

# AÇOS PRÉ-REVESTIDOS DE ELEVADA ESPESSURA<sup>1</sup>

Daniel Augusto Ferro<sup>2</sup>

## Resumo

Atualmente o mercado de aço plano brasileiro possui uma limitação de espessura máxima de 3mm para o fornecimento de aços pré-revestidos. Com base nessa afirmação e, visando o contínuo desenvolvimento da indústria da transformação, objetiva-se com este trabalho disseminar aos consumidores de aços planos, bem como os projetistas de componentes conformados, a inovação oferecida ao mercado pela Brasmetal Waelzholz em processar aços planos pré-revestidos com espessuras entre 3mm e 5mm. A conformação de aços planos nesta faixa de espessura caracteriza-se por apresentar elevada força de estampagem e elevado atrito durante a conformação. Com o intuito de auxiliar este processo, atualmente é possível a conformação de aços planos com espessuras de até 5mm das mais variadas especificações e pré-revestidos com lubrificantes sólidos, que reduzem os esforços e o atrito durante o processo de estampagem aumentando a vida da ferramenta e elevando o grau de conformação da peça. Outra possibilidade latente está relacionada com o revestimento de zinco que atua como anodo de sacrifício protegendo o aço contra oxidação, além da proteção catódica característica do zinco. Neste trabalho também serão listados os possíveis revestimentos que poderão ser aplicados nos materiais de até 5mm de espessura.

**Palavras-chave:** Aços pré-revestidos; Fosfato; Zinco; Espessura elevada.

## PRE-COATED STEELS WITH HIGH THICKNESS

### Abstract

Nowadays brazilian's steel market has a limitation of thickness of 3 millimeters maximum for supply pre-coated steels. With this information and looking for continue development of transformation industry, the target of this work is to disseminate to the flat steel users and designers of stamping parts the innovation offered to the market by Brasmetal Waelzholz in processing of pre-coated flat steels with thickness between 3 and 5 millimeters. The forming of flat steels in this range of thickness is characterized by the high stamping force and coefficient of friction. To help this process, nowadays is possible the forming of flat steels with thickness until 5 millimeters with a variety of specifications and pre-coated with solid lubricants that reduces the force and coefficient of friction during stamping process that allow increase of the tooling life and the drawing of the part. Another possibility is related to the zinc coating that act as a sacrificial anode protecting steel against rust, also cathodic protection related to zinc. In this work also be listed the possible coating that can be applied in flat steels until 5 millimeters of thickness.

**Key words:** Pre-coated steels; Phosphate; Zinc; High thickness.

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

<sup>2</sup> Eng. Desenvolvimento da Brasmetal Waelzholz S/A Ind. e Com. – [dferro@brasmatal.com.br](mailto:dferro@brasmatal.com.br)

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos são os revestimentos aplicados em aços planos e diversas são as finalidades de cada tipo de revestimento.

Dependendo do grau de conformação da peça, a estampagem de aços de elevada espessura pode apresentar maior desafio se comparada com a estampagem de aços de menor espessura. Entre estes desafios está o maior atrito entre a tira de aço e a ferramenta, maior força de conformação, trincas na peça decorrentes do maior atrito, quebra e/ou desgaste excessivo da ferramenta entre outros.

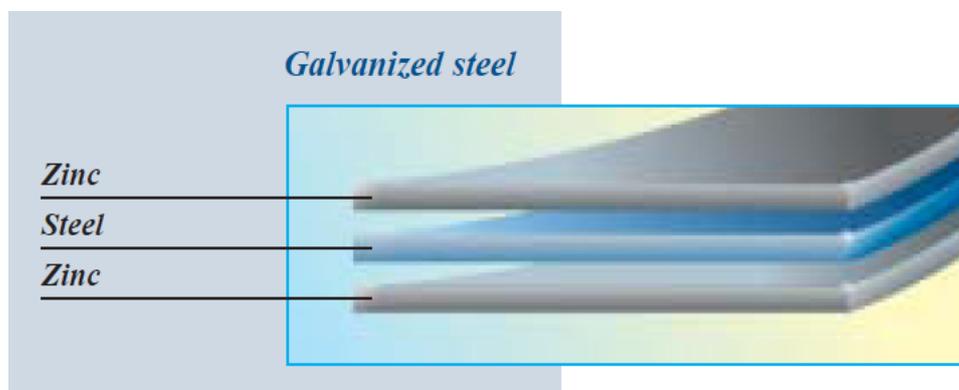
O mercado brasileiro de aço plano conta hoje com a possibilidade de fornecimento de aços pré-revestidos com espessuras de até 3 mm, entretanto para espessuras acima de 3mm é necessário fazer o revestimento em peças, o que acaba gerando custo de processamento devido a necessidade de, na maioria dos casos, enviar as peças a terceiros para o processo de revestimento em gancheiras, elevando assim o lead time de produção e o custo logístico e final das peças.

