



OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS NA SOLDAGEM MIG/MAG COM CORRENTE PULSADA VISANDO A DEPOSIÇÃO DE REVESTIMENTOS COM SUPERLIGAS À BASE DE NÍQUEL¹

Willys Machado Aguiar²
Hélio Cordeiro de Miranda³
Marcelo Ferreira Motta³
Antonio Rodolfo Paulino Pessoa⁴
Francisco de Assis Filho⁵

Resumo

A soldagem de revestimento é uma alternativa bastante utilizada no setor de petróleo e gás natural para evitar a corrosão em dutos e equipamentos que operam em condições severas. O objetivo deste trabalho é otimizar os principais parâmetros do processo MIG/MAG pulsado de forma a obter revestimentos com uma baixa diluição. Para otimização dos parâmetros de soldagem foi utilizado como ferramenta o método Taguchi com uma matriz ortogonal L18 no qual foram avaliados os seguintes fatores de controle: tipo de energia, técnica da tocha, tipo de tecimento, forma de onda e energia de soldagem, tendo como característica da qualidade a variável resposta diluição. As soldagens com arame AWS ER NiCrMo-3 foram realizadas sobre chapas de aço ASTM 516 Gr 60 na posição plana. Os resultados dos ensaios mostraram que a melhor combinação dos níveis dos fatores de controle para alcançar a menor diluição foi: energia tipo I (variando a corrente de soldagem), tocha na posição vertical, sem tecimento, forma de onda com corrente de pico alta e menor energia de soldagem.

Palavras-chave: Superligas; Revestimento; MIG/MAG; Taguchi.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS IN MIG/MAG WELDING WITH PULSED CURRENT AIMING FOR A DEPOSITION COATINGS WITH NICKEL BASED SUPERALLOYS

Abstract

The welding overlay is an alternative often used in oil and natural gas to prevent corrosion in pipes and equipment operating in hard conditions. The objective of this work is to optimize the main parameters of the MIG / MAG pulsed in order to obtain coatings with low dilution. For optimization of the welding tool was used as the Taguchi method with an L18 orthogonal array in which we assessed the following control factors: type of energy, torch technique, type of arc oscilation, waveform and energy welding, with the quality characteristic response variable dilution. The welding wire AWS NiCrMo ER-3 were performed on plates of steel ASTM 516 Gr 60 in the flat position. The test results showed that the best combination of levels of control factors to achieve the lowest dilution was: energy type I (varying the welding current), torch upright, without arc oscilation, waveform with high peak current and less energy welding.

Key words: Superalloys; Overlay; MIG/MAG; Taguchi.

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

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais da Universidade Federal do Ceará (UFC)–Fortaleza-CE.

³ Doutor e professor do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Ceará (UFC)–Fortaleza-CE Doutor (Universidade Federal do Ceará).

⁴ Mestre (Universidade Federal do Ceará)

⁵ Engº Mecânico (Universidade Federal do Ceará)



1 INTRODUÇÃO

Atualmente existem grandes desafios a serem vencidos com vistas ao combate à corrosão de equipamentos do setor de petróleo e gás natural. Muitos destes desafios estão relacionados ao desenvolvimento de materiais e técnicas adequadas de aplicação de revestimentos metálicos de elevada resistência à corrosão sobre materiais menos nobres, uma vez que a construção de componentes maciços de materiais mais nobres é muito onerosa. A soldagem de revestimento tem-se revelado uma excelente alternativa quando se deseja conferir à superfície características específicas que não são intrínsecas ao metal de base (em geral aços carbono-mangânês).

Para condições severas em que os aços inoxidáveis são vulneráveis, tem-se empregado revestimentos de ligas a base de níquel. Dentre elas, a liga UNS N06625 tem se destacado devido a excelente resistência mecânica, tanto em baixas, como em altas temperaturas, aliado a uma elevada resistência à corrosão.⁽¹⁾ Quando o revestimento é aplicado sobre um substrato de aço ao carbono, a resistência à corrosão dessas ligas é prejudicada pela presença do ferro oriundo da mistura que ocorre entre o metal de base e o metal de adição. Esta participação do metal de base no metal de solda é denominada de diluição, a qual é calculada, com base na Figura 1, pela Equação 1. Segundo a norma ISO 10423,⁽²⁾ o teor de ferro máximo admitido no metal de solda da liga UNS N06625 deve ser no máximo de 5% para garantir uma boa resistência à corrosão do revestimento.

