposição de cromo metálico a partir de soluções eletrolíticas especiais, sob condições controladas de temperatura, concentração e eletricidade.

O resultado é uma camada fina transparente com excelentes propriedades de dureza, adesão e resistência.

Os revestimentos de Cromo Duro eletrodepositados são largamente utilizados na indústria para proteção de componentes mecânicos, devido às suas propriedades:

- Elevada dureza – 950 a 1050 HV.
- Elevada Resistência ao Desgaste e Abrasão.
- Resistente à corrosão
- Resistente a Altas Temperaturas (até 400°C).
- Baixo Coeficiente de Atrito – Acabamento Ótico (espelhamento) – rugosidade de 0,02µmRa
- Repelência.

1.2. Aspensão Térmica

A tecnologia de aspensão térmica esta sendo um processo capaz de formar revestimentos de alta qualidade a partir de um material metálico ou não metálico, em forma de pó ou arame, fundidos em uma fonte de calor. Em seguida as partículas são pulverizadas e aceleradas contra o substrato, previamente preparado, atingindo-o em estado fundido ou semi-fundido.

Ao se chocarem contra o substrato são achatadas e aderidas tanto no substrato, quanto entre si, gerando uma estrutura lamelar.

A aspersão térmica está se tornando atualmente uma das técnicas modificadoras de superfície mais eficazes para aplicação industrial, sendo uma das tecnologias chaves para melhorar o desgaste e a resistência à corrosão destes cilindros e prolongar sua vida útil. Conseqüentemente, os revestimentos realizados através de aspersão térmica têm sido aplicados em muitos rolos nos processos de produção de aço.

1.2.1. Tipos de Aspersão Térmica

- | | |
|---------------------------------------|--|
| • Aspersão Térmica a Chama | Material Arames |
| • Aspersão Térmica a Arco Elétrico | Material Arames |
| • Aspersão Térmica a Plasma | Material Cerâmicos (pós) |
| • Aspersão Térmica Hipersônica | Material Carbetos e Boretos (pós) |
| • Aspersão Térmica Jato Fusão | Material Auto-fluxantes – ligas Ni,Cr |

1.2.1.1. Aspersão Térmica Hipersônica

Usa a alta velocidade de exaustão dos gases de combustão a alta pressão para aquecer e projetar o material de deposição contra o substrato. A temperatura da combustão é da ordem de 2500C com velocidade de escape de 850m/s (2,5 Mach).

O revestimento resultante apresenta alta aderência, densidade e pouca aspereza.

Retificado com rebolos de diamante podem atingir baixa rugosidade, atingindo acabamento espelhado.

Elevada dureza, com alguns materiais podendo chegar até 1350HV, elevada resistência ao desgaste e abrasão, resistente à corrosão a alta temperatura, chegando até 1050°C.

1.2.1.2. Aspersão Térmica a Fusão

Utiliza intensas fontes térmicas gerando camadas de pré-ligas metálicas com elevada dureza e resistência a abrasão e a corrosão.

Após a fusão a camada torna-se homogênea e a ligação com o metal base (substrato) é metalúrgica.

Ligas autofundentes mais utilizadas são a base de Ni, Cr, Bo, Si e atualmente podemos encontrar ligas enriquecidas com carbetos.

2. Tecnologia de Superfície para rolos nas usinas de aço

2.1. Laminação de Tiras Quentes

É necessário que os rolos para usinas laminadoras de chapas quentes resistam a ocorrência de rachaduras (trincas) e fadiga devido ao calor ocasionado pelos ciclos de aquecimento. O método de depósito por solda – arco submerso e por aspersão térmica – jato Fusão são adotados principalmente nestas circunstâncias.

A Tabela 1 mostra as aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - LTQ.

Tabela 1 – Aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - LTQ

Instalação	Aplicação	Revestimentos	Funções requeridas
Laminador de chapas à quente	Rolo da Mesa Rolo Guia Rolo Alimentador Cilindro Puxador Pino Cilindro Envolvório	Soldas especiais e Ligas Autofundentes	Resistência a escorregamento Resistência ao desgaste Resistência a trincas Resistência a corrosão
	Suporte do mancal do rolo	Aço inox com alto cromo	Resistência ao desgaste

2.2. Laminação de Tiras Frias

Para os Rolos das usinas laminadoras de chapas frias, as características requeridas são a propriedade de resistência ao escorregamento, resistência ao desgaste e características para prevenir marcas transversais - matras.

