

AVALIAÇÃO DE PROPORÇÃO DE FASES EM REVESTIMENTOS DE AÇO DUPLEX ATRAVÉS DE FERRITOSCÓPIO

Renan Valter Magnol, renanvmagnol@gmail.com¹

Gustavo Fernandes Negris Lima¹

Rodolpho Toniato Corteletti¹

Letícia Morbach Dixini, leticiamorbach@hotmail.com¹

Temístocles de Souza Luz, temico@gmail.com¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, Brasil.

Resumo: Neste trabalho é relatado o desenvolvimento de uma análise de proporção de fases de um cordão de solda por revestimento de aço inoxidável do tipo duplex ER2209 em substrato de aço de baixo carbono. O processo de soldagem realizado foi do tipo TIG (Tungsten Inert Gas) utilizando o gás argônio 99,5% de pureza como gás de proteção. O processo semiautomático permitiu o ajuste de parâmetros fundamentais na soldagem utilizada em revestimentos de superfícies. A proporção de fases austenítica e ferríticas foram obtidas utilizando um ferritoscópio e foram avaliadas quanto à variação dos parâmetros envolvidos na soldagem, dentre eles: corrente elétrica, frequência, velocidade de soldagem e velocidade de alimentação de arame de solda. Os resultados denotam que para menor taxa de resfriamento da soldagem, maior a quantidade da fase ferrita formada.

Palavras-chave: Soldagem de revestimento, aços inoxidáveis duplex, proporção de fases, taxa de resfriamento.

1. INTRODUÇÃO

Os fenômenos corrosivos são sempre considerados como pontos críticos quando se desenvolve projetos de equipamentos principalmente na indústria offshore. Os aços inoxidáveis duplex (AID) são frequentemente utilizados devido sua excelente resistência à corrosão, além de suas ótimas propriedades mecânicas. Suas propriedades têm forte ligação com sua fina microestrutura composta por aproximadamente 50% de ferrita e 50% de austenita (Souza et al., 2013).

Porém, os aços duplex têm um alto custo em relação aos aços comuns como o aço ao carbono ABNT 1020, logo, se torna viável o uso dos inoxidáveis como revestimento, depositados através de soldagem, ao invés de se fabricar o material de forma inteiriça utilizando o aço inoxidável duplex, o que acarretaria em um alto custo associado à sua produção.

Parâmetros de soldagem como variação da corrente, velocidade de alimentação do arame e velocidade de soldagem afetam tanto a qualidade deste revestimento (Corteletti e Lima, 2015). Neste trabalho, as proporções finais de ferrita e austenita serão avaliadas através do método de medição magnética com o objetivo de correlacioná-las com os parâmetros de soldagem.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O aço ABNT 1020 foi utilizado como metal de base, com comprimento largura e espessura de 200, 63 e 9,5 mm respectivamente, como pode ser visto na figura 1.



Figura 1 - Metal de base.

Já o metal de adição utilizado, segundo o catálogo do fabricante (Weld-inox), é o aço inoxidável duplex ER2209 ou AWS A-5.9/A5.9M de 1,2 mm de diâmetro, a composição química do arame é informada na tabela 1.

Tabela 1 – Composição típica do metal de adição conforme o fabricante.

Elemento	Percentual em massa
Carbono	0,03, máximo.
Cromo	21,5 – 23,5
Níquel	7,5 – 9,5
Enxofre	0,03, máximo.
Fósforo	0,03, máximo.
Silício	0,90, máximo.
Molibdênio	2,5 – 3,5
Cobre	0,75, máximo.
Nitrogênio	0,08 – 0,20
Manganês	0,5 – 2,0

A elevada resistência à corrosão por pites dessas ligas é determinada pelo índice equivalente de resistência ao pite apresentado na equação abaixo.

$$[\text{PRE}]_{\text{N}} = \% \text{Cr} + 3,3 * (\% \text{Mo}) + 16 * (\% \text{N})$$