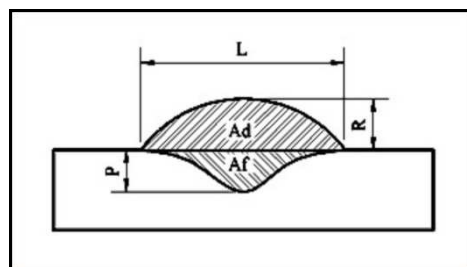


Figura 1. Seção transversal de um cordão de solda, onde: Ad é a área adicionada e Af é a área do metal de base fundida.

$$D = \frac{A_f}{A_d + A_f} \times 100 (\%)$$

Equação 1

Portanto, o objetivo deste trabalho é otimizar os principais parâmetros do processo de soldagem MIG/MAG pulsado de forma a produzir revestimentos da liga AWS ER NiCrMo-3 (~UNS N06625), com baixa diluição, sobre o aço ASTM A 516 Gr 60. Neste trabalho, a otimização dos parâmetros de soldagem foi feita através do Projeto Robusto de Taguchi.⁽³⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Os materiais de consumo empregados nas soldagens dos corpos de prova, foram: metal de adição, metal de base e gás de proteção. A Tabela 1 e a Tabela 2 apresentam a composição química do metal de base e do metal de adição respectivamente. O gás de proteção utilizado no trabalho foi uma mistura com 70% de argônio e 30% de hélio.

Tabela 1. Composição química do aço ASTM A 516 Gr 60

Composição química, % em peso							
Ni	C	Cr	Mo	Fe	Al	Mn	Si
0,01	0,15	0,02	0,01	Bal.	0,02	0,95	0,2

Tabela 2. Composição química do metal de adição AWS ER NiCrMo-3 com 1,2 mm de diâmetro

Composição química, % em peso							
Ni	Cr	Mo	C	Fe	Cu	Al	Ti
64,43	22,2	9,13	0,011	0,19	0,01	0,09	0,23
Nb	Si	Mn	Co	P	S		
3,53	0,05	0,01	0,03	0,002	0,002		

2.2 Equipamentos

Na soldagem dos corpos de prova foi utilizado um sistema composto por um robô industrial, uma mesa de trabalho interligada ao robô, uma tocha MIG/MAG com o sistema de alimentação do arame eletrodo, uma fonte de soldagem eletrônica multiprocesso um sistema de aquisição de dados e um medidor de velocidade de alimentação do arame-eletrodo (Figura 2).



Figura 1. Equipamentos utilizados nas soldagens: (1) robô industrial com tocha e alimentador de arame-eletrodo, (2) fonte eletrônica multiprocesso, (3) Sistema de aquisição, (4) Medidor de Valim, (5) Mesa de trabalho.

2.3 Métodos

A metodologia do trabalho constou das seguintes etapas: (a) seleção da variável resposta (variável de saída) a ser otimizada; (b) seleção dos fatores de controle (variáveis de entrada) que afetam variável resposta e escolha dos seus níveis; (c) seleção da matriz ortogonal adequada e distribuição dos fatores e interações nas colunas da matriz, (d) realização dos ensaios; (e) análise dos resultados usando a relação sinal/ruído (S/N) e a análise de variância (ANOVA); (f) determinação dos parâmetros ótimos do processo; (g) realização do ensaio de confirmação, se for necessário. A seguir serão detalhadas as etapas a, b e c da metodologia.

