

# TIRAS DE AÇO PARA PRODUÇÃO DE ARAME TUBULAR USADOS EM PROCESSOS DE SOLDAGEM<sup>1</sup>

*Antenor Ferreira Filho<sup>2</sup>*

## **Resumo**

No presente trabalho serão apresentadas as diversas etapas de produção de tiras de aço de baixo teor de carbono, laminadas a frio, para a produção de arame tubular usados em processos de soldagem. Serão discutidas as principais funções de cada etapa de processo, com ênfase nas especiais. Destaque será dado ao processo de laminação de acabamento com uso de Nitrogênio em substituição a laminação convencional com emulsão aquosa, recozimento de alta convecção e processo especial de oscilar, principais responsáveis pelos bons resultados alcançados no produto final.

**Palavras-chave:** Arame tubular; Laminação com nitrogênio líquido; Soldagem.

## **STRIPS STEEL FOR PRODUCTION OF FLUX CORED WIRES USED IN WELDING PROCEDURES**

## **Abstract**

This paper will be shown the various stages of production of low carbon steel strips, cold-rolled, for the production of flux cored wires used in welding processes. The main functions of each stage of the process, with emphasis on special will be discussed. Featured will be the process of skin pass with the use of nitrogen to replace the conventional skin pass with aqueous emulsion, high-convection annealing (HPH) and special process of oscillating, primarily responsible for the good results achieved in the final product.

**Key words:** Flux cored wires; Skin pass with nitrogen; Welding.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 27 a 30 de outubro de 2009, Santos, SP.*

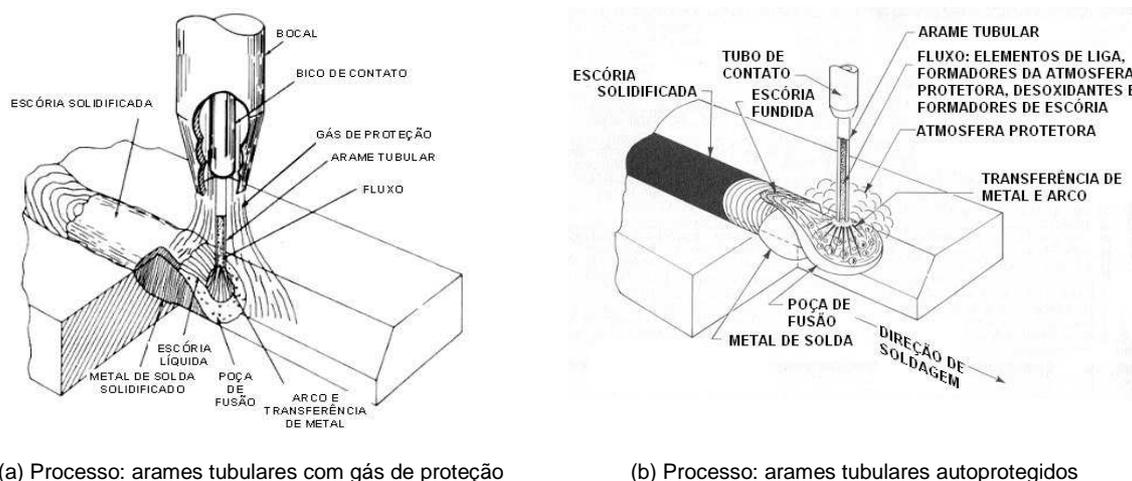
<sup>2</sup> *Membro da ABM, Doutor, Diretor Industrial da Brasmetal Waelzholz S.A. Ind. e Com.*

# 1 INTRODUÇÃO

Um grande número de processos utilizados na fabricação e recuperação de componentes, equipamentos e estruturas abrangem o termo Soldagem. Classicamente, a soldagem é considerada como um método de união, porém, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para deposição de material sobre uma superfície visando à recuperação de peças desgastadas para a formação de um revestimento com características especiais.<sup>(1)</sup>

Data da década de 1920 o início da utilização de proteção gasosa nas operações de soldagem, para resolver problemas da contaminação atmosférica nas soldas de materiais reativos, como alumínio, titânio e ligas de magnésio, tendo dado origem ao processo Tungsten Inert Gás (TIG) por C. L. Coffin (EUA). Utilizando o mesmo princípio de funcionamento do TIG, ou seja, um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo e a peça, envolto por uma atmosfera protetora de gás inerte, surge em 1930 o processo Metal Inert gás (MIG) por H. M. Hobart e P. K. Devers (EUA), o qual difere do anterior por utilizar um eletrodo consumível de alimentação contínua. No início apenas arame sólido era utilizado e por volta dos anos 1930 foi introduzido o uso de arame tubular com proteção gasosa pela Stoodly. Na década de 60 o Arame auto-protetido foi introduzido por pesquisadores e engenheiros da Lincoln Electric (EUA).