Os revestimentos de cromo duro e aspensão térmica, selecionados dentre uma gama de materiais, com acabamento de superfície apropriado, têm sido aplicados a muitos rolos nos processo de laminação a frio.

A Tabela 2 mostra as aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - LTF.

Tabela 2 – Aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - LTF

Instalação	Aplicação	Revestimentos	Funções requeridas
Laminador de chapas à frio	Rolo Tensor Rolo Defletor Cilindro Laminador Rolo Secador Cilindro de Tração Bridle Roll Mill Bridle Roll Touch Roll Rolo Anti-Gripping Looper Roll Rolo Endireitador Rolo de Alinhamento	WC-NiCr family e Cromo Duro	Resistência a escorregamento Resistência ao desgaste Resistência à corrosão Resistência à adesão

2.3. Linhas contínuas de Recozimento e Galvanização a Quente

2.3.1. Esboço da linha contínua de recozimento e galvanização - CGL

A Figura 1 mostra o esquema típico de uma linha contínua de galvanização por imersão a quente (CGL). A linha consiste em uma seção de entrada para rebobinagem e limpeza eletrolítica, seção do forno de recozimento, seção de imersão quente, seção de tratamento subsequente e entrega.

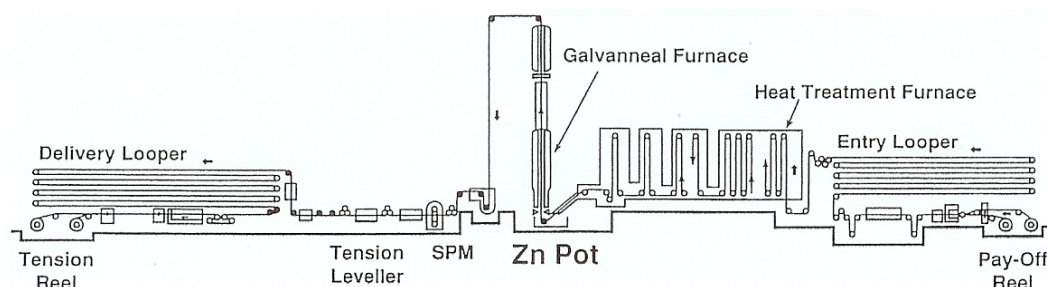


Figura 1 – Layout típico de uma Linha de galvanização a quente contínua

2.3.2. Sink Roll / Support Roll – Rolos do Pote de Zinco

No processo de galvanização contínua por imersão a quente, o ponto mais importante para a qualidade e a produtividade das chapas galvanizadas é que a superfície do rolo de imersão seja protegida do zinco fundido e sua superfície permaneça lisa pelo maior tempo possível. O zinco fundido à alta temperatura, em torno de 400 a 460°C, em contato com a superfície do rolo, forma uma liga Ferro-Zinco devido a diferença de potencial entre ambos. Inicia-se assim um processo de corrosão galvânica, provocando erosão na superfície do rolo e a formação de dross, incrustações duras resultado da reação Zn-Fe.



Figura 2 – Rolo com formação de Dross

2.3.2.1. Características requeridas do revestimento para o rolo de imersão

Para solucionar a questão da corrosão galvânica e incrustações, foi desenvolvido um revestimento a base de Boride-WC-Co family, aplicado pelo processo hipersônico HVOF, resultando em uma camada amorfa, com as seguintes vantagens:

- Resistência a corrosão quente e impermeabilidade contra o zinco fundido – o revestimento inibe o contato direto entre o Zinco fundido com a superfície do rolo

- b) Resistência a adesão contra crostas de zinco (zinco e ligas de zinco, alumínio e ferro) – em virtude de não ocorrer a corrosão galvânica, não há a formação de dross.
- c) Resistência ao zinco fundido – o revestimento não forma liga com o Zinco.
- d) Resistência ao desgaste – o revestimento possui dureza elevada, mantendo o perfil do rolo (groove) por maior tempo.

2.3.3. Rolos do Forno

O forno de recozimento consiste em cinco zonas: zona de aquecimento, zona de encharcamento, primeira zona de refrigeração, zona de superenvelhecimento e segunda zona de refrigeração.