2.3.1 Seleção da variável resposta a ser otimizada



Neste trabalho, como foi ressaltado anteriormente, a variável resposta a ser otimizada foi a diluição. A função objetiva para esta variável resposta é do tipo menor é o melhor. Teoricamente valor desejado para ela seria zero, mas não haveria solda neste caso. Na prática, a diluição deve se situar em torno de 5% (ISO, 2003). A função objetiva (η) a ser maximizada neste tipo de problema é dada pela Equação 2.^(3,4)

$$\eta = -10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

y_i é a característica da qualidade (diluição);

n_i é o número de observações da característica da qualidade dentro de diferentes condições de ruídos.

2.3.2 Seleção dos fatores de controle

- Técnica de energia (velocidade/corrente)

Considerando que a mesma energia de soldagem (E) pode ser obtida com diferentes combinações de tensão (U), corrente (I) e velocidade de soldagem (V_s), como mostra a Equação 3, para uma mesma energia de soldagem, buscou-se avaliar o efeito individual da velocidade e da corrente de soldagem na diluição. Com base em ensaios preliminares foram selecionados três níveis de energia (5,6 kJ/cm, 8,5 kJ/cm e 12 kJ/cm). Cada nível pode ser obtido por duas combinações de corrente e velocidade de soldagem como mostra a Tabela 3. Desta forma definiu-se a técnica de energia Tipo I como sendo aquela onde a corrente varia e a velocidade de soldagem é constante (com valor intermediário V_2) e a técnica Tipo V, aquela em que a velocidade de soldagem varia e a corrente eficaz é constante (com valor intermediário I_2). Observa-se na Tabela 3 que existem, para os três níveis de energia, cinco combinações possíveis de corrente e tensão, uma vez, que a combinação I_2V_2 se repete.

$$E = \frac{U \times I}{V_s} \quad \text{Equação 3}$$

Tabela 3. Tabela demonstrativa das combinações de corrente e velocidade de soldagem para os três níveis de energia E1, E2 e E3

Tipo de energia	Níveis de energia		
	E1	E2	E3
I	I_1/V_2	I_2/V_2	I_3/V_2
V	I_2/V_1	I_2/V_2	I_2/V_3

- Técnica da tocha

O ângulo com que o arco voltaico incide na poça de fusão pode influenciar na penetração, na diluição e na microestrutura do metal de solda^(5,6). Para avaliar este efeito, foi definido o fator de controle técnica da tocha, que corresponde ao ângulo de inclinação da tocha em relação a um eixo perpendicular ao corpo de prova, contido num plano vertical que passa pelo eixo longitudinal do corpo de prova. Foram adotados três níveis para esta técnica, sendo: tocha com uma inclinação de 0°, tocha com inclinação de 15° empurrando e tocha com inclinação de 15° puxando. A Figura 3 mostra as três posições adotadas neste trabalho.

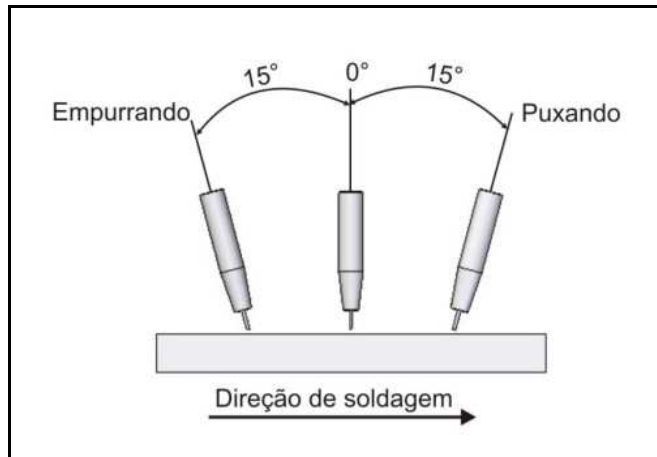


Figura 2. Posições da tocha.

- Tipo de tecimento

Para avaliar o efeito do tecimento sobre a variável resposta, após alguns testes preliminares, foram propostos três níveis para este fator de controle: soldagem com tecimento triangular, soldagem com tecimento duplo oito (Figura 4), e soldagem sem tecimento.



Figura 3. (a) tecimento triangular. (b) tecimento duplo oito.

