



ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E ECONÔMICAS DAS SOLDAS DE REVESTIMENTO PARA OS PROCESSOS MIG E MIG-CW¹

Douglas Neves Garcia²
Carlos Alberto Mendes da Mota³
Cássio Patrick Nunes Mendes⁴
Paulo D'Ángelo Assunção⁵
Henrique Espírito Santo⁴
Bruno Gonçalves Rodrigues⁴

Resumo

Este trabalho objetiva comparar a características geométricas e econômicas para as soldas de revestimentos dos processos MIG e MIG-CW, com intuito de analisar o ganho de produtividade com a adição do arame frio. As soldas de aço inox foram depositadas pelos processos de soldagem MIG e MIG com adição de arame frio (MIG-CW) na posição plana e sentido de soldagem puxando, modo mecanizado. O metal de base utilizado foi o aço 1020 em chapas com espessura de 6,3 mm. O gás de proteção utilizado foi o Ar-2%O₂ a 15 l/min. Depois de realizadas as soldagens, as amostras foram seccionadas e devidamente preparadas através de lixamento e atacadas para análise macrográfica, para a retirada dos valores de largura, reforços e penetração com auxílio de software. Os resultados mostraram um aumento na quantidade em massa de material depositado em função do tempo para o processo MIG-CW sem, contudo afetar a qualidade superficial dos cordões de soldas, além de reduzir a penetração o que é favorável para a soldagem de revestimento em materiais dissimilares, pois diminuirá a diluição.

Palavras-chave: Soldas de revestimento; Características geométricas e econômicas; Produtividade.

STUDY OF GEOMETRIC AND ECONOMIC CHARACTERISTICS OF OVERLAY WELDS FOR PROCESSES MIG AND MIG-CW

Abstract

This paper aims to compare the geometric and economic characteristics for MIG and MIG-CW processes, aiming to analyze the productivity gain with the addition of cold wire. The welding of stainless steel were deposited by the MIG and MIG with addition of cold wire, MIG-CW, processes in the flat position and drawing direction of welding, automated. The base metal used was 1020 steel in plates with a thickness of 6.3 mm. The protection gas used was Ar-2%O₂ at 15 L/min. After performed the welding, the samples were selected and properly prepared by sanding and were attacked for macrographs analysis, for the measuring of penetration and reinforcement values were used an aid of software for the calculation of dilution. The results showed an increase in the amount of mass deposited in function of the time for the MIG-CW without affecting the surface quality of the weld, and reduced penetration which is good for overlaying welds in dissimilar materials, because it will decrease the dilution.

Key words: Overlay welds; Geometric and economic characteristics; Productivity.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Mestrando, Universidade Federal do Pará.

³ Doutor, Universidade Federal do Pará.

⁴ Graduando, Universidade Federal do Pará.

⁵ Graduando, Instituto de Estudos Superiores da Amazônia.

1 INTRODUÇÃO

É de olho na necessidade de suprir o mercado cada vez mais exigente, que vêm se desenvolvendo com ênfase, desde a última década, novos processos que possibilitem um aumento na produção e na qualidade, mas com redução de custos.⁽¹⁾ Devido às crescentes demandas no setor industrial, por processos alternativos e superiores ou equivalentes, nas suas características, aos processos convencionais, este artigo se propõe a estudar as características geométricas e econômicas dos processos de soldagem MIG (Metal Inert Gas) e MIG-CW (Mig Inert Gas-Cold Wire), ou seja, as análises econômicas (taxa de fusão - TF, taxa de deposição e rendimento-R) e geométricas das soldas (Largura, Penetração e Reforço).

Segundo Sábio⁽²⁾ o processo MIG-CW é uma variação do processo MIG, o termo *Cold Wire* se refere à adição de arame frio (não energizado) que é adicionado à poça de fusão ou ao arco e absorve parte do aporte térmico gerado com arco voltaico do arame eletrodo (energizado) e se funde juntamente com o arame eletrodo, proporcionando características diferentes do MIG convencional (Figura 1).

