

## **INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS E CONDIÇÕES DE SOLDAGEM DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO METAL DEPOSITADO**

**AMANDA FIGUEIRA TAVARES<sup>1</sup>; ANTONIO CARLOS DE FIGUEIREDO SILVEIRA<sup>1</sup>; THAIS ANDREZZA DOS PASSOS<sup>1</sup>; DANIEL SOUZA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Laboratório de Pesquisa em Engenharia da Soldagem, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – amand.figueira@gmail.com*

<sup>1</sup>*Laboratório de Pesquisa em Engenharia da Soldagem, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande – danielsouza@furg.br*

### **1. INTRODUÇÃO**

Uma das características do processo de soldagem MIG/MAG (*Metal InertGas/Metal Active Gas*) é a utilização de um gás de proteção que pode ou não interagir com a poça de fusão; versão com gás ativo ou inerte. O gás de proteção no referido processo tem como funções principais a estabilidade do arco (formação do plasma) e proteção da poça de fusão. Porém, é sabido que o mesmo, na versão MAG, interage com a poça e pode inserir elementos nela. Esse efeito pode ficar particularmente importante em operações de soldagem de revestimento com aços inoxidáveis. Nesta aplicação a modificação, mesmo que pequena da composição química do metal depositado pode interferir na resistência à corrosão do revestimento.

A literatura é escassa em estudos sobre as mudanças da composição química do cordão de solda em função do gás de proteção, mais do que isso, de como os parâmetros e condições de soldagem influenciam no mecanismo de absorção de elementos pela poça de fusão. Vários estudos já foram realizados sobre como o gás de proteção afeta a microestrutura e propriedades mecânicas do cordão de solda, como por exemplo, Liao e Chen (1998) em um estudo com o aço AISI 304 ou Huang (2009) estudando a influência do gás de proteção e do fluxo, usando o processo A-TIG. Os estudos citados, assim como outros tantos, são importantes, pois predizem como a composição do gás de proteção afeta as propriedades mecânicas do cordão de solda. Contudo, ainda é necessário estudos sobre as mudanças na composição química do cordão de solda causadas pela inserção de elementos na poça de fusão, pois estas são a real causa das mudanças na microestrutura, e consequentemente nas propriedades mecânicas.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal investigar mudanças na composição química do cordão em função dos parâmetros de condições de soldagem utilizados.

### **2. METODOLOGIA**

A metodologia adotada foi a de variar parâmetros de soldagem como a velocidade de alimentação, velocidade de soldagem, tensão de soldagem, gás de proteção e vazão do gás. A velocidade de alimentação foi ajustada para manter correntes de soldagem próximas a 100 A, 200 A e 300 A. A velocidade de soldagem foi regulada para manter o mesmo volume da poça de fusão em todos os testes, para isto a relação velocidade de alimentação/velocidade de soldagem foi mantida constante. Foi utilizado também a técnica de tecimento com frequência de 3 Hz e amplitude de oscilação de 4 mm. Os gases de proteção utilizados foram o Ar + 25%CO<sub>2</sub> e Ar + 2%O<sub>2</sub>. A vazão do gás de proteção foi medida no bocal da tocha com auxílio de um fluxômetro e ajustada em 16 l/min e

12 l/min. Para a análise química dos depósitos foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica.

Foram utilizadas placas de teste com dimensões de 250x100 mm com espessura de 10,5 mm a partir de chapas de aço inoxidável AISI 316L. Durante a soldagem as placas foram fixadas em suportes com rigidez suficiente para impedir a distorção das mesmas. Após a soldagem as placas foram cortadas e a parte superior da camada de material depositado foi lixada até atingir uma superfície plana necessária para a utilização do espectrômetro, como é mostrada na Fig 1.



Fig 1 – Corpo de prova após preparo e análise no espectrômetro

Para realização das soldagens foi utilizada uma fonte eletrônica do tipo inversora regulada para operar no modo de tensão constante. Para movimentação da tocha foi usado um robô com seis graus de liberdade. O arame eletrodo usado foi o AWS ER316LSi de 1,0 mm de diâmetro. A distância bico contato peça utilizada foi de 17 mm. Para a medição dos valores médios dos parâmetros de soldagem foi utilizado um equipamento eletrônico de monitoramento (sistema de aquisição). O sistema de aquisição possibilita medir os valores da corrente e tensão com taxa de aquisição dos sinais de 5 kHz. A Tab. 1 apresenta os parâmetros de regulagem utilizados.