- Forma de onda

Visando avaliar o efeito da forma de onda na variável resposta foram usados os seguintes modos de pulsação: simples (Figura 5) com uma corrente de pico alta, simples com uma corrente de pico baixa e pulsação com degrau com corrente de pico média (Figura 6).

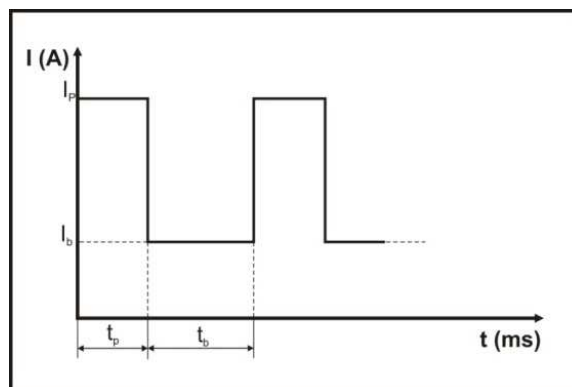


Figura 4. Forma de onda da corrente pulsada simples, onde I_p é corrente de pico, I_b é a corrente de base, t_p é o tempo de pico e t_b é o tempo de base.

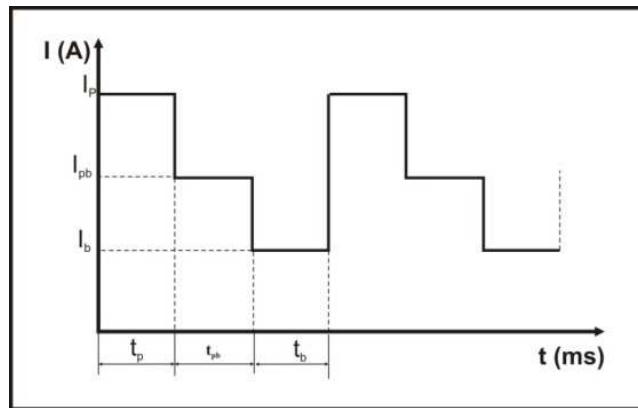


Figura 5. Forma de onda da corrente pulsada com degrau, onde I_{pb} é a corrente no degrau e t_{pb} é o tempo no degrau.

- Energia de soldagem

Baseados em ensaios preliminares, foram selecionados três níveis de energia de soldagem sendo: um baixo (5,6 kJ/cm), um médio (8,5 kJ/cm) e alto (12 kJ/cm) com o intuito de avaliar o efeito da energia na diluição.

2.3.3 Seleção da matriz ortogonal e distribuição dos fatores de controle na matriz

A matriz ortogonal selecionada para o experimento foi a L18 que permite avaliar até oito fatores de controle, com dois níveis para um fator e três níveis para sete fatores. A Tabela 4 apresenta a matriz L18 com a distribuição dos fatores de controles e seus níveis, bem com os parâmetros de soldagem para cada ensaio.



Tabela 4. Planilha L18 com os parâmetros de soldagem utilizados nos ensaios exploratórios