O processo de soldagem por arame tubular é definido como sendo um processo de soldagem por fusão, onde o calor necessário a ligação das partes é fornecido por um arco elétrico estabelecido entre a peça e um arame alimentado continuamente. É um processo semelhante ao processo MIG/MAG, diferindo deste pelo fato de possuir um arame no formato tubular, que possui no seu interior um fluxo composto por materiais inorgânicos e metálicos que possuem várias funções, entre as quais a melhoria das características do arco elétrico, a transferência do metal de solda a proteção do banho de fusão e em alguns casos a adição de elementos de liga, além de atuar como formador de escória. O processo trabalha com duas variantes, podendo ser protegido por gás inerte, por gás ativo ou mistura destes (*Dualshield*) ou autoprotetido, sem a utilização de gases de proteção (*Innershield*). Na figura 1 são apresentados os esquemas para ambos os processos de soldagem.<sup>(2)</sup>



(a) Processo: arames tubulares com gás de proteção

(b) Processo: arames tubulares autoprotetidos

**Figura 1:** Soldagem usando arames tubulares com gás de proteção e autoprotetidos.<sup>(2)</sup>

A utilização de arames tubulares autoprotetidos tem experimentado um grande crescimento, em consequência da sua versatilidade e possibilidade de

aplicação em ambientes sujeitos a intempéries como na fabricação de plataformas de prospecção de petróleo, estaleiros navais, locais de difícil acesso e condições de trabalho, onde até então era absoluto o domínio do processo de soldagem por eletrodos revestidos.

A alta produtividade é uma das grandes vantagens do processo de soldagem com arames tubulares e está associada, principalmente, a altas taxas de deposição obtidas neste processo. Outra grande vantagem do processo é a possibilidade de automatização e ou robotização, possibilitando aumento da velocidade de soldagem, e conseqüentemente aumento da produtividade, bem como assegurando uma menor variação das condições operacionais, assegurando assim uma maior repetibilidade nos processos.<sup>(2,3)</sup>

Os aços de baixo teor de carbono, particularmente os planos laminados, são os materiais metálicos utilizados na conformação do arame, e podem apresentar diversas configurações de secção transversal podendo ser simplesmente um tubo, os mais utilizados, ou apresentar configurações mais complexas. Várias são as composições químicas e dimensões de tiras utilizadas na produção dos arames tubulares, podendo variar desde aços de ultra-baixo carbono (IF) passando por aços de maior teor de carbono, como SAE 1006, ou mesmo aços de médio teor de carbono, nas mais diversas dimensões como 0,20 mm a 1,00 mm de espessura e 8,0 mm a 13,0 mm de largura.

O aço utilizado na tira não necessita reproduzir exatamente a composição química requerida para o metal de solda, já que os elementos de liga podem ser adicionados ao fluxo do arame tubular conforme a conveniência. Entretanto quando o teor total de elementos de liga for alto, restrições de espaço no tubo podem obrigar ao uso de uma fita ligada. A fabricação de arames tubulares requer controles precisos. Como o metal de solda é uma combinação da fita metálica e dos componentes do fluxo, ambos devem ser cuidadosamente verificados quanto às dimensões e à composição química antes do início da fabricação.

Quando se trata de tolerâncias dimensionais restritas, acabamentos de superfície e composições químicas especiais, propriedades mecânicas homogêneas ou especificações e exigências especiais, o uso de tiras relaminadas torna-se altamente recomendado.

## **2 CARACTERÍSTICAS DAS TIRAS USADAS EM ARAMES TUBULARES**

A laminação a frio confere ao aço uma série de propriedades para as mais diferentes qualidades o que o torna um produto de excelência pela versatilidade com que pode ser processado. Dentre as características resultantes do produto relaminado e importante para a aplicação no arame tubular, podem destacar:

### **2.1 Acabamento de Superfície**

Diferentemente dos materiais de qualidade comercial, o acabamento de superfície das tiras relaminadas apresentam uma ampla gama de opções que podem variar desde fosco, brilhante, podendo chegar a um acabamento de alto brilho, também denominado de espelhado. Em casos especiais pode-se inclusive produzir tiras com faces diferenciadas, como exemplo: uma fosca e outra brilhante. Uma homogeneidade no acabamento superficial e principalmente isenção total de defeitos superficiais é de extrema importância, uma vez que, a tira após a formação do tubo será submetida a elevadas reduções na espessura (parede do tubo) por

processo de trefilação. Falhas, mesmo que pontuais, podem trazer conseqüências desastrosas durante o processo de soldagem.