A resistência à corrosão por pites para o arame utilizado na soldagem, se caracteriza como Duplex.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Soldagem da Universidade Federal do Espírito Santo utilizando solda TIG alimentada a frio, à temperatura de aproximadamente 27°C e pressão de 1 atm. Os equipamentos utilizados foram:

1. Tocha de soldagem: A tocha utilizada no procedimento é modelo padronizado de cerâmica com 11mm, tamanho 7. A posição utilizada na soldagem foi a posição 1G, ou horizontal, mantendo a tocha a uma distância de 5 mm de distância da poça de fusão.
2. Tártilope V2 – IMC Soldagem: O tecimento escolhido foi o triangular, além de boa produtividade o cordão de solda formado possui boa aparência.



3.

Figura 2 - Esquemático do movimento descrito no tecimento triangular

Fonte: Adaptado de Silva et al. 2014 [4]

3. Fonte de soldagem DigiPLus A7 – IMC Soldagem: corrente contínua de polaridade reversa (eletrodo positivo), o fluxo de elétrons vai na direção do eletrodo e o fluxo de íons positivos na direção do metal de base.

4. Cilindro de gás argônio 99,5%: Possibilita menor penetração, que são ideias para à soldagem de chapas finas, propicia um pequeno gradiente de tensão na coluna do arco, uma ação de limpeza e maior estabilidade do arco.

5. Sistema tracionador de arame STA-20D – IMC Soldagem: consiste em um sistema que impõe tração no arame e possibilita a alimentação de metal de adição bobinados de diversos tipos.

6. Ferritoscópio Fisher FMP30: para realizar medidas tanto de porcentagem de ferrita quando do Número de Ferrita (FN), que é um valor padronizado para o teor de ferrita.

Foram realizados três experimentos com parâmetros diferentes, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de soldagem

Experimento	Velocidade de soldagem (m/min)	Amplitude (mm)	Velocidade de alimentação (m/min)	Corrente (A)	Frequência (Hz)
A	10	17	2	280	0,6
B	10	17	2	280	0,3
C	8	17	3,5	320	0,4

Inicialmente as amostras foram usinadas em uma fresadora universal VEB modelo FUW 315x800/I a fim de torná-las perfeitamente planas, a tabela 3 mostra as características geométricas das amostras após usinagem.

Tabela 3 – Características geométricas das amostras

Amostra	Altura do Cordão (mm)	Altura do cordão após usinagem (mm)
A	2,3	1,5
B	1,95	1,25
C	4	3,4

Após a usinagem, as amostras soldadas receberam um acabamento com uma lixa de 80 mesh e logo em seguida foram limpas com álcool. A figura 3 mostra as amostras após a preparação.