Visando ampliar a faixa de espessura dos aços planos pré-revestidos disponíveis no mercado brasileiro, a Brasmetal Waelzholz investiu em melhorias na linha de revestimento contínuo de modo a produzir aços planos pré-revestidos com espessuras de até 5mm. Este trabalho tem o objetivo de difundir essa informação entre as empresas que processam o aço e revestem a peça posteriormente e/ou empresas que tem problemas de desgaste excessivo de ferramenta e trincas na peça estampada com material de até 5mm de espessura.

O beneficiamento do aço através do revestimento de zinco promove excelente resistência a corrosão em diferentes atmosferas, em água doce com diferentes níveis de dureza e em contato com muitas substâncias naturais e sintéticas. O revestimento de zinco é amplamente utilizado na proteção de produtos acabados desde aços estruturais para prédios e pontes até porcas, parafusos, arames e tubos. A relação eletroquímica entre o aço e o zinco permite que a camada de zinco proteja a região de corte e pontos onde haja falha de revestimento através de proteção catódica.<sup>(1)</sup>

A camada de zinco é eletrodepositada sobre uma superfície de aço, previamente preparada para tal, a partir de uma solução de sais de zinco.<sup>(2)</sup>

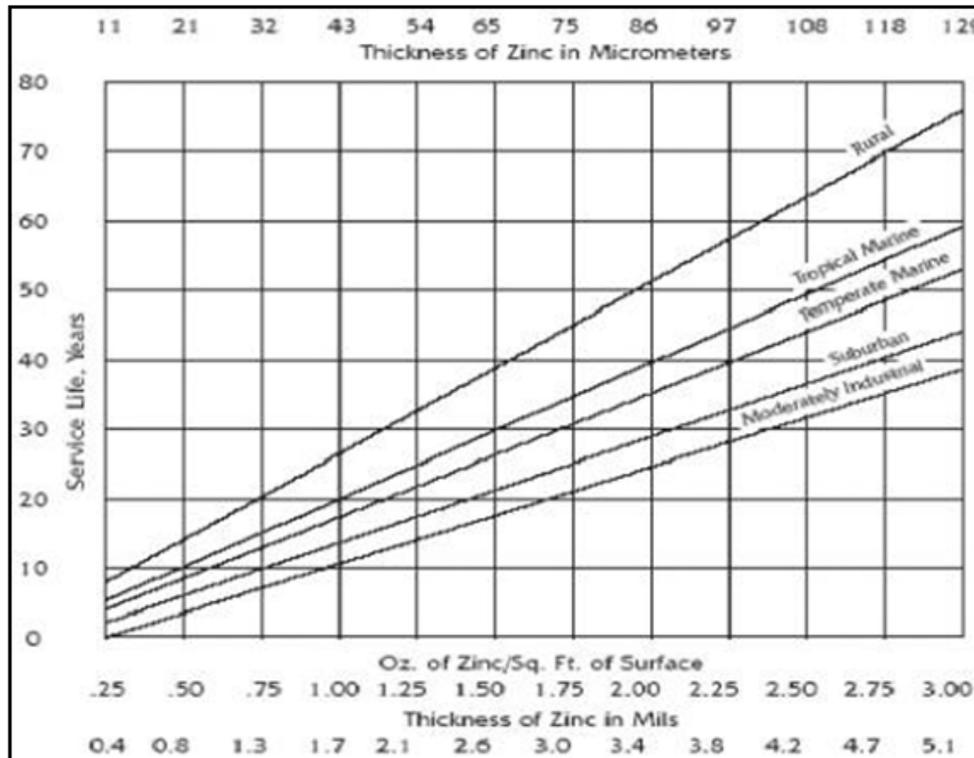
A Figura 1 mostra a condição do aço plano após zincagem:<sup>(3)</sup>