## 2.2 Tolerâncias Dimensionais Restritas e Uniformes

Um importante atributo da tira relaminada é sua exatidão dimensional. Por ser laminada a frio, alcança tolerâncias precisas de espessura. Isso permite ao usuário especificar tolerâncias restritas e com isso aumentar o rendimento do produto, mas principalmente manter o produto com uma espessura de parede uniforme evitando eventuais falhas que possam ocorrer durante sua fabricação.

## 2.3 Propriedades Mecânicas Homogêneas

As tiras de aço relaminadas permitem atingir uma ampla gama de dureza ou propriedades mecânicas medidas por resistência à tração e escoamento, variando desde uma condição extremamente mole, ideal para a conformação (ex. os arames tubulares), passando por uma condição de uso estrutural totalmente dura ou encruada. O importante desta característica é mencionar a possibilidade de se trabalhar com faixas restritas de variação, as quais permitem o uso do aço em aplicações especiais.

## 3 PROCESSO DE RELAMINAÇÃO A FRIO

A matéria prima de partida no processo de relaminação a frio, para a produção de arame tubular, são as bobinas laminadas a quente com espessuras típicas na faixa entre 2,0 mm e 3,0 mm, produzidas nas usinas siderúrgicas. O processo de laminação a frio pode ser visto na Figura 2 e envolve, principalmente, as etapas de:

- decapagem;
- corte;
- laminação;
- recozimento, e no caso em específico para produção do eletrodo; e
- operação especial de Oscilar.

As características de acabamento de superfície, propriedades mecânicas, microestrutura dos aços relaminados são definidas principalmente pela composição química do aço e pelas condições de processamento durante laminação a quente e laminação a frio.

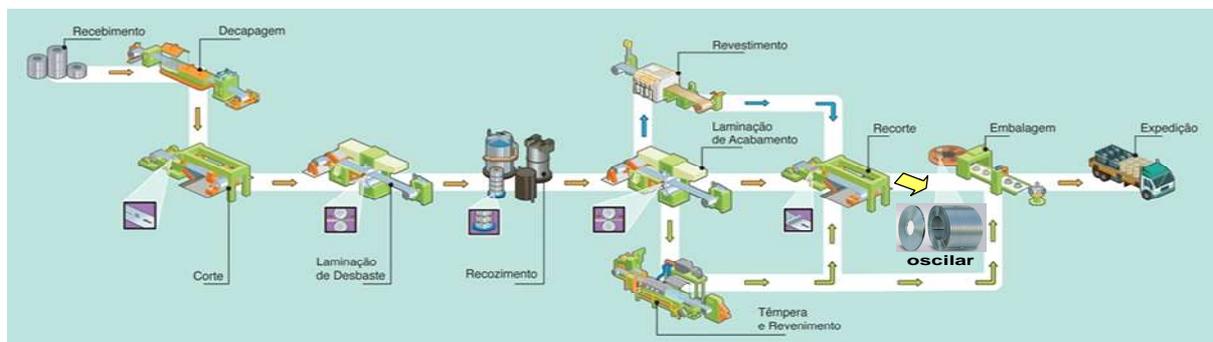


Figura 2: Fluxo de produção, processo de relaminação a frio na Brasmetal Waelzholz (BW).<sup>(4)</sup>.

### 3.1 Decapagem

A primeira etapa do processo é a decapagem, destinada a obter uma superfície limpa, isenta de óxidos (carepa). A bobina laminada a quente recebida da usina é submetida inicialmente a esse processo químico, passando por uma série de tanques contendo uma solução de aço clorídrico, a quente, que remove o óxido e resíduos, melhorando o acabamento de superfície e permitindo assim que a bobina apresente um bom acabamento de superfície após o processo de laminação a frio.

### 3.2 Corte

Etapa onde se realiza o corte longitudinal da bobina, transformando-a em rolos, de forma a adequá-los na largura, conforme capacidade dos laminadores. Esta etapa permite a seleção de uma melhor uniformidade dimensional do perfil transversal de espessura, para que se possa obter um produto final dimensionalmente perfeito. O perfil transversal da tira deve variar pouco e manter-se uniforme em todo comprimento do rolo.

