

CORRELAÇÃO ENTRE A VELOCIDADE DE SOLDAGEM E DA ALIMENTAÇÃO DO ARAME NO PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW COM A GEOMETRIA, MICROESTRUTURA E MACROESTRUTURA DO CORDÃO DE SOLDA

F. C. Correia, G. E. Krung, P. H. Ogata, D. Morais
fabioconte@usp.br

Faculdade de Tecnologia de Itaquera – Professor Miguel Reale

RESUMO

Controlar os parâmetros de soldagem é de grande importância para o setor industrial e comercial, pois além de garantir um processo mais confiável, proporciona uma economia de material, de mão de obra, tornando o processo economicamente mais viável. Esse trabalho propõe o estudo da influência da velocidade de soldagem e da alimentação do arame no processo de soldagem GMAW correlacionando com sua micro e macroestrutura e da geometria do cordão de solda. Após a soldagem amostras preparadas metalograficamente foram analisadas em um estereoscópio e em um microscópio ótico. Dentre as duas variáveis estudadas a que conferiu uma maior influência nos cordões de solda foi a velocidade de alimentação do arame já que suas alterações levaram a maiores variações quanto a área de diluição, penetração, altura do reforço e energia de soldagem. A velocidade de deslocamento teve uma variação significativamente com relação a área da ZAC e a taxa de diluição.

Palavras-chave: GMAW; Velocidade de Soldagem; Velocidade de Alimentação do Arame.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existem mais de 50 tipos de processos de soldagem diferentes, tornando-se o mais importante método de união permanente de metais. O processo de soldagem a arco utilizando um gás ativo GMAW (Gas metal arc welding) é muito usado nas indústrias por ter elevada taxa de deposição, entretanto ainda sofre com a resistência com grande parte dos profissionais responsáveis pela soldagem, devido principalmente a complexidade dos seus ajustes de seus parâmetros, se agravando quando tem que se realizar as soldagens fora das posições plana e horizontal, esta dificuldade está em conhecer qual variável alterar e as suas influências no cordão de solda obtido, já que à medida que foram surgindo novas modalidades de soldagem, o número de variáveis e o nível de complexidade de ajuste das mesmas também foi aumentando [1].

Para obter se obter uma qualidade satisfatória na soldagem deve se conhecer bem as variáveis que controlam sozinhas ou em conjunto as características finais dos cordões de solda. [1,2], dois dos parâmetros mais importante nesse processo são a velocidade de alimentação do arame e a velocidade de soldagem.

A velocidade de alimentação do arame é diretamente proporcional a corrente de soldagem, para baixas intensidades de corrente esse comportamento é praticamente linear, à medida que a velocidade do arame e variada à corrente varia de forma semelhante quando se utiliza uma fonte de soldagem com tensão constante e seus picos de corrente são dependentes do seu diâmetro e sua composição química e a velocidade de soldagem nada mais é que a velocidade com que o arco e a fonte de calor se deslocam sobre a peça [3].

Mantidos fixos os parâmetros das outras variáveis, quanto mais se aumenta a velocidade de soldagem mais se diminui a geometria do cordão de solda, aporte térmico, tamanho do grão no metal de solda diminuindo também a tensão residual. A penetração não é constante, alcança se um valor máximo e vai decrescendo conforme se aumenta a velocidade de soldagem, em aços ao carbono este pico é próximo de 7 mm/s [4].

Tendo em vista a necessidade de correlacionar esses parâmetros com as propriedades resultantes dos cordões de solda, este trabalho propõe avaliar a

influência da velocidade de soldagem e da velocidade de alimentação do arame no processo GMAW.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas duas chapas de aço carbono AISI1020 para serem soldadas com as especificações estabelecidas. As chapas foram cortadas e rebarbadas com o uso da lixadeira com disco de corte nas dimensões de 650 mm de comprimento e 100 mm de largura, suas superfícies foram limpas com disco de desbaste abrasivo por processo mecânico para retirada de carepa, graxa, óleo e pontos de oxidação, foram também realizadas marcas com espaços a cada 60 mm em seu comprimento que serviu de base para manter as distancias entre os cordões de solda realizados, a mesma foi soldada em outra chapa maior para que não empenasse devido ao aporte térmico como pode ser observada na Figura 1.

