

## ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS APLICADOS A REVESTIMENTO DURO DEPOSITADO POR SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO

FRANTCHESCOLE BORGES CARDOSO; EDILSON NUNES POLLNOW;  
ALICE GONÇALVES OSORIO; MARGARETE REGINA FREITAS  
GONÇALVES

*Universidade Federal de Pelotas – frantchescole.cardoso@gmail.com*

*Universidade Federal de Pelotas – edilson.pollnow@hotmail.com*

*Universidade Federal de Pelotas – alice.osorio@ufpel.edu.br*

*Universidade Federal de Pelotas – margareterfg@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

O revestimento duro consiste na deposição de um material de liga especial formando camadas espessas, com objetivo de melhorar propriedades como: maior resistência ao desgaste, ao impacto, aderência (metal-metal), ao calor, corrosão, entre outros.

Usualmente são aplicados pelos processos de soldagem a Arco Elétrico com Eletrodos Revestidos (SMAW), MIG/MAG (GMAW), Arame tubular (FCAW) e Arco Submerso (SAW).

A soldagem a arco submerso, ou SAW (Submerged Arc Welding), é um processo em que a união por fusão entre metais é obtida através de um arco elétrico estabelecido entre a ponta do eletrodo e o metal de base. Durante a soldagem o arco fica coberto por uma camada de fluxo (material granulado) no qual tem a função de proteger o arco e a poça de fusão da contaminação atmosférica (*vide fig. 1*). O metal de adição é proveniente do próprio eletrodo que é alimentado por um cabeçote (ROMCY, 2017).

Figura 1: Processo de soldagem por arco submerso



Fonte: acervo do autor

Os Ensaios Não Destrutivos (END) são técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, são definidos como testes para o controle da qualidade, realizados sobre peças acabadas ou semi-acabadas, para a detecção de defeitos ou falta de homogeneidade (MOREIRA, 2014). Os END verificam a existência ou não de descontinuidade, anomalias e ou defeitos, e são feitos através de princípios físicos definidos, sem alterar suas características físicas, químicas, mecânicas ou dimensionais e sem interferir no uso posterior das peças.

Entre os métodos de END empregados, existem diversos que possuem a capacidade de oferecer informações a respeito do conteúdo de defeitos de um determinado produto, das características tecnológicas de um material, da

monitoração da degradação dos componentes e estruturas. Os mais utilizados são: Inspeção Visual, Estanqueidade, Líquidos Penetrantes, Partículas Magnéticas, Ultrassom, Radiografia, etc.

A inspeção visual é um ensaio largamente utilizado para avaliar as condições ou qualidade de uma solda ou componente onde uma rápida detecção e correção de defeitos significam economia. É de fácil execução, de baixo custo e comumente não requer equipamento especial. É considerado um método primário nos programas de controle de qualidade (MOREIRA, 2014), e é muito importante na verificação dimensional, de trincas, de corrosão, entre outras imperfeições.

O ensaio por líquido penetrante é utilizado para revelar descontinuidades superficiais em materiais em geral. Ele baseia-se na ação da capilaridade, que é o poder de penetração de um líquido em locais extremamente pequenos devido a suas características físico-químicas como a tensão superficial. O objetivo do ensaio por líquido penetrante é assegurar a confiabilidade do produto por meio de obtenção de uma imagem visual, que revela a descontinuidade na superfície da peça sem danificá-la (MOREIRA, 2014).

No caso de componentes soldados por SAW, é necessário inspecionar a peça antes, durante e depois da sua fabricação. Antes da soldagem é preciso ter a peça limpa e com as dimensões apropriadas, durante o processo é necessário observar se o arco se forma adequadamente, se o fluxo está protegendo a poça de fusão e por fim observar se não houve a formação de defeitos na soldagem, após a sua fabricação.

Nesse estudo foi escolhida a SAW para revestir uma chapa metálica em função de sua simplicidade operacional e sua alta capacidade de deposição de revestimento. Para os revestimentos foi adicionado ao fluxo de soldagem percentuais de 10%, 20% e 30% de uma liga de nióbio, a fim de avaliar o efeito desse material na qualidade da solda. Antes, durante e depois do processo de revestimento as peças foram inspecionadas por ensaio visual, e também, após o processo de deposição, foi realizado o ensaio de líquido penetrante.

## 2. METODOLOGIA

As chapas foram soldadas por SAW, utilizando o fluxo comercial ESAB 10.71, adicionado a esse, diferentes percentuais de uma liga de Nb, sendo eles: 10%, 20% e 30% em massa. Foram depositados 5 cordões de solda nas chapas com exceção da chapa de 30%. Essas chapas receberam a nomenclatura de F10, F20 e F30, para os cordões soldados com 10, 20 e 30% de liga de Nb, respectivamente.