**Figura 1:** Ilustração do aço pré-revestido.

A Figura 2 mostra a vida útil do material zincado em diferentes ambientes versus a quantidade de zinco, salientando que a vida útil da amostra é definida como o tempo necessário para corrosão de até 5% da superfície.

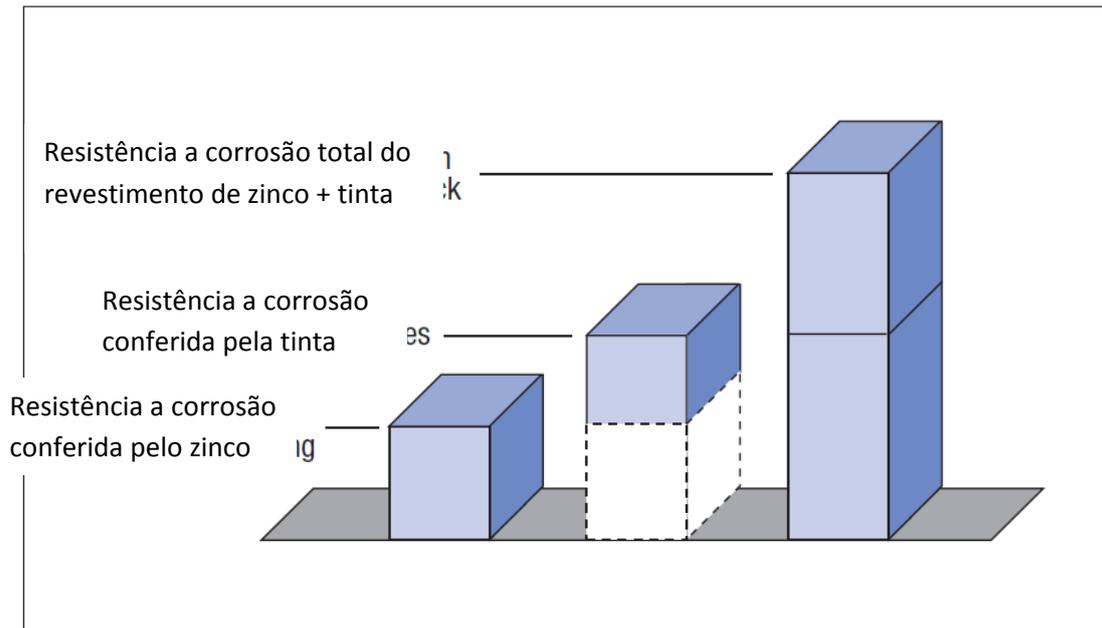
## Service Life\* vs. Coating Zinc Thickness



\* Service life is defined as the time to 5% rusting of the steel surface

Figura 2: Vida útil de materiais revestidos em diferentes ambientes.<sup>(4)</sup>

Conforme Figura 3 é possível notar que uma peça zincada e pintada apresenta resistência a corrosão superior a soma das resistências a corrosão conferida pelo revestimento de zinco e pela tinta separadamente.



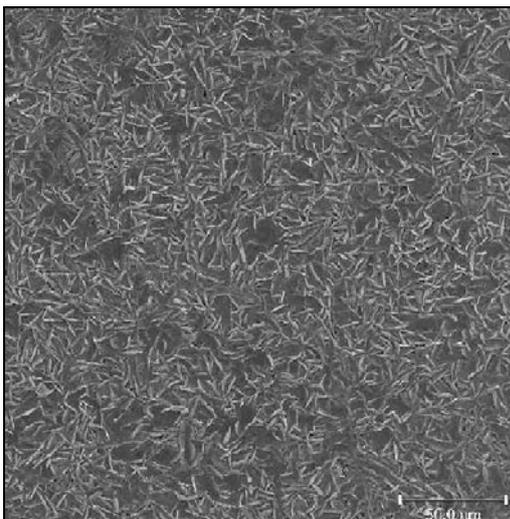
**Figura 3:** Resistência a corrosão devido revestimento de zinco + tinta.<sup>(5)</sup>

Outro revestimento de grande potencial para estampagem de materiais de maior espessura é o revestimento de fosfato de zinco.