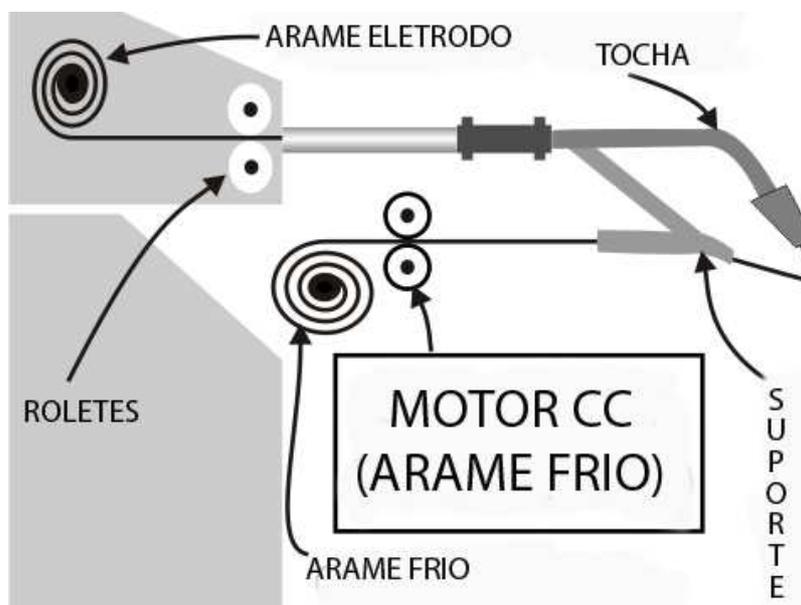


Figura 1. Esquema da soldagem MIG-CW.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Parâmetros e Materiais

Para as análises econômico-geométricas das soldas executadas pelos processos MIG e MIG-CW foram selecionados três corpos de prova para cada processo, sendo uma para cada velocidade de soldagem, todos com dimensões 120x75x6,3 mm, os parâmetros de soldagem foram os mesmos para ambos os processos, e só se diferenciam quanto à adição do arame frio.

A seguir, a Tabela 1 mostra os parâmetros de soldagem para cada corpo de prova.



Tabela 1. Parâmetros das soldagens MIG e MIG-CW

Processo	Peça	Vs (cm/min.)	Vae (m/min.)	Vaf (m/min.)	U (V)	Im (A)	Vg (L/min.)
MIG	C1	20	6	-	26,7	170	15
	C2	30	6	-	26,8	170	15
	C3	40	6	-	26,7	190	15
MIG-CW	F1	20	6	2,5	29,6	203	15
	F2	30	6	2,5	28,1	209	15
	F3	40	6	2,5	27,2	190	15

Onde: Vs= Velocidade de soldagem; Vae= Velocidade de alimentação do arame eletrodo; Vaf= Velocidade de alimentação do arame frio; U= Tensão; Im= Corrente média; Vg= Vazão de gás de proteção.

O gás de proteção utilizado foi Ar+2%O₂ que tem característica ligeiramente oxidante. A soldagem foi executada em sentido puxando, com sobreposição de 30% para cada passe. Como arames eletrodo e frio foram utilizados os arames detalhados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Composição química do arame eletrodo AWS ER 317L

Classificação AWS A5.9	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
E 317L	0,03	1.5	0,6	0,03	0,03	18,5	13	3	0,75	-

Tabela 3. Composição química do arame frio AWS E 317L-T1

Classificação AWS A5.9	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
E 317L-T1	0,03	1.61	0.75	0.004	0.02	18.87	13.02	3.81	0.05	-

O ângulo de posicionamento do arame frio indo em direção ao arco voltagem é 15°, como mostra a Figura 2(a). E o ângulo de trabalho utilizado foi 20°, embasado em trabalhos anteriores, como mostra a Figura 2(b).



Figura 2. (a) Ângulo de entrada do arame frio; (b) Ângulo de trabalho.



2.2 Características Econômicas

Para a análise das características econômicas foram utilizadas as equações i e ii, iii e iv, e v a seguir, onde cada uma delas aponta respectivamente Taxa de fusão (TF), Taxa de deposição (TD) e Rendimento (R) para o processo convencional e para o processo com adição de arame frio. Silva Filho et al.,⁽³⁾ Modenesi, Marques e Bracarense⁽⁴⁾ e Machado⁽⁵⁾ dizem que a taxa de deposição é definida como a massa do consumível incorporada ao metal de solda na unidade de tempo, já a taxa de fusão é a massa do consumível fundida na mesma unidade de tempo e o rendimento é a razão entre estas taxas, obtidas durante a operação de soldagem. Para o processo com adição do arame frio, as equações já conhecidas precisaram ser adaptadas, equações ii e iv.⁽²⁾