### 3.3 Laminação de Desbaste

A laminação de desbaste é feita em modernos laminadores quadruos reversíveis que possuem controles automáticos de espessura, com os quais se assegura a manutenção de tolerâncias muito restritas de espessura ao longo do comprimento da tira. O sensível e preciso sistema de regulagem da força de laminação e controle de espessura é capaz de corrigir a maior parte da variação de espessura da bobina laminada a quente. Por meio de retífica e abaulamento dos cilindros de laminação, associado ao emprego de recursos de flexão, pode-se atuar sobre a precisão dimensional e exatidão de planicidade da tira. Variações de microestrutura ao longo da bobina podem trazer prejuízos à estabilidade dimensional do produto laminado a frio, portanto, é muito importante que se estabeleça requisitos rígidos no que se refere à estabilidade dimensional e à uniformidade térmica no produto laminado a quente.

Nesta etapa do processo além de se objetivar a adequação dimensional do produto promove-se uma melhoria no acabamento de superfície através da redução a frio. A deformação a frio atua como potencial termodinâmico e induz ao material uma textura cristalográfica adequada para a etapa posterior de recozimento.

### 3.4 Recozimento

Após a laminação de desbaste segue a etapa de recozimento de recristalização, que tem como finalidades adequar as propriedades mecânicas, textura cristalográfica e a microestrutura desejável ao produto. O recozimento é realizado em fornos do tipo campânula, equipamentos concebidos a impedir a oxidação e descarbonetação superficial dos materiais, por meio do uso de gás de proteção, uma mistura de aproximadamente 95% de  $N_2$  e 5% de  $H_2$  nos fornos convencionais. Fornos mais modernos, como os utilizados pela Brasmatal Waelzholz (BW), denominados fornos do tipo HPH (*High Performance Hidrogen*) trabalham com atmosfera de 100%  $H_2$  que traz vantagens significativas à produção de tiras para uso em eletrodo de solda, como:

- a concentração de impurezas residuais na superfície da tira é extremamente baixa, assim a tira apresenta uma melhor limpeza superficial, este efeito é decorrente do elevado poder redutor do gás  $H_2$ ; e
- melhoria global na transferência de calor (maior condutividade térmica do gás  $H_2$ ), o que corresponde a uma redução significativa na variação de temperatura da carga, refletindo em uma maior homogeneidade de propriedades mecânicas no produto final além do aumento substancial de produtividade no processo.

### 3.5 Laminação de Acabamento

As tolerâncias finais de espessura, acabamento de superfície, planicidade da tira, assim como as características de resistência mecânica da tira são obtidas através da laminação de acabamento. Nos laminadores de acabamento através de modernas técnicas de medição e controle, é possível a obtenção de características uniformes no material ao longo de toda sua extensão. A obtenção de uma boa planicidade no produto é obtida através da combinação de retífica e o emprego de recursos de flexão dos cilindros. Nesta etapa deve-se manter um grau de deformação uniforme para toda a tira, de modo a alcançar a resistência desejada no produto final.

Dentre as principais características na produção de eletrodos de solda se destaca a limpeza e a homogeneidade no acabamento superficial das tiras de aço. Neste sentido, uma nova tecnologia de laminação, que teve origem na C.D.Waelzholz-CDW, em 2000 e mais tarde em 2003 foi desenvolvida e patenteada pela BW em conjunto com a Air Products no Brasil, trouxe benefícios à produção de tiras laminadas.<sup>(5)</sup>

Nesta nova tecnologia de laminação se utiliza Nitrogênio líquido aspergido por bicos especiais, em substituição ao uso de emulsão aquosa. Durante a laminação o jato de Nitrogênio aplicado entre a tira e os cilindros forma um “bolsão” de proteção e expulsa o oxigênio e a umidade presente, ao mesmo tempo reduz a temperatura no arco de contato e desta forma preserva a superfície da tira contra oxidação. O mecanismo de proteção é representado na Figura 3.