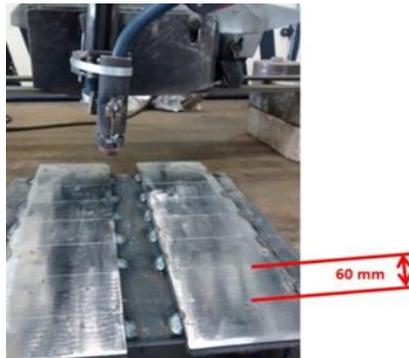


Figura 1. Preparação dos corpos de prova para a realização do processo de soldagem.

Para garantir a inclinação de 90° e a altura de 14 mm da tocha em relação a chapa, a tocha foi fixada com auxílio de braçadeiras metálicas no movimentador horizontal.

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

Como materiais consumíveis foram utilizados o arame-eletrodo ER70S-6 com diâmetro de 1,0 mm e gás de proteção MIX- C20 (80% de Argônio com 20 % Dióxido de Carbono-CO₂) ajustado para a vazão de 10 l/min. A fonte de energia utilizada foi a Bambozzi, modelo TDG 395ED com curva característica de tensão constante e

cabeçote alimentador de arame SAG DI-45ED que possui tocha de soldagem padrão sem arrefecimento ou exaustão de gases.

Foram realizados cordões de solda com simples deposição sobre chapa e as soldagens subsequentes dos cordões só foi efetuada com a temperatura da chapa inferior a 154°C, isto para que um aporte térmico não afetasse termicamente o próximo cordão.

Foi alinhado o arame-eletrodo na tocha com o 1º risco efetuado na amostra, a máquina de solda foi ajustada no cabeçote como 4T, onde o desligamento e ligamento da alimentação do arame e energia, são efetuados com apenas um toque no gatilho da tocha MIG/MAG não tendo assim a necessidade de se manter pressionado o gatilho durante toda a execução do cordão.

A tensão foi ajustada em 22,4 V e se manteve constante para todo o processo de soldagem, a tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados para cada amostra obtida.

Tab 1. Parâmetros de soldagem utilizados.

Amostra	Velocidade de alimentação do arame (m/min)	Velocidade de deslocamento (mm/min)	Amostra	Velocidade de alimentação do arame (m/min)	Velocidade de deslocamento (mm/min)
1	10,4	180	8	4,5	420
2		300	9	6,6	
3		420	10	8,5	
4		540	11	10,4	
5		660	12	12,5	
6		780	13	14,7	
7		900	14	16,6	

Para todos os cordões de solda foi tomado o cuidado com o aporte térmico entre os cordões, com a utilização do lápis térmico. Foram protegidas também as áreas a serem soldadas subsequentemente contra os respingos utilizando uma chapa de sacrifício, como mostrado na figura 2.



Figura 2. Chapa de sacrifício par proteção contra respingos.

2.1 Caracterizações

Após a realização dos cordões de solda as amostras foram preparadas metalograficamente, sendo para isso cortadas, lixadas com lixas de granulometria de 100, 320, 400, 600 e 1200, polidas com pastas de diamante de 6, 3 e 1 μm , logo após esses processos as amostras foram atacadas quimicamente em solução de Nital 5% e 2% (ácido nítrico diluído em álcool etílico) para a revelação das suas macro e microestruturas.

Para a análise da macroestrutura foi utilizado um estereoscópio acoplado a um microcomputador e para a aquisição das imagens das microestruturas foi utilizado uma câmara digital Opticam OPT 10.000, acoplada a um microscópio de marca Olympus BX60M ambas as imagens foram editadas com o auxílio do software axiovision

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os parâmetros de soldagem definidos obteve-se os valores de corrente e utilizando a equação (A) obteve-se os valores de energia de soldagem e esses valores estão apresentados na tabela 2.

$$E = \frac{U \cdot I}{V} \text{ (A)}$$

Onde E é a energia de soldagem (J/mm), U é a Tensão (V), I é a corrente (A) e V a velocidade de soldagem (mm/s).

Tab 2. Valores de corrente e energia de soldagem.

