

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS ECONÔMICAS NA SOLDAGEM MIG DO ALUMÍNIO NAVAL COM CONSUMÍVEL ER-4043

Danielle Quemel Martins¹
Hélio Antônio Lameira de Almeida²
Arildomá Lobato Peixoto³
Carlos Alberto Mendes da Mota⁴

(1) Graduando UFPA/CT/DEM – Campus Universitário do Guamá – Belém – PA. email : daniquemel@bol.com.br

(2) Mestrando UFPA/CT/DEM – Campus Universitário do Guamá – Belém – PA. email : almeidahel@bol.com.br.

(3) Graduando UFPA/CT/DEM – Campus Universitário do Guamá – Belém – PA. email : arildoma@ufpa.br

(4) Prof. Dr. UFPA/CT/DEM – Campus Universitário do Guamá – Belém – PA. email : cmota@ufpa.br.

Resumo. Neste trabalho avaliou-se a influência da tensão do arco e da velocidade de alimentação de arame sobre as características econômicas da soldagem MIG em chapas finas de alumínio naval. As soldagens automáticas de simples deposição foram realizadas na posição plana em chapas AA 5083 de 3,0 mm utilizando o consumível AWS ER 4043 de 1,2 mm de diâmetro e 15l/min de argônio na proteção do arco. A tensão foi variada em três níveis 19V, 21V e 23V e a velocidade de alimentação do arame em dois níveis 4,5m/min e 5,5m/n. Pela análise dos resultados não houve efeito significativo da tensão ou da velocidade do arame, sob as condições de soldagem adotadas neste trabalho, sobre as características econômicas do processo.

Palavras chaves: Soldagem, Processo MIG, Alumínio, Produtividade.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho das características econômicas do processo avaliado pelas taxas de fusão, de deposição e pelo rendimento de deposição do arame eletrodo, pode ser afetado por um grande número de fatores variáveis do processo de soldagem. Neste caso, a seleção adequada dos parâmetros de soldagem deve ser considerada por afetar a estabilidade do arco como, também, o desempenho econômico do arame [1]. A fácil soldabilidade do consumível ER 4043, que pode ser explicada pela boa fluidez que apresenta [3], permite obter elevados resultados de rendimento, quando aplicado em condições favoráveis de soldagem. Neste trabalho avaliou-se a influência da tensão do arco e velocidade de alimentação de arame sobre as características econômicas do consumível ER 4043 na soldagem MIG em chapas finas de alumínio naval.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As soldagens automáticas foram realizadas pelo processo MIG convencional com uma fonte eletrônica de multiprocessos, um carro suporte/translação, Tartilope V1, da tocha e um microcomputador com interface à fonte pelo programa Oscilos 4. A fonte foi ajustada em tensão constante e em CC⁺ e a tocha inclinada de 15° em relação a um eixo perpendicular ao metal base, com deslocamento no sentido empurrando a poça de fusão. As soldas em simples deposição e na posição plana foram depositadas sobre chapas AA 5083 de 3,0mm com o arame AWS ER4043 de 1,2 mm e 15l/min de argônio na proteção do arco. Permaneceram constantes a velocidade de soldagem em 103 cm/min e a distância bocal peça em 13 mm. Os parâmetros variáveis foram à tensão de soldagem em três níveis $U_1 = 19V$, $U_2 = 21V$ e $U_3 = 23V$ e a velocidade de alimentação do

arame em dois níveis $W_1 = 4,5\text{m/min}$ e $W_2 = 5,5 \text{ m/min}$. Utilizou-se a técnica do planejamento fatorial para análise dos efeitos das possíveis combinações entre os parâmetros de soldagem sobre as variáveis independentes como mostra a Tab. (1), onde os ensaios são designados por A e sua réplica por *.

Tabela 1. Fatores e níveis experimentais selecionados.

