



APLICAÇÃO DE PARÂMETROS DE TECIMENTO OTIMIZADOS COM ARAME AWS ER309L EM ARAME DE INCONEL 625 PARA AMANTEIGAMENTO PELO PROCESSO TIG

M.Sc. Rômulo Queiroz Fratari; Dr. Américo Scotti; Dra. Mônica M.A.M. Schwartzman

Um caso particular de revestimentos por soldagem é a técnica de amanteigamento. Alguns ferros fundidos, em soldagem pela técnica a frio, muitas vezes exigem uma camada de ferro quase puro (como um aço ABNT 1005) antes de depositar níquel, devido ao grafite impedir a adesão do níquel diretamente. Outra razão seria a possibilidade de acomodar tensões que seriam geradas na interface sobreposta por um material de alta resistência e baixa ductilidade, como, por exemplo, revestimentos duros. Os fatores que podem influenciar as características de um cordão de amanteigamento (diluição, penetração central, penetração lateral e altura de reforço) são variáveis correlacionadas de forma dependente com o processo (nível de corrente, tipo de gás de proteção, diâmetro do eletrodo, comprimento do arco, distância tocha-peça, posição de soldagem, configuração da junta, velocidade de soldagem, taxa de deposição do material de adição, etc.) e as variáveis de tecimento, sendo os principais a frequência e amplitude de oscilação e os tempos de parada central e lateral. Outra variável que pode influenciar o amanteigamento é o volume depositado de material por unidade de comprimento da solda. Este volume é representado pela razão entre a velocidade de alimentação e a velocidade de soldagem. O aspecto mais importante na operação do amanteigamento é a necessidade de se minimizar a diluição, pois além ser normalmente de maior valor econômico, o material de adição do tecimento tem as propriedades desejadas melhores do que do substrato. Por outro lado, é necessário ter uma alta produção, para tornar a operação viável economicamente. Porém, normalmente produção está relacionada com aumento da energia de soldagem, que leva à maior diluição.

No momento, está se desenvolvendo no Laprosolda um projeto para se estudar corrosão sob tensão em juntas nucleares. Nestas uniões se utiliza da técnica de amanteigamento com Inconel para evitar o tratamento térmico pós-soldagem. E um dos objetivos é otimizar o procedimento de amanteigamento. Em um trabalho anterior, procurou-se as melhores regulagens dos parâmetros de soldagem e tecimento visando alcançar tal objetivo. Para tal, usou-se um arame ER309L para se estudar o efeito da amplitude de oscilação (A), tempo de parada lateral (t_{pl}) e velocidade de alimentação do arame (V_{alim}) sobre as características do cordão de amanteigamento. A escolha deste arame se deu por ser muito menos dispendioso do que um arame Inconel, mas com características mais similares a estes do que arames de aço ao carbono. Procurou-se neste estudo maximizar a relação da área de reforço pela área fundida (a_r/a_f) respeitando a restrição imposta pela relação reforço pela largura (r/l), garantindo cordões sem defeitos geométricos, como convexidade excessiva e sobreposição lateral de cordão. O processo TIG foi utilizado na forma convencional, com alimentação automatizada de arame, corrente contínua e polaridade direta (CC-) no modo característica estática de corrente constante.

O objetivo da fase do projeto motivo deste relato foi a verificação da validade da aplicação dos parâmetros de tecimento otimizados para aço inoxidável austenítico ER 309L na obtenção de cordões com arame de Inconel 625. Além dos valores da regulagem de parâmetros otimizada, para validação usou-se regulagens que levaram a altas convexidades e baixos valores de área de reforço no amanteigamento com aço inoxidável. Foram obtidos mais dois cordões nas mesmas condições da otimizada, mas alterando-se os valores de amplitude para 7 e 13 mm. A Tabela 1 mostra os parâmetros de soldagem, enquanto a Tabela 2 fornece a quantificação da avaliação geométrica dos cordões das cinco soldagens. A Figura 1 mostra as seções transversais dos cordões feitos com aço inoxidável e Inconel 625 na situação otimizada. A tendência em relação à influência dos parâmetros verificada para o aço inoxidável também se verificou para a deposição do Inconel, ou seja, os perfis geométricos foram semelhantes. De forma similar ao verificado para

o aço inoxidável, quanto maior a amplitude menor foi a relação r/l . Da mesma forma, quanto menor a amplitude maior a relação a_r/a_f . Ou seja, a otimização com o arame inoxidável se repetiu para o arame a base de níquel.