Amostra	Corrente	Energia	Amostra	Corrente	Energia
---------	----------	---------	---------	----------	---------

	(A)	(J/mm)		(A)	(J/mm)
1	199	689,87	8	97	62,36
2	189	393,12	9	137	129,17
3	196	291,2	10	175	212,5
4	187	216,09	11	196	291,2
5	193	182,47	12	218	389,29
6	193	154,4	13	238	499,8
7	199	137,97	14	283	671,11

O gráfico apresentado na figura 3(a) mostra que o aumento da velocidade de deslocamento influencia significativamente na diminuição da energia de soldagem, já utilizando o gráfico da figura 3(b) pode-se observar que o aumento na velocidade de alimentação do arame aumenta quase que linearmente a energia de soldagem.

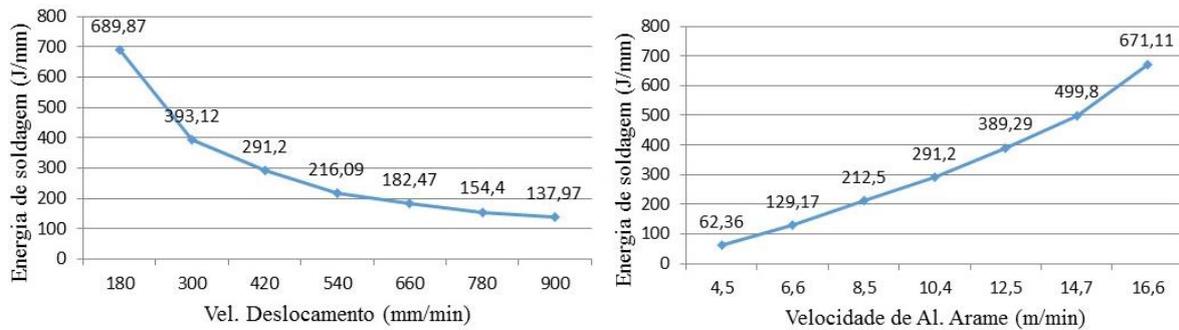


Figura 3. (a) Energia de soldagem por velocidade de deslocamento; (b) energia de soldagem por velocidade de alimentação do arame

3.1 MACROGRAFIAS

A Figura 4 apresenta a macrografia de um dos cordões de solda, através dessa imagem é possível obter os valores das áreas de diluição, da zona afetada pelo calor (ZAC) e do reforço bem como os valores referentes aos comprimentos da face da solda, altura do reforço e penetração. Imagens semelhantes a essas apresentadas foram obtidas para todas as outras amostras soldadas.

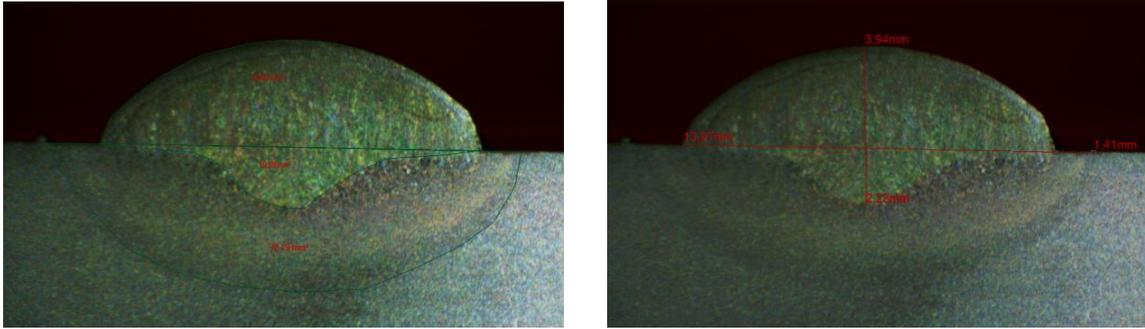


Figura 4. Macrografia do cordão de solda.

A taxa de diluição pode ser obtida através da razão entre a área de diluição e a área total (soma da área de reforço e da área de diluição).

A tabela 3 apresenta os valores obtidos através das macrografias para todos os cordões de solda realizados.

Tab 3. Valores obtidos através das macrografias.