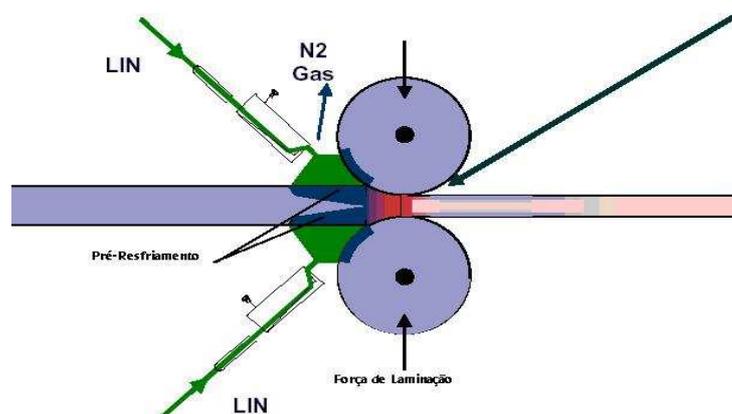


Figura 3: Processo de laminação com uso de Nitrogênio líquido.<sup>(6)</sup>

Esta nova tecnologia permitiu, principalmente, uma melhora substancial no acabamento e na limpeza superficial da tira laminada a frio além da possibilidade da preservação do produto sem a utilização de óleos de proteção por um período superior ao normalmente alcançado durante processo convencional de laminação.

- **Melhor acabamento superficial:**

Imagens comparativas ampliadas entre aços laminados pelo processo convencional com emulsão, a seco e com Nitrogênio líquido apresentados na Figura 4, mostram a diferença do acabamento entre superfícies. O jato de Nitrogênio líquido é o responsável pela elevada eficiência do processo, a ele pode ser atribuído este efeito de limpeza. Dois mecanismos estão presentes, os quais juntos expõem e sopram as partículas para longe da superfície:

- o primeiro efeito se deve a alta velocidade de impacto da gota de Nitrogênio líquido contra a tira e o cilindro de laminação; E
- em segundo lugar, segue a expansão do vapor de Nitrogênio líquido.

Na laminação convencional com emulsão (Figura 4a) tem-se um número significativamente superior e de maior profundidade de defeitos na superfície oriundos principalmente por marcas de fragmentos laminados presentes na emulsão. Enquanto na laminação a seco (Figura 4b) observa-se uma melhor qualidade de superfície, mas mesmo neste processo podem ser vistos problemas. Por outro lado, o processo de laminação com uso de Nitrogênio líquido (Figura 4c), ao contrário dos demais, apresenta como resultado uma superfície bem acabada e extremamente limpa.

A redução em número e extensão dos defeitos de superfície na laminação com Nitrogênio líquido é nítida, o que se traduz em um grande ganho na qualidade do acabamento e limpeza de superfície das tiras.

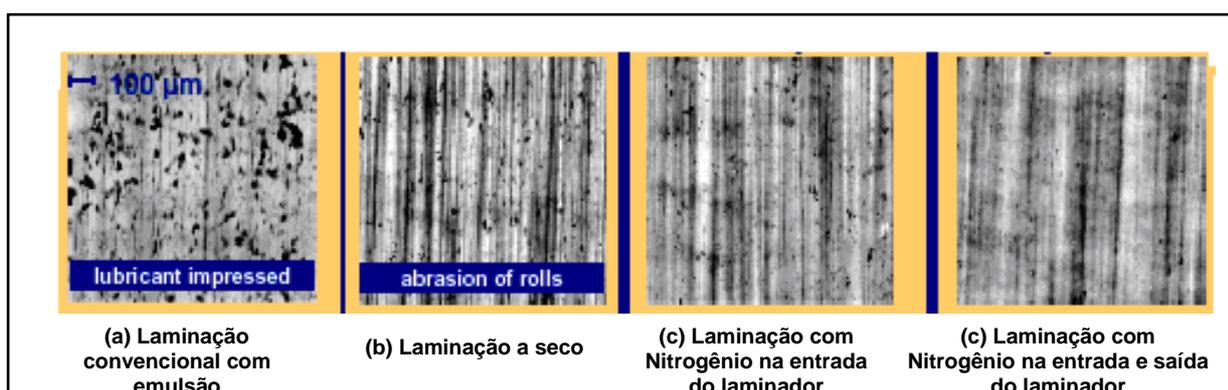


Figura 4: Acabamentos superficiais para diferentes processos de laminação.<sup>(6)</sup>

- **Melhor limpeza superficial:**

Análise comparativa entre resultados internos na BW e CDW no que diz respeito à limpeza superficial da tira, entre os processos de laminação de acabamento com uso de Nitrogênio apresentam valores de cinco a seis vezes inferiores, quando comparados ao processo de laminação convencional com uso de emulsão. Este é um item de extrema importância onde se podem identificar as maiores diferenças entre as técnicas de laminação convencional com uso de emulsão e laminação com N<sub>2</sub>.

