

INFLUÊNCIA DOS GASES DE PROTEÇÃO EMPREGADOS NO PROCESSO MIG/MAG SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO METAL DE SOLDA

Resumo: *Pelo processo MIGMAG foram realizados depósitos de solda utilizando-se várias misturas de proteção, envolvendo argônio, oxigênio e dióxido de carbono, com o objetivo de verificar a influência das misturas sobre as propriedades mecânicas do metal de solda de um aço de baixo carbono. Os resultados indicaram que misturas ricas em argônio possibilitaram valores mais elevados de tenacidade, tanto a altas como a baixas temperaturas, provavelmente devido aos reduzidos teores de oxigênio absorvidos pelo metal de solda e à presença de uma maior quantidade de ferrita acicular. No tocante à resistência à tração, escoamento e alongamento, não foram constatadas diferenças substanciais com variação das misturas de proteção.*

Eng Manoel Augusto Allgayer Canto

1. Introdução

Nas últimas décadas tem-se constatado, principalmente nos países industrialmente desenvolvidos, um crescente interesse do setor metalmeccânico pela técnica de soldagem MIG/MAG. Nos países europeus, no Japão e nos Estados Unidos, este processo já superou, em termos de utilização, a soldagem com eletrodos revestidos. Só na Europa, a participação da soldagem MIG/MAG no mercado cresceu de 30%, em 1974, para 50% em 1984, superando a marca de 60% na década de noventa. A rápida ascensão deste processo é devida, em grande parte, as altas taxas de deposição oferecidas e à possibilidade de automação do processo através dos robôs industriais. No Brasil, existe uma forte expectativa quanto a uma maior utilização da soldagem MIG/MAG nas atividades de manufatura, pois o processo ofereceria maior competitividade às empresas do setor metalmeccânico nacional.

O processo MIG/MAG, quando aplicado na soldagem de aços, permite o emprego de uma grande variedade de misturas gasosas, envolvendo gases inertes e oxidantes. Deve-se ter em mente que essas misturas influenciam, de maneira diferenciada, no acabamento do cordão, na penetração, nas taxas de deposição, nas velocidades de soldagem, na estabilidade do arco, nos custos de soldagem e, sobretudo, nas propriedades mecânicas. Seu papel é tão importante como o do revestimento de um eletrodo revestido.

Este trabalho trata, principalmente, da influência de algumas misturas gasosas utilizadas no processo MIG/MAG, em especial misturas de Ar+O₂, Ar+CO₂, Ar+O₂+CO₂, CO₂+O₂ e CO₂ puro, sobre a tenacidade e a resistência do metal de solda. Mediu-se estas propriedades mecânicas empregando-se, respectivamente, ensaio de impacto Charpy-V a 20, 0 e -30°C, e ensaio da tração. Para a discussão dos resultados realizou-se, paralelamente, análise química e metalografia quantitativa dos metais de solda.

Tabela 1 Análise química do metal de solda e arame.

Código	Mistura	C	Si	Mn %	P	S	O ppm
M1	Ar+3%O ₂	0,10	0,79	1,23	0,015	0,010	234
M2	Ar+8%O ₂	0,10	0,65	0,98	0,016	0,009	339
M3	Ar+8%CO ₂	0,11	0,75	1,17	0,015	0,010	320
M4	Ar+27%CO ₂	0,11	0,66	1,14	0,017	0,009	425
M5	Ar+40%CO ₂	0,11	0,67	1,08	0,014	0,010	443
M6	Ar+2%O ₂ +15%CO ₂	0,11	0,67	1,12	0,015	0,008	395
M7	Ar+2%O ₂ +25%CO ₂	0,11	0,70	1,18	0,016	0,010	475
M8	CO ₂	0,11	0,67	1,23	0,016	0,010	628
M9	CO ₂ +4%O ₂	0,11	0,63	1,04	0,014	0,010	611
M10	CO ₂ +15%O ₂	0,10	0,50	0,92	0,016	0,009	624
M11	CO ₂ +25%O ₂	0,09	0,55	1,25	0,015	0,010	662
E	Arame-eletrodo	0,11	0,88	1,34	0,015	0,010	30

2. Procedimento experimental

Para a realização dos ensaios foi adotada uma junta de topo entre chapas de aço ABNT 1020 de 25 mm de espessura, levemente chanfrada, com abertura de raiz de 16 mm e cobrejunta. Para o enchimento completo do chanfro foram necessários quatro camadas, sendo dois passes por camada. O cálculo da diluição indicou valor inferior a 15%. Portanto, a análise química reflete, praticamente, aquela do metal depositado. Adotou-se como temperatura de interpasse 150°C.

De cada junta foram extraídos nove corpos de prova para o ensaio Charpy-V em diferentes temperaturas, um para o ensaio de tração longitudinal, um para metalografia quantitativa e um para análise química do metal de solda.

Adotou-se como parâmetros de soldagem os seguintes valores: 30 Volts de tensão no arco elétrico, 285 ampères de corrente, velocidade de soldagem de 4,7mm/s, energia de soldagem de 1,8kj/mm, vazão de gás de 17L/min. As possíveis variações destes parâmetros foram eliminadas mediante a construção de um dispositivo mecânico para a condução da tocha de soldagem.