Ensaio	Fatores de controle						Parâmetros de soldagem														
	TE	TT	TC	FO	E	I/Vs	Ip	Vs/lef	lef	Im	Ip	tp	lpb	tpb	lb	tb	E	U	Vs	Fp	Valim
1	1	1	1	1	1	I1	Alto	0,4	149,8	96,4	380	1,8	0	0	50	11,0	5,6	25	0,4	78,1	4,8
2	1	1	2	2	2	I2	Baixo	0,4	195,4	174,1	280	2,8	0	0	100	4,0	8,5	29	0,4	147,1	7,1
3	1	1	3	3	3	I3	Médio	0,4	250,4	231,0	320	3,8	180	1,5	100	2,0	12,0	32	0,4	137,0	10,3
4	1	2	1	1	2	I2	Alto	0,4	194,8	158,2	380	2,1	0	0	100	8,0	8,5	29	0,4	99,0	7,1
5	1	2	2	2	3	I3	Baixo	0,4	248,9	245,7	280	4,0	0	0	200	3,0	11,9	32	0,4	142,9	10,3
6	1	2	3	3	1	I1	Médio	0,4	148,7	108,7	320	2,0	140	1,5	50	8,0	5,6	25	0,4	87,0	4,8
7	1	3	1	2	1	I1	Baixo	0,4	148,9	109,6	280	2,8	0	0	50	8,0	5,6	25	0,4	92,6	4,8
8	1	3	2	3	2	I2	Médio	0,4	198,2	174,5	320	3,0	180	2,0	100	6,0	8,6	29	0,4	90,9	7,1
9	1	3	3	1	3	I3	Alto	0,4	252,5	212,0	380	3,0	0	0	100	4,5	12,1	32	0,4	133,3	10,3
10	2	1	1	3	3	V1	Médio	195	195,2	170,0	320	3,2	140	2,0	100	6,0	12,1	29	0,3	89,3	7,1
11	2	1	2	1	1	V3	Alto	195	196,8	134,3	380	2,4	0	0	50	7,0	5,7	29	0,6	106,4	7,1
12	2	1	3	2	2	V2	Baixo	195	195,4	174,1	280	2,8	0	0	100	4,0	8,5	29	0,4	147,1	7,1
13	2	2	1	2	3	V1	Baixo	195	195,4	174,1	280	2,8	0	0	100	4,0	12,1	29	0,3	147,1	7,1
14	2	2	2	3	1	V3	Médio	195	195,0	170,9	320	3,0	160	2,0	100	6,0	5,7	29	0,6	90,9	7,1
15	2	2	3	1	2	V2	Alto	195	194,8	158,2	380	2,1	0	0	100	8,0	8,5	29	0,4	99,0	7,1
16	2	3	1	3	2	V2	Médio	195	194,7	170,8	320	3,2	180	2,0	100	7,0	8,5	29	0,4	82,0	7,1
17	2	3	2	1	3	V1	Alto	195	193,1	130,9	380	2,6	0	0	50	8,0	12,0	29	0,3	94,3	7,1
18	2	3	3	2	1	V3	Baixo	195	195,9	174,6	280	3,4	0	0	100	4,8	5,7	29	0,6	122,0	7,1

Legenda: TE: técnica de energia (TE 1-velocidade de soldagem constante, TE 2-corrente constante); TT: técnica tocha (TT 1-0° vertical, TT 2-15° empurrando, TT 3-15° puxando); TC: tipo de tecimento (TC 1-sem tecimento, TC 2-tecimento triangular, TC 3-tecimento em duplo oito); FO: forma de onda (FO 1-pulsada com a corrente de pico alta, FO 2-pulsada com a corrente de pico baixa, FO 3-pulsada com degrau e corrente de pico média); E: energia de soldagem (E1-energia baixa, E2-energia média, E3-energia alta).



3 RESULTADOS

A Tabela 5 mostra os valores da variável resposta diluição (característica da qualidade) obtidos em cada ensaio da planilha L18, os quais foram utilizados para alimentar um programa de análise do projeto robusto de Taguchi.

Tabela 5. Valores da característica da qualidade diluição (D) para cada ensaio da planilha L18. As letras I, C e F representam respectivamente, início, centro e fim que são os locais de retirada das amostras em relação ao corpo de prova soldado

CP	D (%)	CP	D (%)	CP	D (%)	CP	D (%)	CP	D (%)	CP	D (%)
1 - I	5,7	7 - I	14,5	4 - I	19,7	10-I	14,4	13-I	19,6	16-I	23,6
1 - C	6,7	7 - C	11,7	4 - C	21,8	10-C	15,7	13-C	29,1	16-C	19,8
1 - F	7,6	7 - F	14,8	4 - F	22,0	10-F	17,8	13-F	20,1	16-F	25,9
2 - I	24,6	8 - I	30,2	5 - I	36,7	11-I	26,3	14-I	29,4	17-I	21,9
2 - C	24,9	8 - C	26,9	5 - C	34,8	11-C	24,9	14-C	29,6	17-C	24,1
2 - F	22,1	8 - F	26,5	5 - F	33,4	11-F	26,0	14-F	26,6	17-F	25,6
3 - I	24,1	9 - I	28,5	6 - I	13,2	12-I	26,2	15-I	16,8	18-I	22,1
3 - C	23,6	9 - C	28,4	6 - C	13,2	12-C	21,3	15-C	20,6	18-C	23,9
3 - F	27,5	9 - F	30,9	6 - F	13,8	12-F	19,9	15-F	23,2	18-F	26,9