Amostra	Área do reforço (mm ²)	Área de diluição (mm ²)	Taxa de diluição (%)	Área da ZAC (mm ²)	Penetração (mm)	Face da solda (mm)	Altura do reforço (mm)
1	40,93	10,89	21,01	59,30	2,23	13,97	3,94
2	28,61	12,42	30,27	29,47	2,74	11,74	3,4
3	27,26	13,31	32,80	32,53	3	12,26	3,14
4	20,61	14,35	41,04	14,30	2,65	10,3	2,72
5	12,95	7,17	35,64	8,04	1,87	8,75	2,27
6	9,93	6,90	40,99	5,81	1,88	7,08	2,02
7	7,68	7,43	49,17	4,60	1,71	6,66	1,76
8	11,29	6,27	35,70	10,93	1,05	8,58	2,04
9	14,52	8,18	36,03	15,08	2,2	9,44	2,41
10	23,01	11,11	32,56	19,15	2,34	11,02	3,14
11	28,38	15,19	34,86	27,21	3,09	12,65	3,26
12	34,13	16,15	32,12	36,85	3,28	12,5	3,8
13	37,99	18,16	32,34	32,63	3,89	12,44	4,12
14	64,29	29,92	31,76	41,58	4,31	14,7	5,16

A fim de verificar a intensidade da influência da variação dos parâmetros de soldagem nas características finais dos cordões de solda, realizou-se o cálculo da amplitude dessas variações com as amostras sendo separadas de 1 a 7 e de 8 a 14.

A figura 5 apresenta um gráfico com os valores da amplitude dos dados obtidos com relação a área de diluição, penetração, face da solda e altura do reforço, através dela é possível observar que a velocidade de alimentação do arame teve uma maior influência com relação aos valores da área de diluição ficando a sua

amplitude em 23,54 mm², fato esse correlacionado com o aumento da corrente, já que nesse caso há uma maior quantidade de material de fundindo.

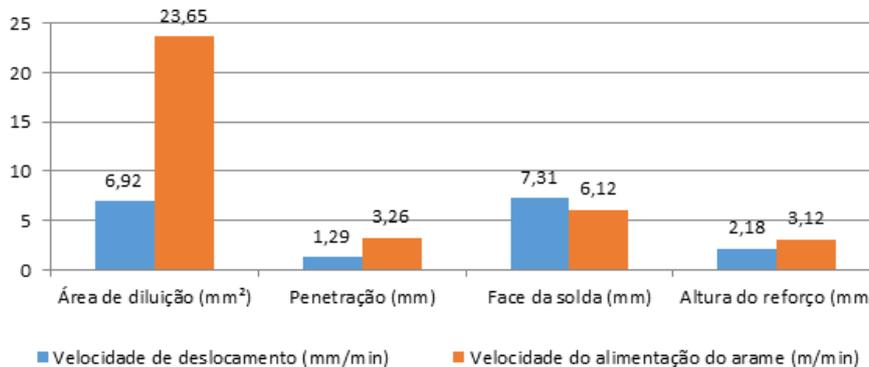


Figura 5. Valores das amplitudes dos dados com relação entre a área de diluição, penetração, face da solda e altura do reforço.

O gráfico da figura 6 apresenta os valores das amplitudes para os dados de taxa de diluição, área de reforço, área da ZAC, energia de soldagem e corrente, nela é possível observar que valores como a taxa de diluição são bem mais influenciados pela velocidade de deslocamento do que pela velocidade de alimentação do arame e já para a corrente esse comportamento é ao contrário já que ao aumentar a quantidade de arame se tem um aumento na frequência de curto circuito.