CP	Combinação de Parâmetros
A1 (*)	(U ₁ , W ₁)
A2 (*)	(U ₂ , W ₁)
A3 (*)	(U ₃ , W ₁)
A4 (*)	(U ₁ , W ₂)
A5 (*)	(U ₂ , W ₂)
A6 (*)	(U ₃ , W ₂)

3. MÉTODO DE ANÁLISE

A análise dos resultados foi realizada pelo teste estatístico de Hipóteses [2] consideradas para um nível de significância $\alpha=5\%$. Para a análise estatística do rendimento e da taxa de deposição os ensaios “A” foram processados em réplicas (*), como indicado na tabela 1. Para $\alpha=5\%$ em dois graus de liberdade (réplica) correspondeu o valor $t_0=4,303$ nas tabelas de probabilidade da distribuição de student. Na análise dos resultados foram encontrados os valores de student calculados (t_c) visualizados da Tab. (3) a (6). Portanto, a condição encontrada para o teste de Hipóteses foi:

$$H_0 : y_{m1} = y_{m2} \quad (\text{Hipótese Nula})$$

$$H_1 : y_{m1} \neq y_{m2} \quad (\text{Hipótese Alternativa})$$

$$\text{Rejeitar } H_0 \text{ se } |t_c| > t_0=4,303 \text{ e aceitar } H_0 \text{ se } |t_c| \leq t_0=4,303.$$

Onde: y_{m1} representa os valores médios do rendimento e taxa de deposição nas menores condições de soldagem;

y_{m2} representa os valores médios do rendimento e taxa de deposição nas maiores condições de soldagem;

O cálculo de t_c foi realizado através da Eq. (1) descrita abaixo.

$$t_c = \left(\frac{y_{m1} - y_{m2}}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \right) \quad (1)$$

Onde S_p é dado pela equação 2.

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (2)$$

Onde:

y_{m1} e y_{m2} são as médias entre as réplicas

S_1 e S_2 são as variâncias entre a média e suas réplicas

n_1 e n_2 correspondem ao número de réplicas

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as características econômicas do arame ER-4043 são apresentados na Tab. (2). Percebe-se elevados valores no rendimento de deposição do arame os quais não foram afetados pela variação dos parâmetros de soldagem adotados neste trabalho. Estatisticamente isto pode ser confirmado pela análise das Tab. (3) e (4). Nota-se nestas tabelas que o valor de student calculado (t_c) foi menor que o tabelado (t_0), de 19V para 21V e de 21V para 23V em 4,5 m/min e 5,5 m/min.

Quanto ao efeito da variação da velocidade de alimentação de arame de 4,5 m/min para 5,5 m/min em 19V, 21V e 23V, percebe-se, também, valores de t_c menores que t_0 . Deste modo, conclui-se que, estatisticamente, os aumentos da tensão e/ou da velocidade de alimentação de arame, nos níveis adotados neste trabalho, não influenciaram os valores médios do rendimento de deposição. Analogamente, o efeito da taxa de deposição do arame realizado pela comparação dos coeficientes t_c e t_0 , pode ser visualizado nas Tab. (5) e (6). A análise destas tab. indica o efeito significativamente estatístico apenas da alimentação do arame sobre a taxa de deposição quando passou-se de 4,5 m/min para 5,5 m/min nos três níveis de tensão. O comportamento gráfico das variações dos valores do rendimento e da taxa de deposição é ilustrado pelas Figs. (1), (2), (3) e (4).

A Fig. (1) ilustra a redução do rendimento com o aumento da tensão do arco. No entanto, a variação nos valores médios do rendimento é pouco significativa, conforme indicado na Tab. (3) para todas as condições de soldagem, ou seja, 19V, 21V e 23V em 4,5 m/min e 5,5 m/min.

De forma análoga, a Fig. (2) mostra um aumento pouco significativo estatisticamente no rendimento de deposição com o aumento da alimentação de arame, exceto para 19V que tende a cair. Já a Fig. (3) apresenta uma tendência de redução da taxa de deposição com o aumento da tensão de soldagem, cujo comportamento estatístico foi também de pouca significância. Finalmente, pela Fig. (4) percebe-se um aumento significativo da taxa de deposição com o aumento da alimentação do arame nos três níveis de tensão.

Tabela 2 - Resultados das taxas de Fusão, Deposição e do Rendimento do Processo com as variações dos parâmetros de soldagem.