O ensaio visual foi realizado a olho nu, onde trincas, bolhas e/ou porosidade foram avaliadas. Para o ensaio de líquido penetrante, utilizou-se os sprays: removedor, penetrante e revelador conforme a figura 2.

Figura 2: removedor, penetrante e revelador.



Fonte: acervo do autor

Primeiramente foi feita uma limpeza na chapa revestida utilizando o líquido removedor e, com auxílio de um pano multiuso, passou-se este líquido por toda a extensão da chapa para remover as partículas indesejadas. Logo após, aplicou-se o líquido penetrante sob a chapa revestida, que permaneceu com este líquido por 30 minutos e, após o líquido penetrar no material, foi removido o excesso do penetrante com o líquido removedor e um pano multiuso seco. Por fim, foi aplicado o líquido revelador, que permaneceu na peça por 30 minutos para a secagem.

No final de todas as etapas analisou-se a chapa revestida com objetivo de observar se havia descontinuidades e imperfeições no revestimento.

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa sobre revestimentos duros sobre chapas via SAW, então, foi definido que para fins de utilização industrial apenas os revestimentos que não apresentassem nenhum tipo de defeito seriam aproveitados posteriormente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 3 e 4 apresentam os revestimentos obtidos e testados por END da formulação F10. Para esses revestimentos tanto na inspeção visual como no ensaio de líquido penetrante não foi observado nenhum tipo de defeito na soldagem. Na inspeção visual verifica-se apenas uma pequena oxidação entre os cordões, que é esperada em função de tanto o metal de base como o revestimento serem de ligas ferrosas. Observa-se ainda uma sobreposição de 50% entre um cordão e outro.

Figura 3: inspeção visual revestimento F10



Fonte: acervo do autor

Figura 4: inspeção por liq. penetrante revestimento F10



Fonte: acervo do autor

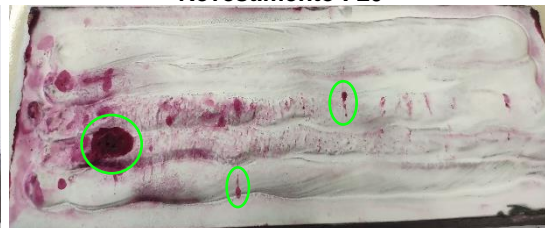
As figuras 5 e 6 apresentam o resultado obtido para as formulações F20. Durante a inspeção visual já foi possível observar a presença de inclusão de escória, possíveis porosidades e possíveis trincas. Com o ensaio de líquido penetrante comprovou-se a presença de trincas ao longo do revestimento bem como porosidades agrupadas, conforme indicado nas figuras pelos círculos verdes.

Figura 5: Inspeção visual revestimento F20



Fonte: acervo do autor

Figura 6: Inspeção por Liq. Penetrante Revestimento F20



Fonte: acervo do autor

As figuras 7 e 8 mostram o resultado obtido para a soldagem das amostras F30. Foram depositados 3 cordões de solda por conta de problemas na soldagem. Já na inspeção visual observou-se a possível presença de inclusão de escória, inclusão de metal não fundido e possíveis porosidades. Com o ensaio de líquido penetrante comprovou-se a presença de inclusão de escória, inclusão metálica e porosidade isoladas e agrupadas, indicadas nas figuras por círculos verdes.

Figura 7: Inspeção visual revestimento F30



Fonte: acervo do autor

Figura 8: Inspeção por Liq. Penetrante Revestimento F30



Fonte: acervo do autor

#### 4. CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados obtidos, podemos estabelecer:

- Os ensaios não destrutivos demonstram ter grande eficácia para o controle de qualidade de peças revestidas por arco submerso;
- Através do END de líquido penetrante pode-se aprovar o revestimento F10 em função da inexistência de quaisquer defeitos de soldagem;
- O revestimento F20 apresentou diversos defeitos de soldagem, sendo o mais grave a presença de trincas, e em acordo com os critérios definidos previamente o revestimento não seria aprovado para aplicação industrial;
- No revestimento F30 observou-se uma maior presença de inclusões de escória, além de inclusão de metal não fundido o que indica uma ineficiência na manutenção do arco elétrico. Devido à grande quantidade de defeitos e as dificuldades operacionais este revestimento também não seria aprovado para uso industrial.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROMCY, F.A.M. **Estudo exploratório dos efeitos das variáveis de soldagem por arco submerso sobre depósitos de revestimento duro utilizando fluxo ligado**. 2017. Trabalho de conclusão de curso - Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Ceará.

MOREIRA, H.A. **Avaliação do desempenho de técnicas não destrutivas: um estudo de caso na inspeção de componentes para molas pneumáticas**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Metalúrgica) - Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Curso de Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal do Ceará.