- **Ausência de oleamento na tira:**

Os aços ao carbono são materiais metálicos muito susceptíveis à corrosão atmosférica, aparecendo ataques visíveis logo após algumas horas de exposição ao ar no caso de falta de proteção sendo, portanto, necessária sua proteção. Por outro lado, as tiras de aço aplicadas em eletrodos para solda devem ser fornecidas isentas de óleo, caso contrário, serão incorporados elementos nocivos ao eletrodo que certamente trarão sérios danos ao componente a ser soldado. Isto só foi possível com o uso da nova tecnologia de laminação com Nitrogênio.

### 3.6 Recorte

Etapa que tem como finalidade definir a largura final do produto bem como o tamanho do rolo. Em países onde a escala de produção é muito superior a do Brasil, como na Europa, o recorte de tiras para fabricação de produtos estreitos, como o caso dos arames tubulares, é realizado em tesouras longitudinais onde os rolos são bobinados diretamente em carretéis oscilados, exemplo de um equipamento da empresa CDW pode ser visto na Figura 5. Os produtores nacionais, como a BW, não dispõem deste tipo de equipamento, portanto o recorte de rolos estreitos é feito em equipamentos convencionais e as tiras são bobinadas em uma única bobinadeira simples, necessitando assim, de operação adicional.



**Figura 5:** Tesoura de corte longitudinal (10 bobinadeiras) da empresa CDW.<sup>(7)</sup>

### 3.7 Operação de Oscilar

O uso de rolos de grande diâmetro e massa são sempre desejáveis devido ao ganho de produtividade e redução de perdas nos processos, porém seu uso tem limitações, particularmente para materiais de baixa espessura e principalmente quando estreitos (larguras inferiores a 30 mm). A restrição do uso de elevados diâmetros externos fica por conta do seu manuseio, estabilidade e principalmente segurança durante movimentação e acondicionamento.

Rolos estreitos quando bobinados na forma normal, dependendo de sua espessura e largura, ficam geralmente restritos a um comprimento de 100 m, que por vezes é insuficiente e ou improdutivo, principalmente em operações onde se exige alta velocidade, como é o caso da produção de eletrodos tubulares, provocando assim baixa produtividade, elevados tempos de setup, custos de controle e perdas por sucata.

A BW, a mais de 15 anos, em conjunto com fornecedores nacionais desenvolveu equipamentos especiais (máquina de oscilar – Figura 6a) em substituição ao equipamento mostrado na Figura 5, que transforma os rolos estreitos e improdutivos em rolos contínuos e produtivos (carretéis – Figura 6b). Estes rolos podem ser fornecidos com até 500 mm de largura, proporcionando rolos de maior peso e com comprimentos de até 10.000 m, dependendo da espessura e largura do produto. Neste processo as fitas são soldadas continuamente com o uso de modernos equipamentos e processos de soldagem, podendo gerar rolos com até 3,0 t de massa. Exemplo deste equipamento utilizado na BW pode ser visto a seguir na Figura 6.<sup>(8)</sup>



**Figura 6:** (a) Máquina de oscilar com capacidade para rolos de até 3,0t e (b) rolos/carretéis.<sup>(8)</sup>

Na tabela a seguir, retirada do catálogo de produtos da BW, é apresentado estudo comparativo das vantagens do fornecimento de materiais oscilados (para uma largura de carretel de 200 mm) em substituição a rolos simples (largura do rolo de 12 mm). No exemplo tomou-se como base um caso real de fornecimento de material para uso em eletrodos de solda. Foi considerada a produção de item na largura de 12 mm e espessura 1,0 mm, rolo de diâmetro interno de 400 mm. A tabela apresenta as diferenças no número de rolos para um fornecimento de 12,0 ton.

**Tabela 1:** Comparação entre rolos simples e oscilados<sup>(9)</sup>

Rolo Simples			Rolo Oscilado Largura do carretel de 200 mm				Quantidade de rolos reduzidos
Diâmetro Externo (mm)	Peso aprox. do rolo (Kg)	Nº aprox. de rolos	Diâmetro Externo (mm)	Peso aprox. do rolo (Kg)	Nº aprox. de rolos	Nº aprox. de soldas no carretel	
600	15	800	600	250	48	02	752
700	25	480	700	400	30	03	450
800	35	340	800	590	20	05	320
900	50	240	900	800	15	07	225
1000	60	200	1.000	1.030	11	09	189
1100	80	150	1.100	1.300	09	11	141
1200	95	125	1.200	1.580	08	14	117
1300*	110	110	1.300	1.887	07	17	103
			1.400	2.220	06	20	
			1.500	2.580	05	23	
			1.600	2.960	04	26	

\* Acima deste diâmetro dificuldade no bobinamento, manuseio e transporte dos rolos.