Um dos resultados produzidos pelo programa utilizado para análise do método de Taguchi é a Figura 7, que mostra o efeito do nível de cada fator de controle sobre a característica da qualidade diluição.

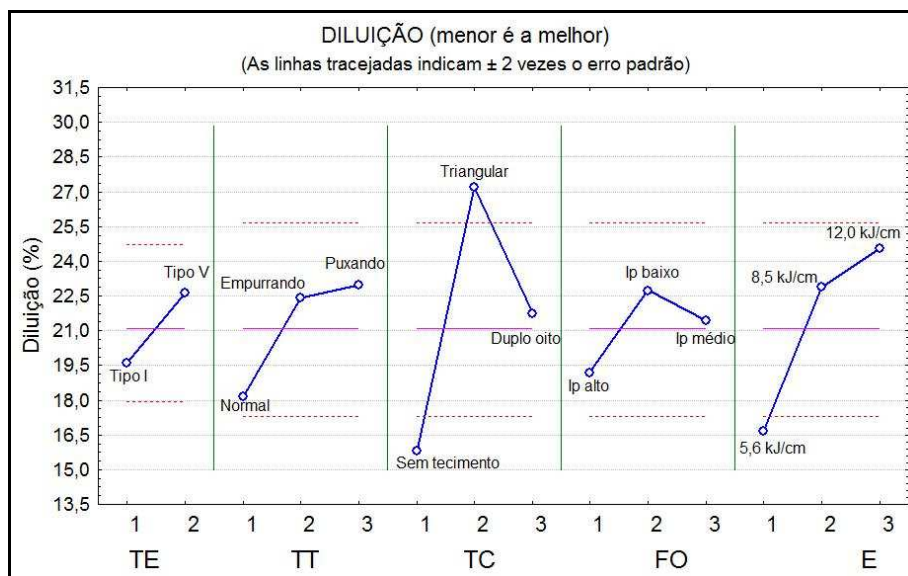


Figura 6. Valores de diluição para cada nível dos fatores de controle.

O objetivo do método Taguchi é escolher níveis de fatores de controle que maximize a função objetiva η (η ótimo) e, naturalmente, minimize a diluição (diluição ótima). Verificou-se que, para os fatores de controle adotados neste trabalho, o valor ótimo de η foi -19,2 que, aplicado na Equação 2, resultou numa diluição ótima de 9,1%, qual deverá ser alcançada com os fatores de controle nos seguintes níveis, como mostra a Figura 7:

- Técnica da energia (TE) no Nível 1 (energia Tipo I);
- Técnica da tocha (TT) no Nível 1 (posição normal);
- Tipo de tecimento (TC) no Nível 1 (sem tecimento);
- Forma de onda (FO) no Nível 1 (corrente pulsada com Ip alto); e
- Energia de soldagem (E) no Nível 1 (energia baixa).

Para avaliar o grau de influência de cada fator de controle sobre a característica da qualidade diluição foi utilizada a análise de variância da função objetiva η , com um nível de confiança de 95%, cujos resultados encontram-se na Tabela 6, onde α representa o nível de significância do fator de controle. Vale lembrar que valor de α menor ou igual a 0,05 significa que, estatisticamente, o fator de controle influencia a variável resposta.

Tabela 6. Análise de variância da função η para a diluição

Fator de controle	Nível de α
TE	0,034154
TT	0,009560
TC	0,000000
FO	0,112253
E	0,000031

4 DISCUSSÃO

Em virtude da combinação dos níveis ótimos dos fatores de controle, prevista pelo método Taguchi para alcançar a diluição ótima, corresponder ao ensaio 1 da planilha L18 que proporcionou uma diluição média de 6,6% , foi desnecessária a realização do ensaio de confirmação. Entretanto, faz-se necessário saber, com base no resultado desse ensaio, se o método pode ser usado para prever o valor da diluição ótima.