Tab. 1 – Parâmetros de soldagem regulados

Testes	Ur (V)	Valim (m/min)	Vsold (cm/min)	Vazão (l/min)	Um (V)	Im (A)	Gás de Proteção
97-100	23,0	4,0	16	16	23,2	107	Ar+25%CO <sub>2</sub>
103-105	29,0	3,2	12	16	29,3	102	Ar+25%CO <sub>2</sub>
107-109	30,0	10,0	38	16	30,3	206	Ar+25%CO <sub>2</sub>
121-123	26,0	8,6	34	16	26,3	206	Ar+2% O <sub>2</sub>
124-127	35,0	17,5	67	16	35,5	302	Ar+25%CO <sub>2</sub>
130-132	30,0	10,0	38	16	30,3	205	Ar+25%CO <sub>2</sub>
133-136	23,0	4,0	16	12	23,0	109	Ar+25%CO <sub>2</sub>
137-139	30,0	10,0	38	12	30,2	211	Ar+25%CO <sub>2</sub>

Ur: Tensão regulada na fonte, Valim: Velocidade de Alimentação do Arame, Vsold: Velocidade de Soldagem, Um: Tensão média monitorada, Im: Corrente de soldagem média monitorada.

Os depósitos foram realizados por meio de cordões de solda feitos um ao lado do outro. Para isto, foi realizado o primeiro cordão de solda e para os próximos o arame-eletrodo era posicionado a 2 mm de distância da lateral do anterior por todo seu comprimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes são apresentados seguidos de seus resultados obtidos no espectrômetro. A Tab. 2 apresenta a variação da composição química devido a alteração do gás de proteção. Observa-se um aumento do percentual de carbono e diminuição do silício quando usado Ar + 25%CO<sub>2</sub>, supostamente devido a deposição de carbono pelo gás de proteção e a alteração do teor de silício pode ser devido a maior desoxidação por causa do gás de proteção com maior quantidade de oxigênio (formação de escória – SiO<sub>2</sub>).

A Tab. 3 mostra a composição química quando alterada a corrente de soldagem. Observa-se uma diminuição do percentual de carbono e aumento do silício quando se aumenta a corrente de soldagem. A Tab. 4 mostra que o modo de transferência metálica de curto-círcuito tende a promover a diminuição do carbono e o aumento do silício quando comparado com o modo de transferência metálica misto (globular/curto-círcuito). A Tab. 5 mostra que com a técnica de tecimento também ocorreu uma diminuição do carbono e aumento do silício em comparação com a técnica de passe reto. Observa-se que as condições de soldagem que ocasionam uma maior movimentação da poça de fusão tendem a uma diminuição do depósito de carbono e maior desoxidação da poça.

A Tab. 6 correlaciona a vazão do gás de proteção e o modo de transferência metálica com a composição química do depósito, observa-se que quando se diminui a vazão do gás de proteção e a transferência se encontra em modo goticular ocorre a diminuição do percentual de carbono e o aumento de silício, e o contrário ocorre quando o modo de transferência se encontra em curto-círcuito.

Tab 2 – Composição química alterando o gás de proteção

Testes	Gás de Proteção	%C	%Si
107 - 109	Ar + 25%CO <sub>2</sub>	0,0325	0,487
121 - 123	Ar + 2%O <sub>2</sub>	0,0127	0,637

Tab 3 – Composição química alterando a corrente de soldagem

Testes	Im (A)	%C	%Si
103 - 105	102	0,0402	0,407
107 - 109	206	0,0325	0,487
124 - 127	302	0,0299	0,506

Tab 4 – Composição química alterando o modo de transferência metálica

Testes	Transf. Metálica*	%C	%Si
103 – 105	Modo Misto	0,0402	0,407
97-100	Curto-Círcuito	0,0389	0,532

Tab 5 – Composição química alterando a técnica de soldagem

Testes	Técnica	%C	%Si
107 - 109	Passe Reto	0,0325	0,487
130 - 132	Tecimento	0,0258	0,503

Tab 6 – Composição química alterando a vazão do gás e modo de transferência metálica

Testes	Transf. Metálica	Vazão (l/min)	%C	%Si
107 - 109	Goticular	16	0,0325	0,487
137 - 139	Goticular	12	0,0288	0,498
97-100	Curto-Círculo	16	0,0389	0,532
133-136	Curto-Círculo	12	0,0412	0,506

#### 4. CONCLUSÕES

Para os materiais, parâmetros e condições de soldagem utilizados neste trabalho, pode-se concluir que:

- Quando usado Ar+25%CO<sub>2</sub> há um aumento do percentual de carbono e diminuição do percentual de silício quando comparado ao uso do Ar+2%O<sub>2</sub>;
- O aumento da corrente de soldagem ocasionou uma diminuição do percentual de carbono e aumento do silício;
- Quando o modo de transferência metálica se encontra em curto circuito há uma diminuição do percentual de carbono e aumento do silício comparado ao modo misto de transferência;
- Com o uso da técnica de tecimento ocorreu uma diminuição do carbono e aumento do silício em relação ao passe reto;
- A vazão do gás de proteção ocasionou uma diminuição do percentual de carbono e aumento do silício quando o modo de transferência metálica é goticular e o contrário ocorreu em modo de curto-círcito.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HUANG, H. Y. Effects of Shielding Gas Composition and Activating Flux on GTAW Weldments. **Materials and Design**. Vol. 30, p. 2404-2409, 2009.

LIAO, M. T.; CHEN, W. J. The Effect of Shielding Gas Compositions on the Microstructure and Mechanical Properties of Stainless Steel Weldments. **Materials Chemistry and Physics**. Vol. 55, p. 145-151, 1998.