Corpo de Prova	Velocidade de Alimentação (m/min)	Taxa de Deposição (Kg/h)	Taxa de Fusão (Kg/h)	Rendimento (%)
A1	4,5	0,80	0,82	97
A1(*)	4,5	0,81	0,82	99
A2	4,5	0,79	0,82	96
A2(*)	4,5	0,81	0,82	99
A3	4,5	0,78	0,82	94
A3(*)	4,5	0,79	0,82	96
A4	5,5	1,00	1,00	99
A4(*)	5,5	0,93	1,00	93
A5	5,5	0,99	1,00	99
A5(*)	5,5	1,00	1,00	99
A6	5,5	0,94	1,00	93
A6(*)	5,5	0,98	1,00	97

Tabela 3. Representação das réplicas do rendimento nas condições de soldagem especificadas e análise estatística de suas médias para o aumento da tensão de soldagem.

			4,5m/min			5,5m/min			
			19V	21V	23V	19V	21V	23V	
U (V)	W (m/min)		y_m						
	4,5	5,5	S^2						
			S						
			t_c						
19	97 99	99 93	98	97	95	96	99	95	
21	96 99	99 99	0,9806	4,5552	1,5923	23,319	0,0334	4,9479	
23	94 96	93 97	0,9902	2,1343	1,2619	4,8290	0,1829	2,2243	
			0,3110		1,1884		-0,8630		2,4572

Tabela 4. Análise estatística das médias do rendimento com o aumento da velocidade da velocidade alimentação de arame.

	19V		21V		23V	
	4,5m/min	5,5m/min	4,5m/min	5,5m/min	4,5m/min	5,5m/min
y_m	98	96	97	99	95	95
S^2	0,9806	23,3195	4,555279	0,0334	1,5923	4,9479
S	0,9902	4,8290	2,1343	0,1829	1,2619	2,2243
t_c	0,4646		-1,2194		-0,0290	

Tabela 5. Representação das réplicas das taxas de deposição do arame nas condições de soldagem especificadas e análise estatística de suas médias para o aumento da tensão de soldagem.

			4,5m/min			5,5m/min			
			19V	21V	23V	19V	21V	23V	
U (V)	W (m/min)		y_m						
	4,5	5,5	S^2						
			S						
			t_c						
19	0,80 0,81	1,00 0,93	0,80	0,80	0,79	0,97	0,99	0,96	
21	0,79 0,81	0,99 1,00	6,63E-05	0,0003	0,0001	0,00235	3,38E-06	0,0005	
23	0,78 0,79	0,94 0,98	0,0081	0,0175	0,0103	0,04853	0,0018	0,0223	
			0,3109		1,1885		-0,8630		2,457

Tabela 6. Análise estatística das médias da taxa de deposição com o aumento da velocidade da velocidade alimentação de arame.

	19V		21V		23V	
	4,5m/min	5,5m/min	4,5m/min	5,5m/min	4,5m/min	5,5m/min
y_m	0,80	0,97	0,80	0,99	0,79	0,96
S^2	6,63E-05	0,0023	0,0003	3,38E-06	0,0001	0,0005
S	0,0081	0,0485	0,0175	0,0018	0,0103	0,0223
t_c	-4,6824		-15,7753		-10,0409	