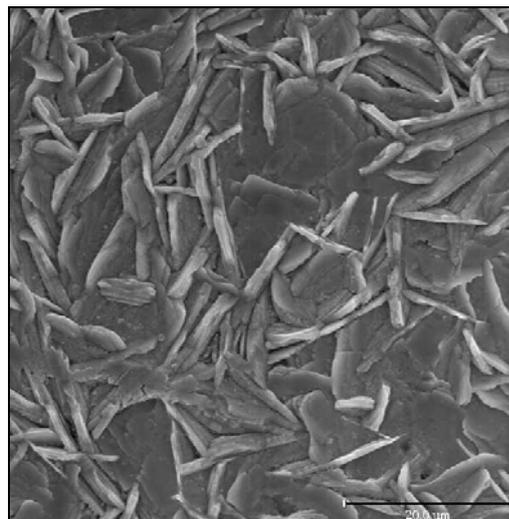
A fosfatização consiste em um tratamento do metal, mergulhado em uma solução diluída de ácido fosfórico e outros produtos químicos (aceleradores) de maneira a se formar sobre este, uma camada densa, contínua, não metálica e insolúvel de fosfato cristalino ou amorfo. Os mais comuns são os fosfatos de Mn, Fe e Zn.<sup>(6)</sup>

A fosfatização é a conversão de um metal em um óxido, hidróxido ou sal do metal através de reações eletroquímicas que podem ocorrer devido a imposição de corrente ou devido ao ataque do metal por um oxidante presente na solução.<sup>(7)</sup>

A Figura 4 mostra um exemplo de microestrutura de camada de fosfato de zinco em aço de baixo teor de carbono.