### 3.8 Embalagem

O processo de embalagem visa conferir proteção e preservação ao produto contra, principalmente, intempéries e eventuais danos mecânicos. Variáveis importantes como o tipo de embalagem, o uso adequado de óleos de proteção e auxiliares na estampagem (se permitido), a forma e as condições de armazenamento e transporte devem ser levadas em consideração durante esta etapa de processo a fim de proporcionar maior segurança e homogeneidade na embalagem.

Devido à restrição ao uso de óleos de proteção temporários nas tiras para produção de eletrodos de solda, utilizam-se embalagens especiais com inibidores de corrosão para a proteção temporária durante o armazenamento e o transporte. Os inibidores de corrosão atuam de modo a impedir o desenvolvimento das reações eletroquímicas causadoras dos danos de corrosão. Nas embalagens, seu uso pode ser através dos inibidores voláteis e de contato. Estes inibidores, geralmente nitritos, cromatos, benzoatos e carbonatos de aminas pesadas, tendem a se volatilizar, alcançando a superfície do metal onde são adsorvidos na forma de uma película invisível. Quando a concentração de vapor alcança certos níveis, estabelece-se um equilíbrio, de modo que o inibidor se condense na superfície das peças tão rapidamente quanto se vaporize. A proteção contra a corrosão é tanto maior quanto mais ativo permanecer o produto, o que depende da eficiência da embalagem em conservar os vapores concentrados no seu interior.

Para garantir sua proteção o produto deve ser acondicionado em um sistema de embalagem que reduza ao máximo a circulação de ar em seu interior. Desta forma a atmosfera do sistema estará saturada de voláteis e a proteção alcança seu nível máximo de eficiência. Caso o sistema de embalagem proporcione uma troca constante de ar no seu interior, o efeito de proteção será mantido, porém os ativos continuarão a se volatilizar, tendo sua eficiência reduzida.

## **4 ARAME TUBULAR**

### **4.1 Processo de Fabricação**

A matéria prima empregada para a fabricação dos arames tubulares constitui-se da tira metálica laminada enrolada na forma de uma bobina oscilada e de um pó com formulações específicas, denominado fluxo. Como o espaço no interior do arame tubular é limitado, a granulometria dos componentes do fluxo torna-se muito importante, de tal modo que as partículas de pó se acomodem entre si. Os elementos do fluxo devem ser bem misturados para evitar segregação dos componentes antes da fabricação.<sup>(2)</sup>

O processo de fabricação de arames tubulares é caracterizado por um processo de deformação mecânica. A tira metálica na forma de rolos oscilados é alimentada continuamente, sendo deformada por roletes de conformação, fazendo com que sua seção reta tome o formato de perfil em "U" para que possa receber através de um silo de alimentação, a adição do fluxo que contém elementos de liga, materiais escorificantes e elementos de proteção gasosa, entre outros. Todo o processo é controlado para que se promova a perfeita sincronização entre a dosagem do pó e a velocidade de alimentação da fita metálica.

Após a adição do fluxo, a fita passa por roletes de fechamento, onde a seção de perfil em "U" toma o formato de um tubo, com o fluxo em seu interior, formando tubos de diâmetro de aprox. 5.0 mm que são submetidos posteriormente a reduções por processos de laminação e/ou trefilação até diâmetros de 1,2 mm. Atualmente já se fabricam arames com até 0,9 mm de diâmetro. Os arames são então enrolados em bobinas (carretéis plásticos ou metálicos) com peso que variam de 10 Kg a 30 Kg ou mesmo em barricas com pesos que podem variar entre 100 Kg a 250 Kg, na seqüência são embalados à vácuo, visando manter suas características originais de baixo nível de Hidrogênio, fator crítico para os processos de soldagem, resistência à corrosão e proteção do produto nos processos de transporte e armazenamento. A Figura 7 apresenta um esquema ilustrativo do processo.<sup>(2)</sup>