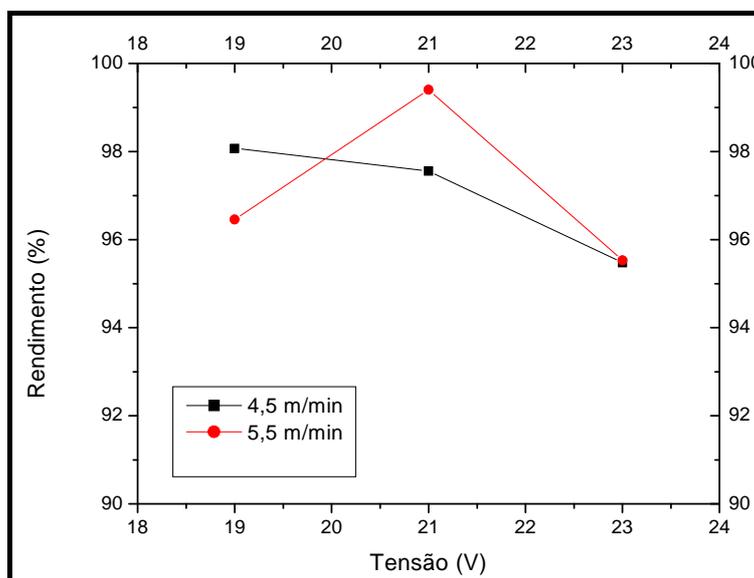


Figura 1. Influência da tensão de soldagem sobre o rendimento do arame ER 4043 em dois níveis de velocidade de alimentação de arame: 4,5m/min e 5,5m/min.

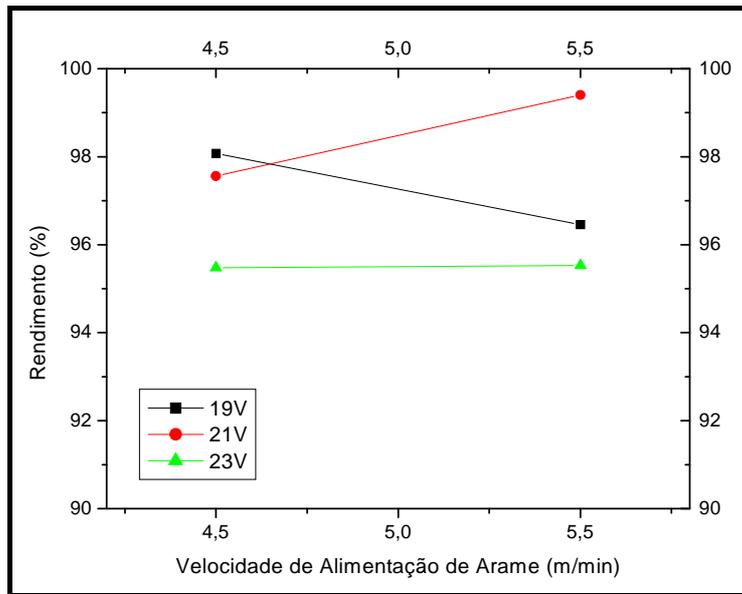


Figura 2. Influência da velocidade de alimentação de arame sobre o rendimento do arame ER4043 em três níveis de soldagem: 19V, 21V e 23V.

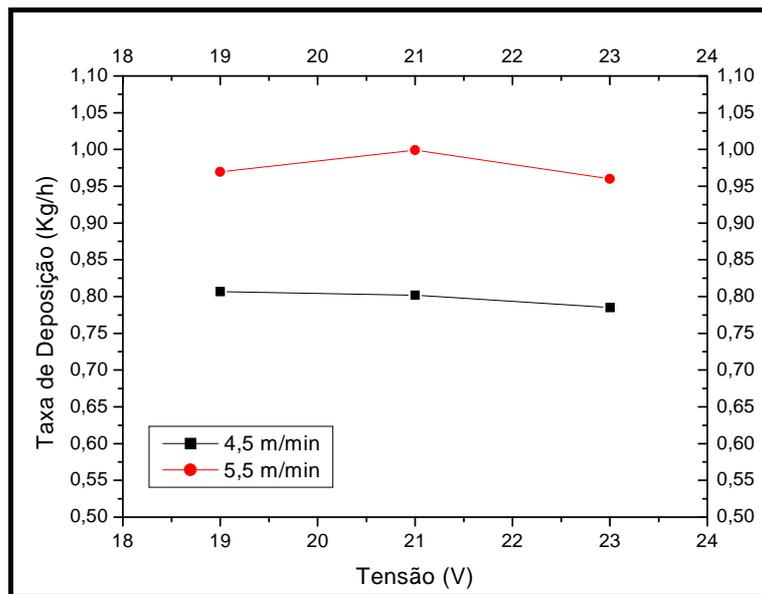


Figura 3. Influência da tensão de soldagem sobre a taxa de deposição do arame ER 4043 em dois níveis de velocidade de alimentação de arame: 4,5m/min e 5,5m/min.