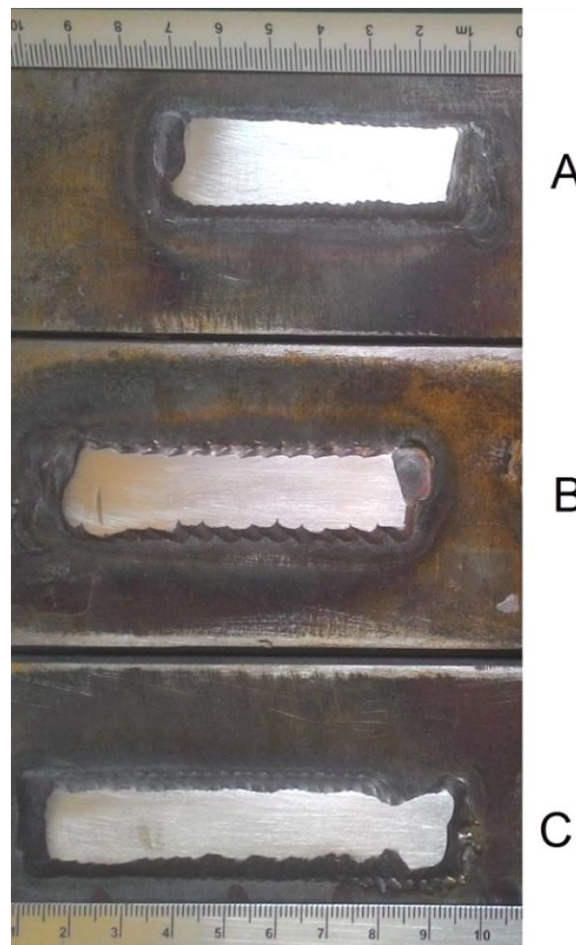


Figura 3 - Amostras soldadas após a preparação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os procedimentos acima descritos, foram realizadas 14 medidas na região central do cordão de solda em cada uma das amostras soldadas utilizando o ferritoscópio Fisher FMP30 após o mesmo ser devidamente calibrado. Os resultados das medições são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de ferrita

Amostras	Porcentagem média de ferrita (%)	Desvio Padrão
A	34,85	0,9645
B	29,65	0,4581
C	38,75	0,3846

Segundo Souza et al. (2013), regiões que experimentam temperaturas elevadas favorecem a formação de ferrita. Isso corrobora com os resultados encontrados e revela a maior porcentagem média de ferrita das amostras A quando comparadas com a amostra B, onde o único parâmetro variado entre elas é a frequência utilizada.

4. CONCLUSÃO

- Houve pouca dispersão entre as medições de ferrita em cada amostra, o que demonstra a homogeneidade de fases na região central do cordão onde foram feitas as medições, justificado pelos baixos valores de desvio padrão.
- Já a maior quantidade de ferrita em A do que em B deve-se à amostra A apresentar o dobro da frequência de B, resultando em cordões mais próximos um do outro, aumentando assim o aporte térmico por unidade de área do cordão. Essa maior frequência, acaba levando à uma taxa de resfriamento de A mais lenta em relação à amostra B.
- A maior quantidade de ferrita presente na amostra C é explicada pelo resfriamento mais lento, devido à maior quantidade de metal de adição imprimida pela maior velocidade de alimentação em relação aos demais, logo houve mais tempo hábil para precipitação da ferrita.

5. REFERÊNCIAS

Corteletti, R. T.; Lima, G. F. N. Parametrização de Soldagem de Aço Duplex para Revestimento com TIG Alimentado. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

Souza, G. C.; Pardal, J. M.; Tavares, S. S. M.; Fonseca, M. P. C.; Martins, J. L. F.; Moura, E. P.; Cardote Filho, I. Avaliação da Proporção de Fases em Juntas Soldadas de Tubulações de Aço Inoxidável Duplex Mediante Aplicação de Ensaio Não Destrutivo. Soldag. Insp. São Paulo, Vol 18, Nº.02, p.158-168, 2013.

6. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo desse trabalho.

EVALUATION OF PHASE PROPORTIONS IN DUPLEX STEEL COATINGS THROUGH FERRITOSCOPE

Renan Valter Magnol, renanvmagnol@gmail.com¹

Gustavo Fernandes Negris Lima¹

Rodolpho Toniato Corteletti¹

Letícia Morbach Dixini, leticiamorbach@hotmail.com¹

Temístocles de Souza Luz, temico@gmail.com¹

¹Federal University of Espírito Santo, Mechanical Engineering Department, Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES, Brazil.

Abstract: In this paper we report the development of a phase proportion analysis of a weld bead by duplex stainless steel casing ER2209 on a low carbon steel substrate. The welding process was TIG (Tungsten Inert Gas) using 99.5% pure argon gas as protection gas. The semiautomatic process allowed the adjustment of fundamental parameters in the welding used in surface coatings. The proportion of austenitic and ferritic phases were obtained using a ferritecope and were evaluated for the variation of the parameters involved in the welding, among them: electric current, frequency, welding speed and welding wire feeding speed. The results show that for the lower welding cooling rate, the higher the amount of the ferrite phase formed.

Keywords: Coating welding, duplex stainless steel, phase proportion, cooling rate.