Para isso é necessário determinar um intervalo de confiança para a diluição ótima e ver se o valor obtido no ensaio de confirmação (Ensaio 1) se encontra dentro deste intervalo. Caso isto não ocorra, significa dizer que, para os fatores de controle selecionados com seus respectivos níveis, o modelo aditivo do método Taguchi não pode ser utilizado para prever o valor de diluição ótima devido a existência de forte interações entre os fatores ^(3,4). Este intervalo, calculado segundo Miranda, ⁽⁴⁾ mostra que a diluição ótima deve estar entre 6,5% e 12,9%. Como a diluição obtida (6,6%) se encontra dentro deste intervalo de confiança, pode ser dizer que o modelo aditivo utilizado pelo método Taguchi mostrou-se adequado.

Analisando a Figura 7 conjuntamente com os resultados da Tabela 6, podem ser feitas as seguintes observações sobre as indicações do método Taguchi para alcançar a menor diluição.

4.1 Análise da Técnica da Energia (TE)

- Na faixa de energia explorada, a técnica de energia (TE), estatisticamente, influencia a diluição, tendo em vista que o valor de α é menor que 0,05.
- A energia de soldagem do tipo I (nível 1) tem um efeito um pouco maior que a do tipo V (nível 2) no sentido de diminuir a diluição.

- A indicação da energia do tipo I, para as energias exploradas (5,6 kJ/cm, 8,5 kJ/cm e 12 kJ/cm), está de acordo com o trabalho de Magalhães, ⁽⁷⁾ onde a diluição foi governada principalmente pela corrente de soldagem (Figura 8), ou seja, para a mesma energia de soldagem, a que empregar a menor corrente de soldagem, proporcionará a menor diluição. Vale ressaltar que este efeito é mais significativo para energias de soldagens mais elevadas.

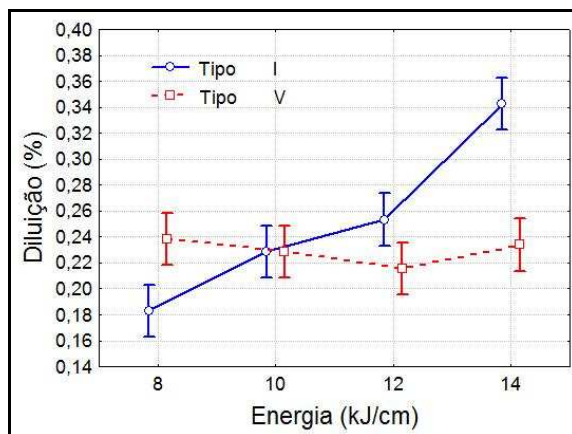


Figura 7. Efeito da mudança da energia de soldagem na diluição da solda por variação de corrente eficaz (Tipo I) e por variação de velocidade de soldagem (Tipo V) na soldagem MIG/MAG com corrente convencional sem pulsação usando arame-eletrodo AWS ER NiCrMo-3 e argônio puro. ⁽⁷⁾

4.2 Análise da Técnica da Tocha (TT)

- Com um valor de $\alpha = 0,009560$, a técnica da tocha, estatisticamente influencia a diluição.
- A variação da diluição devido à técnica da tocha (TT) se encontra dentro da faixa de erro estabelecida pelo programa estatístico utilizado, significando que o seu efeito não é muito forte sobre a diluição, dentro da faixa de parâmetros explorados neste trabalho.
- Observa-se também que a tocha na posição normal (nível 1) tem mais influência que a tocha nas posições empurrando (nível 2) e puxando (nível 3), contrariando a literatura que aponta a posição empurrando como aquela que proporciona a menor diluição. ^(5,8) Uma explicação para que a tocha na posição normal proporcione uma menor diluição é a alta viscosidade do metal de solda que impede uma maior ação do arco sobre o metal base. Outra seria a sobreposição de poças de fusão devido a baixa velocidade empregada no ensaio 1 (0,40 m/min) que proporciona uma menor penetração e, conseqüentemente, menor diluição. ⁽⁶⁾