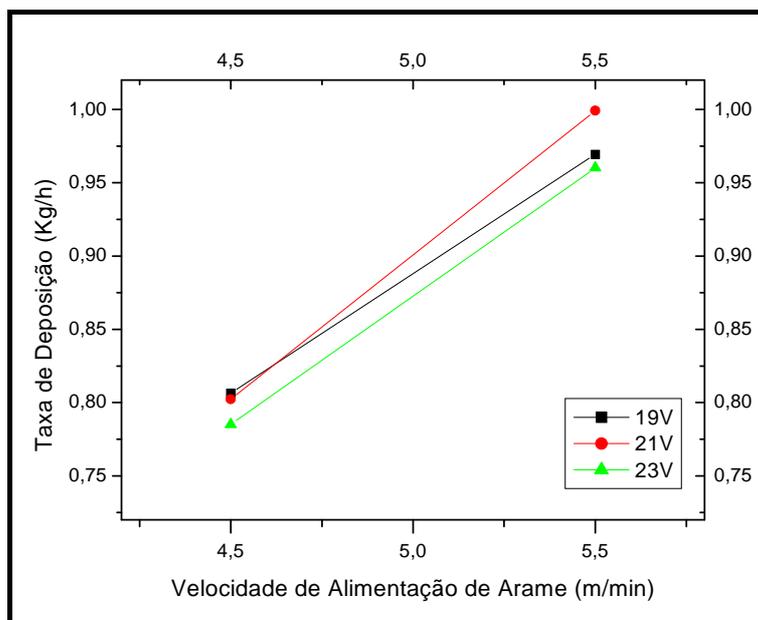


Figura 4. Influência da velocidade de alimentação de arame sobre a taxa de deposição do arame ER 4043 em três níveis de tensão: 19V, 21V e 23V.

5. CONCLUSÕES

Os valores médios do rendimento de deposição do arame ER 4043 mantiveram-se, estatisticamente, inalterados nas faixas de variação da tensão e da velocidade de alimentação de arame estabelecidas neste trabalho. A taxa de deposição média variou significativamente com o aumento da velocidade de alimentação de arame e não foi afetada pela tensão do arco. Estes resultados foram satisfatórios, pois evidenciaram que a faixa dos parâmetros de soldagem selecionadas neste trabalho pode garantir soldas com grandes deposições sem alterar o alto rendimento do consumível adotado.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro e aos estaleiros navais ETN e BELCONAV.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Machado, I.G. 1996, "Soldagem e Técnicas Conexas: Processos", Editado pelo autor, Porto Alegre, Brasil, 477p.
- [2] Neto, B.B.; Scarminio, I.S. e Bruns, R.E. 1995, "Planejamento e Otimização de Experimentos", Editora da Unicamp- São Paulo, Brasil, 299p.
- [3] Pova, A.A. 1993, "Ficha Técnica da Alcan - Alumínio do Brasil S/A", 1ª Edição, Brasil.

Analysis of the Economics Characteristics in a GMA welding of the Naval Aluminum with wire ER 4043.

Abstract: *The economics characteristics of a electrode-wire, melt rate, deposition rate and efficiency; can be affected for a number big of factors of the welding process. In this work was rated the influence of the arc voltage and feed wire and your influence about economics characteristics of the GMAW welding in naval aluminum sheets. The experiments was carried out to make use of a energy supply of welding multiprocess Inversal 300, a support Tartílop VI of welding torch Push- Pull and a microcomputer with the software Oscilos 4. The energy suply was select with CC^+ in mode voltage steady. The automatic welding of deposition simple was realized in a flaThe voltage arc wast position on sheets AA 5083 of thickness 3mm, to make use of a wire of the class AWS ER 4043, of diameter 1,2mm. For protection of the voltaic arc was used pure argon with sewage 15l/min.The arc voltage was changed in three different levels (19V, 21V and 23V) and feed wire in two levels (4.5m/min and 5.5m/min). The analysis of the results exhibited welding conditions weren't affect in this work efficiency of wire and deposition rate.*

Keywords: *welding, GMAW process, aluminum, productivity.*