$$\text{Eq. i: } TF = 3,6 \left(\frac{l\rho}{t} \right)$$

$$\text{Eq. ii: } TF = 3,6 \left(\frac{l\rho 1}{t_1} + \frac{l\rho 2}{t_2} \right)$$

$$\text{Eq. iii: } TD = 3,6 \left(\frac{m_f - m_i}{t} \right)$$

$$\text{Eq. iv: } TD = 3,6 \left(\frac{m_f - m_i}{t_1 + t_2} \right)$$

$$\text{Eq. v: } R = \left(\frac{TD}{TF} \right) * 100$$

Onde: TF= taxa de fusão (kg/h), l= comprimento consumido (m), ρ= densidade linear do arame (g/m), t= tempo de soldagem (s), t₁=tempo do arame eletrodo (s), t₂=tempo do arame frio (s), TD= taxa de deposição (kg/h), m_f= massa final após soldagem (g), m_i= massa inicial antes da soldagem (g), R= rendimento (%).

2.3 Características Geométricas

A análise das características geométricas para os corpos de prova foi feito tanto manualmente, como com ajuda de softwares.

Segundo a norma NBR 13284:1995⁽⁶⁾ executamos os ensaios macrográficos para analisar as características geométricas dos cordões de juntas soldadas. Assim, analisamos o aspecto das superfícies planas das soldas de revestimento seccionadas transversalmente e devidamente lixadas com lixas de granulometrias variando entre 80 mesh a 600 mesh e atacadas com Nital 2% (2% ácido nítrico em álcool etílico). As Figuras 3 e 4 mostram as peças após a realização da macrografia.

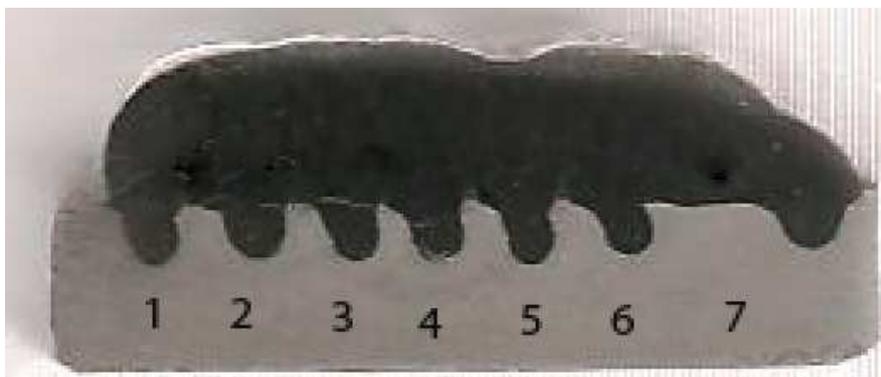


Figura 3. Macrografia da peça soldada pelo processo MIG, velocidade de soldagem de 30 cm/min.

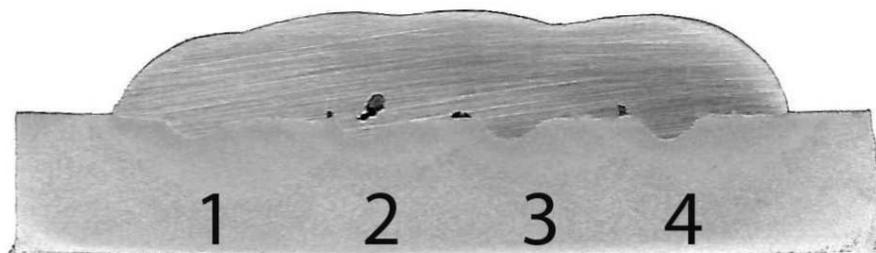


Figura 4. Macrografia da peça soldada pelo processo MIG-CW, velocidade de soldagem de 30 cm/min.