A zona do aquecimento eleva as chapas de aço a uma temperatura de recozimento específica de aproximadamente 1050°C. A zona de encharcamento embebe as chapas ao longo dos sentidos transversal e longitudinal a uma temperatura de recozimento predeterminada.

As zonas de refrigeração e superenvelhecimento são arranjadas de modo que a curva de refrigeração das chapas de aço possa ser selecionada dependendo de sua qualidade. Dentro destes fornos de recozimento a atmosfera é de N₂-H₂.

Rolos de forno, instalados em fornos de recozimento contínuo, são expostos a altas temperaturas na faixa de 400 a 1050°C.

Em temperaturas tão altas e sob atmosfera de N₂-H₂, o ferro e o óxido de ferro das chapas de aço são facilmente transferidos a superfície do rolo. Estes nódulos duros que aderem a superfície do rolo, chamados em inglês *build-up*, podem causar entalhes, marcas e furos nas chapas recozidas.

1.3.3.1. Características requeridas para revestimentos em rolos de forno

A seguir estão as características essenciais para aplicações de rolos de forno.

- a) Resistência a formação de nódulos
- b) Resistência a temperaturas elevadas
- c) Resistência a choque térmico
- d) Estabilidade química a elevadas temperaturas em atmosfera de N₂-H₂
- e) Resistência ao desgaste

Uma vez que os rolos do forno transferem as chapas de aço em altas velocidades e elevadas temperaturas, revestimentos devem ser projetados para resistir ao desgaste, choque térmico e formação nódulos na superfície do rolo.

É especialmente importante prevenir a formação de nódulos na superfície do rolo .

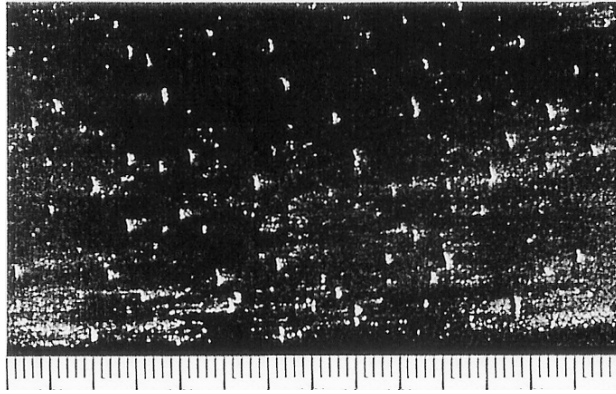


Figura 3 – Deposições típicas em rolos de forno

2.3.4. Rolos de processos de laminação a frio e suas características requeridas (*indicados na Tabela 2*)

Muitos rolos trabalham em atmosfera de ar nas usinas de laminação a frio e CGL. São chamados rolos processadores. As funções requeridas para estes rolos dependem de sua condição de operação.

Entretanto, os rolos entram em contato com as chapas produzidas, de modo que suas propriedades de superfície constituem um fator importante para assegurar a qualidade da superfície das chapas. Geralmente, as propriedades do revestimento requeridas para os rolos processadores são as seguintes:

- a) Resistência ao desgaste
- b) Retenção da rugosidade de superfície
- c) Resistência ao deslizamento
- d) Antiadesão de zinco
- e) Antiadesão de ferro

A Tabela 3 mostra as aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - CGL.

Tabela 3 – Aplicações típicas de revestimentos nas usinas de aço - CGL

Instalação	Aplicação	Revestimentos	Funções requeridas
Linha de recozimento	Rolos do forno	Cr ₃ C ₂ -NiCr family	Resistência a inclusões Resistência a escorregamento
	Rolo RQ	Cerâmica Al ₂ O ₃ -ZrO ₂	Resistência ao excesso de refrigeração Resistência ao desgaste
Linha de galvanização	Rolos de imersão	Boride-WC-Co family	Resistência a adesão contra crostas de zinco Resistência a corrosão Resistência a abrasão
	Rolo superior (Top Roll)	WC-Co family	Resistência a adesão contra crostas de zinco Resistência ao desgaste Resistência a abrasão
	Embocadura	Cerâmica ZrO ₂	Resistência a adesão contra crostas de zinco
	Ponta de eixo Sink e Support Roll, Mancais, buchas e luvas	Ligas Autofundentes	Resistência ao desgaste Resistência a corrosão Resistência a erosão