Aumento: 500X

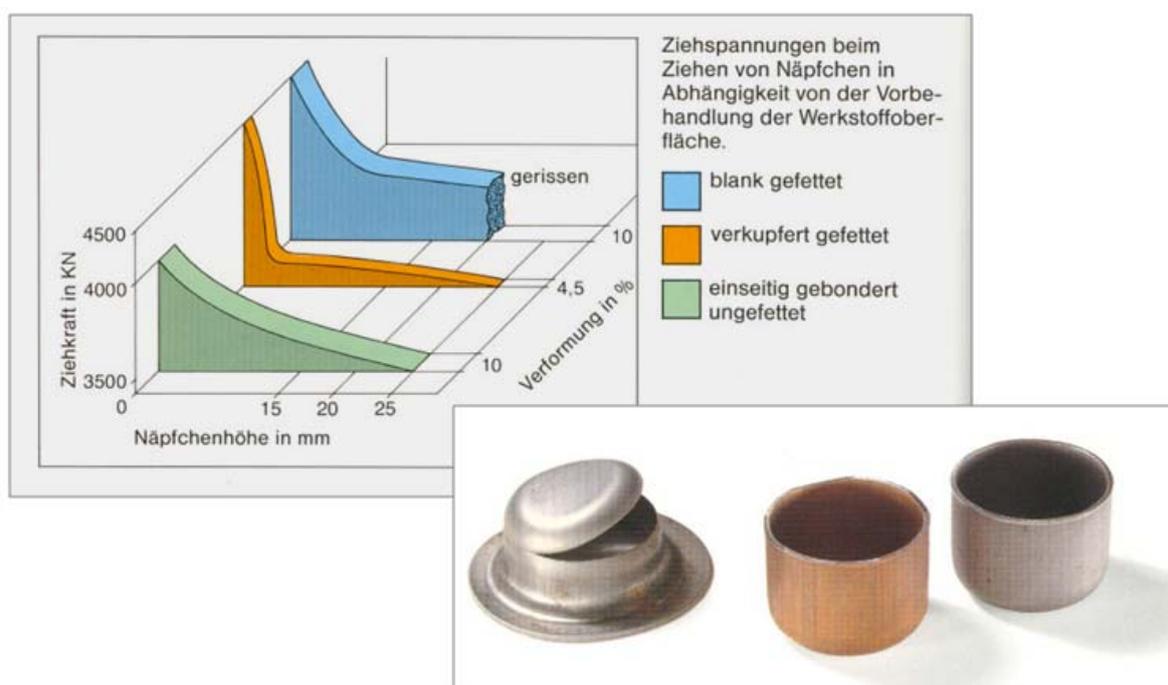


Aumento: 2.000X

**Figura 4:** Camada de fosfato de zinco em tira de aço de baixo carbono – MEV.<sup>(7)</sup>

Este revestimento evita o contato metal/metal e acumula mais óleo em sua estrutura promovendo melhor lubrificação durante etapa de estampagem conforme exemplificado na Figura 5. Também pode ser utilizado um sabão (estearato de sódio ou estearato de cálcio) que reage com a camada de fosfato de zinco formando uma camada de estearato de zinco. A qualidade dessa camada de sabão depende dos parâmetros físicos e químicos do banho, tais como temperatura, concentração, acidez e tempo de submersão.<sup>(8)</sup>

A Figura 5 mostra a força de estampagem em relação a altura do copo estampado e a porcentagem de deformação para três materiais distintos (aço baixo carbono sem revestimento – em azul, cobre – em vermelho e aço baixo carbono fosfatizado – em verde). Pode-se observar que para a mesma porcentagem de deformação, o aço fosfatizado atingiu maior altura do copo com menor esforço de estampagem se comparado com o aço sem revestimento, isso comprova a capacidade lubrificante do fosfato.



**Figura 5** – Força de estampagem versus altura de embutimento versus % de deformação.<sup>(9)</sup>

Outros revestimentos possíveis de serem aplicados porém com menor aplicação em materiais de maior espessura são: níquel, cobre, latão e estanho.

Os revestimentos de níquel e latão são normalmente utilizados para aplicações onde se deseja um bom acabamento superficial sendo que essa característica raramente se aplica a materiais com espessuras entre 3mm e 5mm. Apesar de pouco usual, o latão pode ser utilizado como lubrificante em operações de estampagem.<sup>(10)</sup>

O revestimento de cobre é normalmente aplicado em peças com características elétricas, entretanto o cobre também atua como lubrificante sólido em operações de estampagem.<sup>(10)</sup>

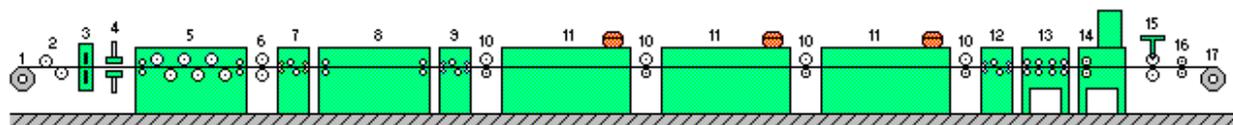
O revestimento de estanho é normalmente utilizado quando se deseja boa soldabilidade onde, dependendo do tipo de material e da dificuldade na soldabilidade do mesmo, torna-se vantajoso.<sup>(10)</sup>

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram processados cinco bobinas na Brasmatal cujas dimensões, espessura e largura, são de 5 mm e 205 mm respectivamente. A composição química e propriedade mecânica do material processado obedecem as encontradas no aço LNE 260 conforme NBR 6656: 2008.<sup>(11)</sup>

Além destas bobinas foram processados na mesma linha de revestimento outros materiais de espessura e largura 3 mm e 488mm respectivamente, cuja propriedade mecânica e composição química obedecem a qualidade EPA conforme NBR 5906: 2008.<sup>(12)</sup>

Todos os rolos foram processados na linha de revestimento da Brasmatal Waelzholz conforme figura 6 para o exemplo do revestimento de zinco com adição de lubrificante sólido, salientando que os tanques são intercambiáveis podendo haver ligeira alteração na disposição dos mesmos de acordo com cada tipo de revestimento a ser aplicado. A camada de fosfato de zinco aplicada foi da ordem de 3 g/m<sup>2</sup> com adição de estearato de sódio de modo a formar uma camada de sabão auxiliando na lubrificidade do material.