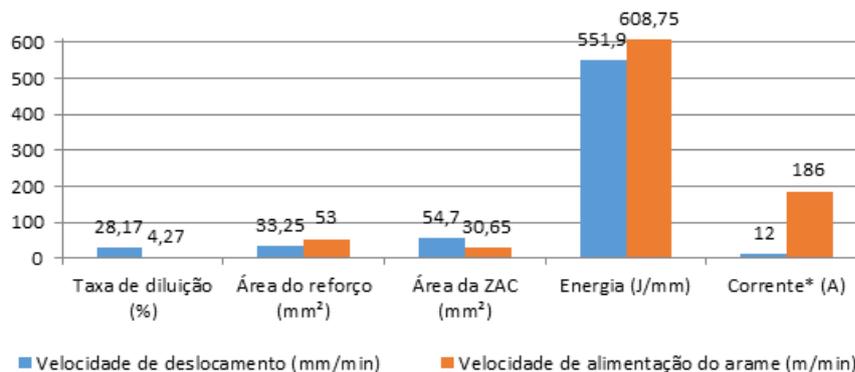


Figura 6. Valores das amplitudes dos dados com relação a área de diluição, do reforço, da ZAC, energia de soldagem e corrente.

3.2 MICROGRAFIAS

Analisando as micrografias das amostras 1, 4 e 7, apresentadas na Figura 7 observa-se que com o aumento da velocidade de deslocamento do arame há uma

diminuição da extensão e da área da ZAC, além de se poder observar em detalhes a formação da microestrutura a região da metal base, a zona afetada pelo calor (ZAC) a zona de ligação (ZL) e a zona fundida (ZF)

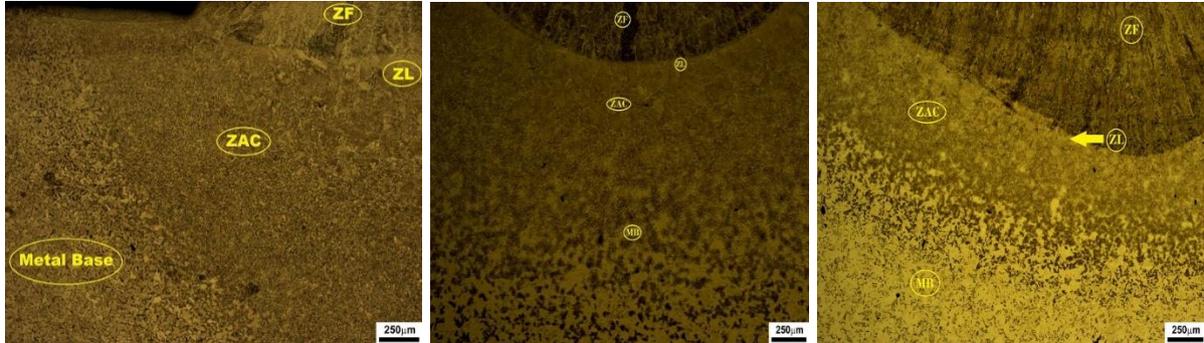


Figura 7. Micrografia do cordão de solda para amostra 1, 4 e 7 respectivamente.

Na região da ZAC há alterações significativas na microestrutura explicada pela temperatura que essa região é exposta durante o processo de soldagem já que essas temperaturas são superiores à temperatura crítica do material e inferiores a temperatura de fusão. Analisando as micrografias apresentadas na Figura 8 observa-se a presença Ferrita com carbonetos agregados (FC), Ferrita com segunda fase alinhada (FS(A)), ferrita acicular (AF)