As misturas estudadas neste trabalho encontram-se na Tabela 1 com os seus respectivos códigos. Foram obtidas por intermédio de um misturador triplo de gases W&M. Na mesma tabela são mostradas as composições químicas dos metais de solda resultantes em cada mistura, juntamente com a análise química do arame-eletrodo, empregado na execução das soldas.

3. Discussão dos resultados obtidos

A tabela 1 mostra os níveis de oxigênio encontrados no metal de solda. É oportuno salientar que quando nos referimos aos teores de oxigênio no metal estamos na realidade, considerando o oxigênio presente na forma de inclusões de óxidos, já que a solubilidade deste elemento químico na fase sólida do aço é extremamente baixa (cerca de 20 ppm).

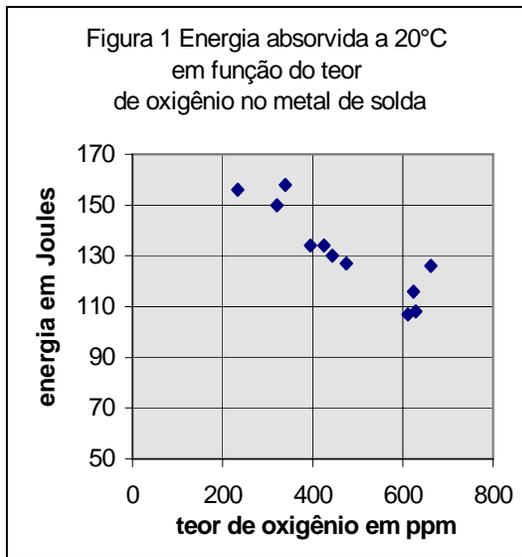
Observando-se os resultados dos ensaios Charpy-V a temperaturas de 20, 0 e -30°C (Tabela 2), constata-se que as misturas ricas em argônio, M1, M2 e M3, apresentam os maiores valores de tenacidade. A superior tenacidade destas misturas enriquecidas com argônio confirma estudos anteriormente realizados por outros autores.^{1,2,3,4,5,6}

Tabela 2 Energia absorvida em Joules a 20, 0 e -30°C.

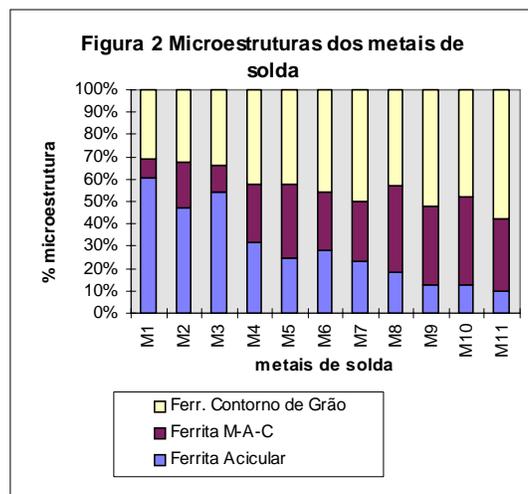
Código	20°C	0°C	-30°C
M1	156	125	75
M2	158	130	78
M3	150	89	79
M4	134	88	60
M5	130	88	59
M6	134	93	48
M7	127	93	57
M8	108	81	58
M9	107	75	52
M10	116	96	52
M11	126	80	47

O oxigênio (ou inclusões de óxidos) presente no metal de solda pode influenciar diretamente a tenacidade, ao promover fraturas do tipo dúctil no metal^{7,8}. Particularmente para os valores de tenacidade a 20°C, onde o material apresenta comportamento dúctil, verifica-se que a medida em que os teores de oxigênio aumentam, a tenacidade tende a diminuir, como mostra a Figura 1.

Os resultados das metalografias quantitativas são apresentados na Figura 2 para as misturas gasosas em estudo. Foram identificadas três microestruturas: ferrita acicular, ferrita de contorno de grão e ferrita com M-A-C alinhado. Comparando-se estes resultados com os teores de oxigênio no metal de solda, verifica-se que teores de oxigênio entre 200 e 350 ppm tendem a produzir maior quantidade de ferrita acicular. Nos teores acima enquadram-se as misturas M1, M2 e M3, misturas estas contendo pouca quantidade de O₂ e CO₂ no gás de proteção. A medida, porém, que os teores de oxigênio no metal crescem, aumenta a proporção de ferrita com M-A-C alinhado e de contorno de grão. O predomínio destes últimos constituintes, quando os teores de oxigênio no metal são elevados, também foram constatados em outras investigações.^{9,10,11,12} A razão para tal comportamento estaria ligada à ancoragem dos grãos austeníticos pelas inclusões, impedindo o maior crescimento destes. Grãos austeníticos pequenos forneceriam maior superfície disponível para a nucleação direta da ferrita de contorno de grão e, a partir desta, a nucleação de ferrita com M-A-C alinhado.