4.3 Análise do Tipo de Tecimento (TC)

- Na Tabela 6, o valor de α é 0,000000, indicando que o tipo de tecimento (TC) é o fator que mais afeta a diluição.
- Dois de seus níveis extrapolaram a faixa do erro padrão, sendo mais influente no seu nível 1 (soldagem sem tecimento) no sentido da redução da diluição.
- O tecimento triangular (nível 2) é o que mais aumenta a diluição e o tecimento duplo oito pouco afeta a mesma.

4.4 Análise da Forma de Onda (FO)

- A forma de onda (FO) com $\alpha = 0,112253$ pouco afeta a diluição, tendo em vista que a variação da diluição está dentro da faixa do erro padrão.
- Para os três níveis da forma de onda, os valores de η estão bem distribuídos em torno da média.

4.5 Análise da Energia de Soldagem (E)

- Com um valor de $\alpha = 0,000031$, a energia de soldagem é o segundo fator mais importante na definição da diluição.
- No seu nível 1 (baixa energia) a diluição deverá ser a menor, corroborando com a literatura.⁽⁹⁾

5 CONCLUSÕES

- Os níveis dos fatores de controle apontados para obtenção da menor diluição foram: energia tipo I (variando a corrente de soldagem), tocha na posição vertical, sem tecimento, forma de onda com corrente de pico alta e menor energia de soldagem.
- Para o mesmo valor de energia de soldagem tipo I e tipo V, a que tiver a menor corrente de soldagem é a que proporcionará a menor diluição.
- Em função da alta viscosidade da liga empregada neste trabalho, a tocha na posição normal favorece a diminuição da diluição.
- Em função da alta viscosidade da liga empregada neste trabalho, a condição sem tecimento proporciona uma menor diluição.
- Na faixa de parâmetros explorada no trabalho, a forma de onda não influencia a diluição.

Este trabalho faz parte de um estudo mais abrangente sobre a soldagem de revestimentos de ligas de níquel, de modo que ainda serão avaliados os aspectos metalúrgicos, as propriedades mecânicas e a resistência à corrosão dos revestimentos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Engenharia de Soldagem da Universidade Federal do Ceará pela realização dos experimentos, além da Petrobras e FINEP pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- 1 THOMAS, C. e P. TAIT. The performance of Alloy 625 in long-term intermediate temperature applications. International Journal of Pressure Vessel and Piping, v.59, p.41-49. 1994.
- 2 ISO. Petroleum and natural Gas Industries - Drilling and Production Equipment - Wellhead and Christmas Tree Equipment. Switzerland: ISO. ISO 10423 2003.
- 3 PHADKE, M. S. Quality Engineering Using Robust Design. New Jersey: PTR Prentice-Hall. 1989
- 4 MIRANDA, H. C. Influência da Indutância na Soldagem MIG/MAG na Posição Sobre-Cabeça. (Dissertação). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1999.



- 5 MACHADO, I. G. Soldagem e Técnicas Conexas: processos. Porto Alegre. 1996. 477 p.
- 6 SCOTTI, A. e V. PONOMAREV. Soldagem MIG/MAG: melhor entendimento, melhor desempenho. São Paulo: Artlibre. 2008. 284 p.
- 7 MAGALHÃES, S. G. Avaliação do revestimento a base de liga de níquel em aço estrutural empregando o metal de adição ERNiCrMo-3 através da soldagem MIG/MAG. (Dissertação). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- 8 AWS. Welding Handbook - Welding Processes. Miami: American Welding Society. 2004
- 9 KEJELIN, N. Z., A. J. A. BUSCHINELLI, et al. Influence of Welding Parameters on the Formation of Partially Diluted Zones of Dissimilar Metal Welds. Soldagem & Inspeção, v.12, Nº 3, Jul/Setembro, 2007, p.195-203. 2007.