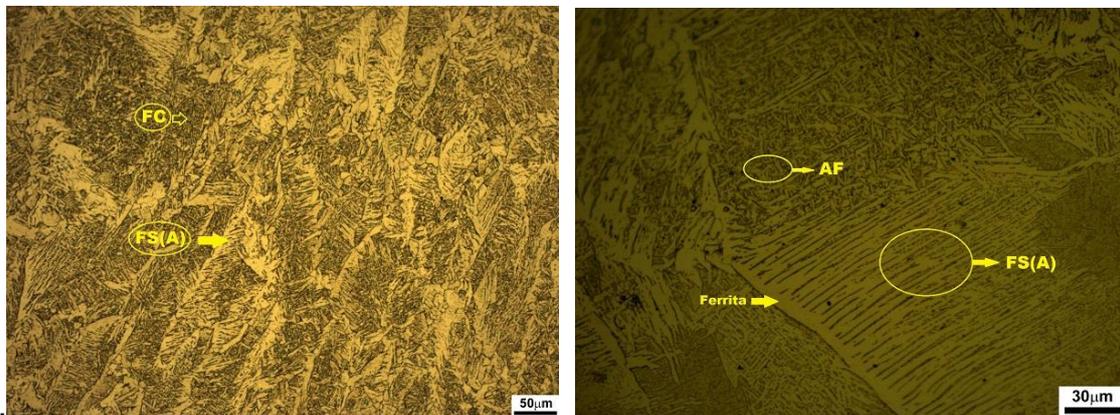


Figura 8. Micrografias entre a região da zona fundida e a ZAC

O aumento na velocidade de alimentação do arame aumenta o aporte de calor e favorece o aumento da área da ZAC, e conseqüentemente há também um aumento considerável na diluição, como pode ser observado nas micrografias das amostras 8, 11 e 14.

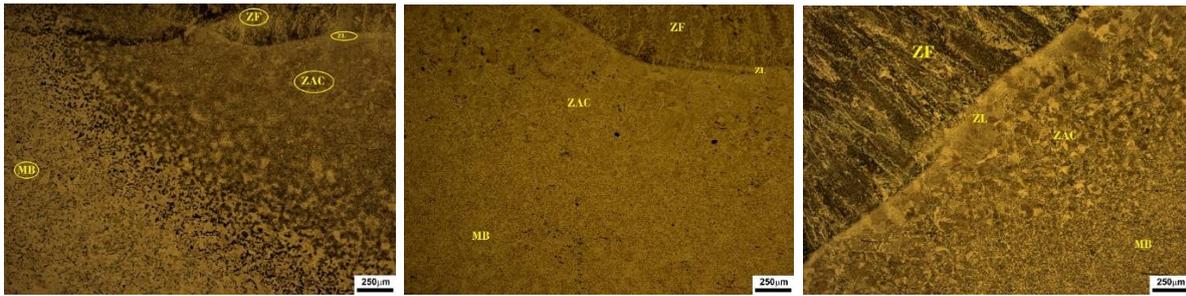


Figura 7. Micrografia do cordão de solda para amostra 8, 11 e 14 respectivamente.

4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos pode-se concluir que quaisquer alterações nos parâmetros de soldagem alteram diretamente as propriedades finais da junta soldada e que os processos e principalmente os seus parâmetros devem ser estudados e analisados antes de efetivamente serem postos em prática.

Entretanto dentre as duas variáveis estudadas nesse trabalho a que conferiu uma maior influência nos cordões de solda resultantes foi a velocidade de alimentação do arame, pois com a sua variação há uma maior alteração quanto a área de diluição, penetração, altura do reforço, área do reforço, energia de soldagem e a corrente. A velocidade de deslocamento teve uma variação significativamente com relação aos parâmetros como a área da ZAC, taxa de diluição e face da solda.

Proporcionalmente se pode concluir que a geometria do cordão em geral diminui ao se aumentar a velocidade de deslocamento e aumenta conforme se aumenta a velocidade de alimentação do arame, e está tem uma grande influência também nos parâmetros que são relacionados com energia (calor) ou dependentes como Heat Input, penetração, área de diluição e ZAC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Wainer, E.; Brandi, E.; Mello, F. D. H. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo. Edgar Blucher 2004.

- [2] Marques, P. V.; Modenesi, P. J.; Bracarense A. Q. Soldagem: fundamentos e tecnologia. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2009.
- [3] Scotti, A.; Ponomarev V. Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho. São Paulo. Artliber. 2008.
- [4] Machado, I. G.; Soldagem e técnicas conexas: processos. Porto Alegre. Editado pelo autor, 1996.

ABSTRACT

The control of the welding parameters is the greatest importance for commercial and industrial sectors, with a view to making the process economically and technically viable. This work Proposes the study of the influence of the welding speed and the wire feeding speed on GMAW process, correlating with their macro and micro structures and the geometry of the weld. After the welding, the samples were metallographic prepared and were Analyzed in the stereoscope and optical microscope. Among the two variables studied, one who gave the major Influence was the wire feed speed who led to higher variations the dilution area, penetration and the welding energy. The welding speed had significantly change with to the area of heat affected zone (HAZ) and the dilution rate.

Key-words: GMAW process; Geometry Weld Cord; Welding speed; wire feed speed.