3 RESULTADOS

As peças receberam um número de passes diferentes, devido a mudanças nas características geométricas em função da velocidade de soldagem e da adição do arame frio. Assim, somente a média do reforço, penetração e largura dos cordões obtidos para cada passe foi colocada na tabela abaixo. Portanto, como resultado das características geométricas tem a Tabela 4, a seguir:

Tabela 4. Dados obtidos para as características geométricas

<i>Peça</i>	<i>Reforço médio (mm)</i>	<i>Penetração média (mm)</i>	<i>Largura média (mm)</i>
C1	6,426	0,914	6,84
C2	5,2442	2,1657	4,0485
C3	5,03	1,55	4,05
F1	5,49	0,778	8,296
F2	4,3275	1,16	7,7125
F3	3,23	0,8925	6,1337

Analisando a tabela acima se pode verificar um aumento da largura dos cordões, em todas as velocidades de soldagem, para o processo com adição de arame frio (MIG-CW) quando comparado ao modo convencional (MIG) e uma diminuição no reforço e na penetração. Os resultados das características geométricas mostrados na Tabela 4 para o MIG-CW são satisfatórios para a soldagem de revestimento de materiais dissimilares, pois irá contribuir para uma menor diluição (menor penetração). Para os resultados obtidos das características econômicas temos a Tabela 5, a seguir:

Tabela 5. Dados obtidos durante a soldagem e características econômicas

<i>Peça</i>	<i>m_f (g)</i>	<i>m_i (g)</i>	<i>ρ (g/m)</i>	<i>Te (s)</i>	<i>Tf (s)</i>	<i>TD (kg/h)</i>	<i>TF (kg/h)</i>	<i>R (%)</i>
C1	0,645	0,525	0,009	144	-	3,00	3,21	93,14
C2	0,607	0,501	0,009	128	-	2,98	3,22	92,56
C3	0,634	0,503	0,009	155	-	3,05	3,18	94,46
F1	0,792	0,570	0,008	176	174	4,02	4,37	92,02
F2	0,7662	0,590	0,008	158	156	4,02	4,36	92,20
F3	0,656	0,525	0,008	102	100	4,06	4,37	93,05

Os resultados das características econômicas mostrados na Tabela 5 confirmam um aumento no depósito para o processo com adição de arame (MIG-CW), maior produtividade, e ótimo rendimento. O menor rendimento mostrado pelo processo

MIG-CW em comparação ao MIG pode ser explicado pela adição do eletrodo tubular como arame frio, menor rendimento.

4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados para as características geométricas e econômicas encontram-se coerentes com os obtidos pelos autores Barrozo,⁽⁷⁾ e Sábio.⁽²⁾ Onde, foi constatado um ganho na produtividade com adição do arame frio. Com base nos resultados (Tabela 5), obtidos na análise das características econômicas para os processos MIG e MIG-CW é possível destacar o ganho de produtividade para o processo com adição de arame (Tabela 6), independente da velocidade de soldagem empregada, ou seja, pode-se variar a velocidade empregada sem afetar a produtividade. A tabela 6 mostra que o material depositado para o processo MIG-CW manteve-se em média 33% superior ao modo convencional, para todas as velocidades.

Tabela 6. Destaque para a taxa de deposição das soldagens dos processos MIG e MIG-CW

<i>Peça</i>	<i>Velocidade de soldagem (cm/min.)</i>	<i>TD (Kg/h)</i>	<i>TD_{MIG-CW} - TD_{MIG} (Kg/h)</i>
C1	20	3,00	1,02 (34,7%)
F1		4,02	
C2	30	3,05	1,01 (33,11%)
F2		4,06	
C3	40	2,98	1,04 (34,9%)
F3		4,02	

Para a discussão sobre o resultado das características geométricas vale destacar o conteúdo da Tabela 4, para uma nova tabela (Tabela 7):

Tabela 7. Destaque para a largura do cordão de solda nos processos MIG e MIG-CW

<i>Peça</i>	<i>Velocidade de soldagem (cm/min.)</i>	<i>Largura média (mm)</i>	<i>Largura_{MIG-CW} - Largura_{MIG} (mm)</i>
C1	20	6,84	1,456 (21,2865%)
F1		8,296	
C2	30	4,0485	3,664 (90,5026%)
F2		7,7125	
C3	40	4,03	2,0837 (51,4493%)
F3		6,1337	

A Tabela 7 destaca o aumento da largura dos cordões com o processo MIG-CW para os mesmo parâmetros do MIG, o que se mostra como uma vantagem em relação ao modo convencional, já que o processo MIG-CW levará menos tempo para revestir uma mesma superfície, maior produtividade. Os resultados geométricos apontam uma maior estabilidade para velocidade de soldagem 30 cm/min.