RESULTADOS

Com relação aos rolos nas usinas de laminação, os estudos de suas funções respectivas e das Tecnologias de Superfície - Revestimentos adequados às exigências são resumidos a seguir:

- 1) Para os rolos SINK ROLL e SUPPORT ROLL (rolos de imersão) em linha contínua de imersão a quente, o comportamento da difusão do zinco no revestimento de metal Boride-WC-Co family por aspersão térmica HVOF tem permitido a anti-adesão de crostas de zinco na superfície do rolo.
- 2) Para os rolos do forno em linha contínua do recozimento, a aplicação de revestimentos de Cr₃C₂-NiCr family, que combinam a resistência à formação de nódulos e resistência ao choque térmico, tem se sido aplicado com sucesso, aumentando a vida útil dos rolos e a qualidade das chapas.

- 3) Para os rolos processadores instalados em usinas de laminação a frio, com a aplicação do revestimento de Cromo Duro e WC-NiCr family por aspersão térmica HVOF tem sido eficaz para a resistência ao desgaste e a manutenção da superfície.

A Tabela 4 mostra o aumento de vida útil respectivo a cada aplicação

Aplicação	Vida Útil sem Revestimento	Vida Útil com Revestimento	Ganho de vida útil
Sink Roll	7 a 15 dias	75 dias	5 a 10 vezes
Support Roll	7 a 15 dias	75 dias	5 a 10 vezes
Tension Meter Roll	60 dias	360 dias	6 vezes
Anti Crippling Roll	60 dias	360 dias	6 vezes
Mill Center Bridle Roll	36 meses	60 meses	1,67 vezes
M.D. Bridle Roll	36 meses	60 meses	1,67 vezes
Top Roll	06 meses	12 meses	2 vezes
Pinch Roll	60 dias	360 dias	6 vezes
Double Pinch Roll	60 dias	360 dias	6 vezes
Deflector Roll	60 dias	360 dias	6 vezes
Entry Seal Roll			
Mancal Support Roll	N/a	45 dias	*
Luva Support Roll	N/a	30 dias	*
Luva Sink Roll	N/a	30 dias	*

*** Os mancais e as luvas eram confeccionados em liga especial. A aplicação do revestimento possibilita a confecção em materiais comuns proporcionando redução de custo.**

CONCLUSÃO

Com a recente tendência crescente para a grande demanda de qualidade das chapas zincadas produzidas e condições operacionais mais rigorosas no uso de rolos em usinas de aço, novos materiais de revestimento e avançadas tecnologias de tratamento de superfície foram desenvolvidas e estudadas para poder atender as Usinas Siderúrgicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Nippon Steel Hardfacing - Cat. Transferência de Tecnologia Vol. 1,2,3, e 4.
- 2) Nippon Steel Hardfacing - Catálogo
- 3) Sulzer Metco - Catálogo

ABSTRACT

Objective: Present the most modern process in Brazil for coatings to annealing and hot galvanization continuous lines for metallurgical industry, which is intended to improve the quality of zincated sheets, by increasing life time, keeping the quality of rolls and other components of metallurgical industry. **Methods:** 1. Hard Chrome – Produces coatings with excellent hardness, adhesion, repellence and corrosion resistance properties. 2. Thermal Spraying – Creates coatings with excellent wear, high temperature and corrosion resistance properties, high hardness, combining coating and thermochemical treatment. Thermal Spraying Technics: Fusion – uses intense thermal sources to generate prealloy metallic coatings. Plasma – utilizes electricity to generate refractory and ceramical materials coatings. Hipersonic – produces very high pressures and velocities to create extremely hard metallic carbonates coatings. **Desired or Achieved Results:** The coatings to annealing and hot galvanization continuous lines provides protection against wear of machine and equipments components submitted to abrasion under high temperature; protection against iron oxide reaction, present on steel sheets, with the rolls, preventing the creation of build-up; protection against creation of pick-up; protection of rolls with non-magnetic material; increasing life time of rolls related to profile and surface finishing; reduction of friction; high repellence; reduction of cost/benefit ratio.

KEY-WORDS

COATING, GALVANIZATION, CHROME, METALIZATION.