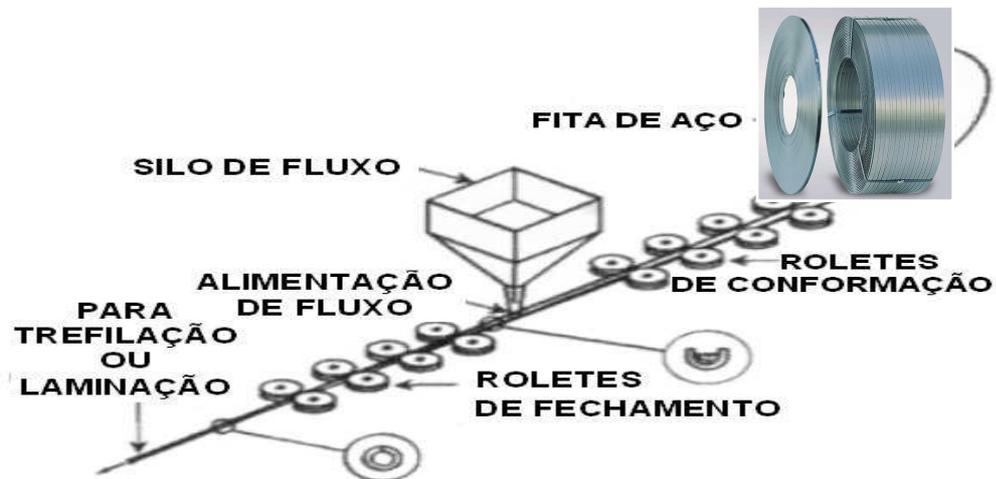


Figura 7: Processo de fabricação de arames tubulares.<sup>(2)</sup>

#### 4.1 Exemplos de Aplicação

Na Figura 8 são apresentados alguns exemplos de aplicação de solda por eletrodo tubular.



Processo MIG / MAG



Processo PLS



Processo Industrial



Processo Automático - Robôs

Figura 8: Exemplos de aplicação de solda com eletrodo tubular.<sup>(10)</sup>

## 5 CONCLUSÃO

Dentre as diversas aplicações em que se utilizam tiras de aço de baixo teor de carbono, laminadas a frio, destaca-se as relacionadas com a fabricação de arame tubular usados em processos de soldagem, que a cada ano vem experimentando um crescimento no país.

São aplicações de elevada exigência técnica, principalmente quanto à limpeza e acabamento superficial, além de serem submetidas a severos processos

de trefilação e estiramento durante sua produção, exigindo assim das tiras laminadas características dimensionais e propriedades mecânicas uniformes

A produção de tiras laminadas a frio de elevada qualidade e alta produtividade para a aplicação nestes componentes só foi possível a partir do aperfeiçoamento e desenvolvimento dos processos de produção, onde exerceram papéis fundamentais o recozimento com atmosfera de 100% Hidrogênio, a nova técnica de laminação a frio com uso de nitrogênio líquido e o desenvolvimento de rolos oscilados.

Estes aços apresentam hoje desempenho comparável aos produtos de melhor qualidade disponíveis no mercado internacional, indicando uma ampla perspectiva de ampliação da participação da BW no mercado nacional e internacional.

## **Agradecimentos**

Nossos agradecimentos ao Eng<sup>o</sup> Sérgio L. Guerreiro - Gte. Industrial de Consumíveis da ESAB Brasil, pelas informações sobre o processo de produção de eletrodos tubulares e cessão de fotos ilustrativas do processo.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 MODENESI, P.J.; VILANI, P.:Introdução aos processos de soldagem. Universidade Federal de MG - Dpto de Eng. Metalúrgica - BH, Nov.2000.
- 2 FORTES,C.; ARAUJO,W.: Arames Tubulares - ESAB BR. Maio, 2004.
- 3 JOAQUIM, R.: Processo de soldagem por arame tubular - Fonte: Infosolda.
- 4 FERREIRA, F. A.; Processo de relaminação a frio na Brasmetal Waelzholz Informativo BWNews - São Paulo - SP, Novembro de 2007.
- 5 FERREIRA, F. A.; BIELSKIS, M. F: Tiras de aço laminadas a frio com o uso de nitrogênio líquido. In: Tecnologia em Metalurgia e Materiais, SP, vol. 4, n.3, p.30-36, Jan./Mar. 2008.
- 6 PLICHT, G.; SCHILLAK, K.; HÖFINGHOFF, H.; DEMSKI, T.: Cold rolling of metals strip using technical gases. In: ATS 9th International and 4th European Steel Rolling Conferences, 2006, France, Paris.
- 7 FERREIRA, F.A.: Relatório interno BW de visita à CDW - 2003.
- 8 FERREIRA, F. A: Informativo BWNews - São Paulo, Junho/Julho de 2007.
- 9 Catálogo de produtos - Fonte: Brasmetal Waelzholz.