Tabela 1: Parâmetros de regulagem do processo cujos níveis foram fixos durante a execução dos ensaios

Fatores fixos	Valores
Velocidade transversal	24 mm/s
Velocidade de soldagem	2,0 mm/s
Intensidade de corrente	180 A
Junta	Cordão sobre a chapa na posição plana
Ângulo de ataque da tocha	Ângulo = 10^0 empurrando
Gás de Proteção	Argônio comercial (99,995%)
Vazão	13 L/min
Tipo de material de base	Aço ABNT 1020
Tipo do material de adição	Inconel 625
Diâmetro dos arames de adição	0,8 mm
Eletrodo TIG	AWS EWTh-2 / 3,2 mm
Ângulo de entrada da alimentação	70^0

Tabela 2: Valores de entrada dos parâmetros e valores das características geométricas dos cordões obtidos

Amostra	Regulagem			Medidos				Calculados	
	A	V_{ali}	t_{pl}	l	r	a_r	a_f	r/l	a_r/a_f
I01	3	82,0	0	6,78	3,11	17,28	2,16	0,46	8,00
I02	12	36,7	0,3	15,79	0,99	12,15	10,12	0,06	1,20
I03	9	82,0	0	9,92	2,45	17,68	1,71	0,25	10,34
I04	7	82,0	0	8,53	2,76	17,84	1,60	0,32	11,15
I05	11	82,0	0	12,40	2,13	17,73	3,56	0,17	4,98

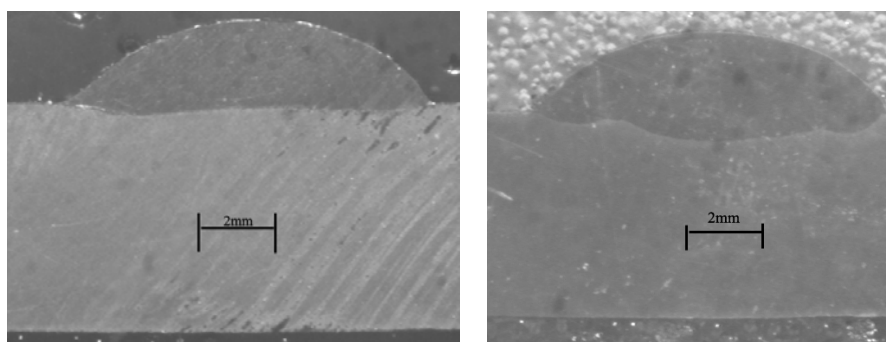


Figura 1: Esquerda, amostra I03, $a_r/a_f=10,34$ e $r/l=0,25$; Direita, amostra OT, $a_r/a_f=3,23$ e $r/l=0,19$

É importante destacar que apesar da semelhança dos perfis dos cordões e que os valores da relação r/l foram muito próximos quando comparados com os do aço inoxidáveis, os valores de a_r/a_f para o Inconel foram maiores do que os obtidos para o aço inoxidável. Se for considerada a quantidade de calor absorvida pelos arames desde a temperatura ambiente ($\approx 25^{\circ}\text{C}$) até sua fusão e na mudança de fase (calor latente), é de se esperar que o Inconel consumisse menos calor do que o aço inoxidável para fundir o mesmo volume. Considerando ainda que o calor em ambas soldagens for o mesmo, era de se esperar que o calor residual que seria usado para fundir o substrato (penetração) fosse maior para o Inconel, não justificando a menor penetração. A razão para tal fato pode estar no uso incorreto de características físicas dos materiais, no calor absorvido para aquecer a poça além da fusão ou em outro efeito (tensão superficial, por exemplo).