Outro resultado importante para o nosso estudo vem da Tabela 4 também, onde podemos ressaltar a relação entre as penetrações em ambos os processos, observe a Tabela 8.

Tabela 8. Destaque para a penetração média dos processos MIG e MIG-CW

<i>Peça</i>	<i>Velocidade de soldagem (cm/min.)</i>	<i>Penetração média (mm)</i>	<i>Penetração_{MIG} - Penetração_{MIG-CW} (mm)</i>
C1	20	0,914	-0,136 (- 14,8796%)
F1		0,778	
C2	30	2,1657	-1,0057 (-46,4376%)
F2		1,16	
C3	40	1,55	-0,6575 (-42,4193%)
F3		0,8925	

Tratando-se de soldagem de revestimento, a diminuição da penetração, devido ao 'roubo' de calor para a fusão do frio, é obviamente um fator positivo para a viabilidade do processo MIG-CW quanto a esta aplicação. Geralmente, as velocidades de soldagem menores implicam em maior penetração dos cordões, mas durante os processos de parametrização é constatado que os processos se tornam mais estáveis em determinados valores de variáveis, é possível perceber que a penetração média para a velocidade 30 cm/min. é maior que a penetração das outras, e que em ambas as velocidades, a penetração diminuiu com a adição do arame frio.

Para a diluição pode-se afirmar que não houve mudanças drásticas para os parâmetros escolhidos para a soldagem, portanto houve certa estabilidade neste aspecto.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para as características geométricas e econômicas para o processo de soldagem MIG-CW mostraram-se satisfatórios para o emprego na soldagem de revestimento.

As informações encontradas confirmam a viabilização do processo MIG-CW para soldagem de revestimento de grandes superfícies, modo mecanizado, por apresentarem um aumento da produtividade, maior massa depositada em função do tempo.

O processo MIG-CW apresentou maior produtividade do que o MIG convencional, isso indica que o tempo para que o revestimento de uma determinada área seja realizado em menor tempo do que o utilizado atualmente para revestimentos com o modo convencional. O processo MIG-CW ainda necessita de melhores ajustes, para que se torne cada vez mais viável e, conseqüentemente, haja aumento na demanda no mercado deste processo de soldagem em alternativa ao MIG convencional.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos integrantes do Grupo de Estudo em Tecnologia de Soldagem da Universidade Federal do Pará, aos integrantes do Grupo de Tecnologia da Automação da Universidade Federal do Pará, a REMULT parceira no desenvolvimento desse trabalho e a Capes e o Pibic pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 GARCIA, D. N. **Estudo da Soldagem em Múltiplos Passes Depositada em Juntas V Pelos Processos MAG e MAG com Arame Frio**. Trabalho de Conclusão de Curso. UFPA, Belém-Pará, Fevereiro, 2009.
- 2 SÁBIO. A. D. **Estudo da Viabilidade Operacional do Processo de MAG com Alimentação Adicional de Arame Frio**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, UFPA, Pará, 2007.
- 3 SILVA FILHO, C. B. A., ALMEIDA, H. A. L., MOTA, C. A. M., BRAGA, E. M., “**Estudo das Características Econômicas e Geométricas de Soldas Depositadas pelo Processo MIG Duplamente Pulsado em Alumínio Naval**”. In: PROCEEDINGS OF THE 2TH BRAZILIAN CONGRESS OF FABRICATION ENGINEERING, 2, 2003, Minas Gerais. Anais... Minas Gerais Brazil: COBEF, 2003. p. 1-10.
- 4 MODENESI, P. J, MARQUES, P. V., BRACARENSE, A. Q. “**Soldagem – Fundamentos e Tecnologia**”. Editora UFMG. Belo Horizonte-MG, 2007.
- 5 MACHADO, I. G., **Soldagem e Técnicas Conexas: Processos**, Livro, Porto Alegre, 1996.
- 6 NBR13284: 1995, Normas para metodologia de tratamento metalográfico.
- 7 BARROZO T. S., “**Estudo da Soldagem FCAW com Arame Frio**”: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, UFPA, Belém-Pará, 2006