Legenda:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1 - Desbobinador                   | 10 - Rolos transmissor de energia           |
| 2 - Guia da tira                   | 11 - Banho eletrolítico                     |
| 3 - Máquina de solda               | 12 - Lavagem (escovamento/acabamento final) |
| 4 - Prensa                         | 13 - Aplicação do lubrificante              |
| 5 - Desengraxante químico          | 14 - Secador                                |
| 6 - Rolos de apoio                 | 15 - Rolo tracionador                       |
| 7 - Lavagem                        | 16 - Controlador de borda                   |
| 8 - Ativação                       | 17 - Enrolador                              |
| 9 - Lavagem (escovamento/ativação) |   |

**Figura 6** – Ilustração da linha contínua de revestimento eletrolítico.<sup>(6)</sup>

A medição da camada de fosfato e sabão foi feita através de perda de massa (método gravimétrico).

Primeiramente foram cortadas amostras de tamanho 800 mm x 1250 mm.

Para a medição de estearato de sódio pesou-se as amostras e posteriormente mergulhou-se as mesmas em água em ebulição por um período de 15 minutos de modo a remover a camada de estearato de sódio, posteriormente a amostra foi novamente pesada para determinação do estearato de sódio por unidade de área, medida dada em g/m<sup>2</sup>.

Para a medição de estearato de zinco as amostras foram pesadas e posteriormente mergulhadas em solução de Isopropanol, N-Heptano e Etileno-Glicol por 15 minutos para posterior repesagem de modo a medir a massa de estearato de zinco por unidade de área em g/m<sup>2</sup>.

Para a medição de camada de fosfato, a amostra foi pesada e posteriormente esfregou-se algodão embebido em uma solução contendo hidróxido de sódio onde após retirada do fosfato (análise visual) a amostra foi repesada para determinação da camada de fosfato por unidade de área em g/m<sup>2</sup>.

### 3 RESULTADOS

A camada de fosfato de zinco atingida no material processado foi da ordem de  $3 \text{ g/m}^2$  com adição de sabão de aproximadamente  $1 \text{ g/m}^2$  formando uma proporção aproximada de 40% de estearato de sódio ( $0,4 \text{ g/m}^2$ ) e 60% de estearato de zinco ( $0,6 \text{ g/m}^2$ ).

Os rolos revestidos na linha da Brasmetal Waelzholz apresentaram bom desempenho durante o processo de revestimento bem como durante etapa de conformação realizada nos clientes finais, eliminando problemas de trincas e/ou estricção durante a estampagem, divergência que era constante durante a conformação dos materiais de dimensões 5 mm x 205 mm (LNE 260) e 3 mm x 488 mm (EPA) sem o revestimento de fosfato com sabão.

### 4 DISCUSSÃO

Através das melhorias executadas na linha de revestimento e com base no acompanhamento realizado durante o processo, verificou-se a viabilidade operacional de revestimento de bobinas de aço de até 5mm de espessura com camada de fosfato de zinco e sabão. Observa-se que esta camada cumpriu a sua função ao efetivamente reduzir o atrito durante estampagem do material, possibilitando a conformação da peça sem o surgimento de trincas, o que não ocorre durante a estampagem da mesma peça utilizando-se o mesmo material, porém sem a presença de lubrificante sólido.

Através do sucesso no revestimento do material de 5mm de espessura, pode-se inferir que outros tipos de revestimento, além do aplicado nos materiais teste, poderão ser aplicados em materiais de até 5mm de espessura na linha modernizada. Entre os revestimentos possíveis de serem aplicados estão o zinco, zinco com cromato trivalente, zinco com verniz, níquel, zinco-níquel, zinco com fosfato tricatiônico, fosfato de zinco com ou sem sabão, cobre, latão e estanho.