Não seria completamente correto estabelecermos uma relação entre microestrutura e os resultados dos ensaios Charpy a -30°C na presente investigação (apesar de a esta temperatura a tenacidade depender praticamente da microestrutura), pois na região do entalhe em V do corpo de prova existe um alto grau de recristalização, decorrente da soldagem multipasse. Contudo, provavelmente os maiores valores de energia absorvida encontrados a esta temperatura, misturas M1, M2 e M3, estejam associados a maior participação da ferrita acicular.



Na Tabela 3 encontram-se os ensaios de tração longitudinal do metal de solda de algumas das misturas empregadas nesta investigação. Existe pouca variação entre os valores de tensão de escoamento, tensão máxima de resistência e alongamento (ϵ). Isto provavelmente decorre da pequena diferença entre os teores Si e Mn no metal de solda. A microestrutura do metal parece não influenciar nos valores acima, uma vez que os corpos

de prova M1 e M11, que possuem microestruturas bem distintas, apresentam praticamente os mesmos valores de resistência e alongamento.

Tabela 3 Resultados dos ensaios de tração longitudinal.

Mistura	Tensão de escoamento N/mm ²	Limite de resistência N/mm ²	ϵ %
M2	505,8	625,8	32,1
M3	512,1	623,8	30,0
M4	505,8	615,8	29,0
M7	474,6	595,8	34,6
M9	499,6	562,0	22,4
M11	493,3	602,0	31,8

4. Conclusões

Somos levados a admitir como válidas as seguintes conclusões, desde que respeitadas os parâmetros estabelecidos neste trabalho:

1. Os gases de proteção empregados no processo MIG/MAG afetam a microestrutura e a tenacidade do metal de solda.
2. Misturas com menores quantidades de O₂ e CO₂ reduzem os teores de oxigênio absorvidos pelo metal de solda, ampliam a formação de ferrita acicular, garantido maior tenacidade, tanto a altas como a baixas temperaturas.
3. Quanto mais oxidantes forem as misturas de proteção, maiores serão as quantidades de ferrita de contorno de grão e M-A-C alinhado, constituintes de baixa tenacidade.
4. As variações verificadas na microestrutura e na tenacidade estão associadas, em parte, aos teores de oxigênio no metal de solda.
5. A resistência à tração, escoamento e alongamento não foram alterados substancialmente pela variação do gás de proteção.

5. Referências bibliográficas

1. STENBACKA, N. & PERSSO, K. A. Shielding gases for metal arc welding. **Welding Journal**, v.68, n.11, p.41-47, november 1989.
2. SCHACKLETON, D. N. & RUCKDESCHEL, W. E. W.. The effect os gas mixtures in MIG welding of ferritic steel on oxygen transfer and metal impact values. **Welding Research International**, v.6, n.3, p.11-27, march 1976.
3. HILL, D. C. & PASSOJA, D. E.. Understanding the role of inclusions and microstrutures in ductile fracture. **Welding Journal**, v.53, n.11, p.481s-5, november 1974.
4. SCHACKLETON, D. N. & RUCKDESCHEL, W. E. W.. Oxygen transfer during welding. **Metal Construction**, v.8, n.7, p.305-6, july 1976.

5. MALOV, V. V. & ROSHCHVPKIN, N. P.. Selection of the composition of the argon bearing mixtures shielding gases in the welding of structural steels. **Welding Production**, v.28, n.10, p.19-21, october 1981.
6. SVETSINSKIL, V. G., RIMSKIL, S. T. & KIRYAN, V. I.. Evaluation the fracture toughness of gas-shilded arc and submerged-arc welds. **Automatic Welding**, v.35, n.8, p.12-15, 1982.
7. AHLBLOM, B.. Oxygen and its role in determining weld metal microstructure and toughness -state-of-the-art- review. **I. I. W.**, DOC 1322-84.
8. FARRAR, R. A. The role of inclusions in the ductile fracture of weld metals. **Welding and Metal Fabrication**, 578-81. October 1976.
9. FERRANTE, M. & FARRAR, R. A.. The role of oxygen rich inclusions in determining the microstructure of metal deposits. **Journal Materials Science**, 17(3293-98). 1982.
10. ITO, Y. & NAKANISHI, M.. Study of Charpy impact properties of weld metal with submerged-arc welding. **The Sumimoto Search**, 15(42-62). 1976. In(HOEKSTRA S., MUNNIG SCHMIDT-VAN DER BURG M. A. & OUDEN G. DEN. Microstructure and notch toughness of ferritic weld metal (a review). **Metal Construction**, v.18, n.12, p.771-75, december 1986.
11. HARRISON P. L. & FARRAR, R. A.. Influence of oxygen-rich inclusions on the phase transformation in high-strength-low-alloy (HSLA) steel weld metals. **Journal of Materials Science**, 16(2218-26). 1981.
12. FLECK, N. A., GRONG, O., EDWARDS, G. R. & MATLOCK, D. K.. The role of filler metal wire and flux composition in submerged arc weld. Metal transformation kinetics. **Welding Journal**, v.65, n.5, p.113s-121s, may 1986.