Para materiais de espessura entre 3mm e 5mm os revestimentos de maior potencial são zinco e suas variáveis (zinco com fosfato, zinco com cromato e zinco com verniz) atuando para proteção contra corrosão, além de revestimento de fosfato de zinco com ou sem sabão, útil como lubrificante sólido.

### 5 CONCLUSÃO

Com a implementação das melhorias propostas na linha de revestimento foi possível o aumento da espessura máxima de processo para 5mm para materiais planos laminados a quente ou a frio, contribuindo dessa forma para a inovação no mercado brasileiro de aços planos pré-revestidos que está limitado a espessura máxima de 3mm.

Essa inovação no processo aplica-se tanto aos materiais comercializados pela Brasmetal quanto aos materiais onde se deseja aplicação de revestimento para beneficiamento de modo a facilitar a conformação do material, como é o caso do fosfato de zinco, bem como elevar sua resistência a corrosão como é o caso do zinco.

## Agradecimentos

O autor agradece a Brasmetal Waelzholz pela oportunidade de desenvolver o trabalho bem como expô-lo no 49º Seminário de Laminação ABM.

## REFERÊNCIAS

- 1 Zinc Information Centre. Zinc Coatings. In: Applications.. Disponível em: <[http://www.zincinfocentre.org/zinc\\_applications.html](http://www.zincinfocentre.org/zinc_applications.html)>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:10;
- 2 Zinc Information Centre. Zinc Plate Electro galvanizing. In: Applications. Disponível em: <[http://www.zincinfocentre.org/zinc\\_applications.html](http://www.zincinfocentre.org/zinc_applications.html)>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:10;
- 3 International Zinc Association (IZA). ZINC COATINGS PROTECTING STEEL. Disponível em: <<http://www.galvanizingasia.com/pdfs/ZincCoatingProtectingSteel.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:15;
- 4 Corrosion Doctors.
- 5 Disponível em: <<http://corrosion-doctors.org/MetalCoatings/Zinc-coatings.htm>>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:18;
- 6 Merkblatt 110: Schnittflächenschutz und kathodische Schutzwirkung von schmelztauchveredeltem und bandbeschichtetem Feiblech. Disponível em : <[http://www.stahl-info.de/schriftenverzeichnis/pdfs/MB110\\_Schnittflaechenschutz\\_und\\_kathodische\\_Schutzwirkung\\_OV.pdf](http://www.stahl-info.de/schriftenverzeichnis/pdfs/MB110_Schnittflaechenschutz_und_kathodische_Schutzwirkung_OV.pdf)>.
- 7 Acesso em 26 de junho 2012, 16:00;
- 8 Muniz, José Maria. A cobertura de fosfato. In: Fenômenos tribológicos intrínsecos ao travamento de juntas de engenharia aparafusadas. São Paulo, 2007. p. 28. Disponível em: <[http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/pdf/muniz\\_jose.pdf](http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/pdf/muniz_jose.pdf)>.
- 9 Acesso em: 13 maio 2012, 15:00;
- 11 Filho, A. F. TIRAS DE AÇO LAMINADAS A FRIO E FOSFATIZADAS UTILIZADAS EM PROCESSOS DE ESTAMPAGEM CRÍTICA, 44º Seminário de Laminação Processos e Produtos Laminados e Revestidos, Campos do Jordão - SP de 16 a 19 de outubro de 2007;
- 12 Caminaga, Celio; Issii, R. L. S.; Button, S. T. PROCESSOS E LUBRIFICANTES ALTERNATIVOS PARA EXTRUSÃO A FRIO DE PEÇAS EM AÇO. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~sergio1/laboratorio/031015309.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:30;
- 13 C.D. Waelzholz – Relatório interno. Alemanha, 2008;
- 14 Catálogo Brasmetal. Aços Revestidos. Disponível em: <<http://inter.brasmetal.com.br/sys/download/Revestidos.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2012, 15:44;
- 15 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6656:2008: Bobinas e chapas laminadas a quente de aço acalmado com características especiais de propriedades mecânicas, conformabilidade e soldabilidade - Especificação;
- 16 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5906:2008: Bobinas e chapas laminadas a quente de aço-carbono para estampagem - Especificação;