

EFEITO DA ENERGIA E DA VELOCIDADE DE SOLDAGEM SOBRE AS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE SOLDAS DE REVESTIMENTO

Dineusa Jesus dos Santos

Universidade Federal do Pará, Campos Universitário do Guamá, Rua Augusto Corrêa 01,
dina@ufpa.br

Alexandre Saldanha do Nascimento

Universidade Federal do Pará, Campos Universitário do Guamá, Rua Augusto Corrêa 01,
salnas@bol.com.br

Resumo. *A soldagem de revestimento é uma aplicação que vem sendo estudada muito nos últimos anos, principalmente devido ao seu emprego freqüente em indústrias de geração de energia, em reatores nucleares, e em especial na indústria petroquímica. Os aços inoxidáveis são materiais que apresentam excelentes características para a soldagem de revestimento, em especial onde se deseja obter alta resistência à corrosão. Este trabalho tem como objetivo principal analisar a morfologia de cordões de soldas de revestimento de aço inoxidável do tipo E 316L depositadas em chapas de aço carbono 1020, tomando como variáveis de influência a energia e a velocidade de soldagem e como variáveis de resposta as médias dos valores de penetração e do reforço bem como a largura da camada depositada. As soldas foram realizadas utilizando uma fonte de soldagem eletrônica multiprocessos ajustada para o processo de soldagem MIG pulsado, na posição horizontal, utilizando argônio como gás de proteção. Verificou-se influência significativa dos parâmetros estudados, principalmente sobre a largura da camada depositada.*

Palavras-chave: *Soldagem de Revestimento, aço inoxidável, MIG Pulsado, velocidade de soldagem.*

1. INTRODUÇÃO

Os Aços inoxidáveis são basicamente ligas de ferro-cromo. Outros metais atuam como elementos de liga, contudo o mais importante é o cromo onde sua presença é indispensável para conferir a resistência à corrosão desejada. Vários autores (Mondenesi, 2001; Braga, 2002) afirmam que a resistência à oxidação e corrosão do aço inoxidável se deve principalmente a presença do cromo, que a partir de um determinado valor e em contato com o oxigênio, permite a formação de uma película finíssima de óxido de cromo sobre a superfície do aço, que é impermeável e insolúvel nos meios corrosivos usuais. Assim podemos definir como aço inoxidável o grupo de ligas ferrosas resistentes à oxidação e corrosão, que contenham no mínimo 12% de cromo.

Os aços inoxidáveis são materiais que apresentam excelentes características para a soldagem de revestimento. A tecnologia da soldagem dos aços inoxidáveis está associada as suas características físicas, químicas e metalúrgicas, a escolha correta do consumível principalmente a resistência à corrosão, que devem ser mantidas na estrutura soldada.

Utilizou-se neste trabalho uma técnica para aplicação de revestimentos metálicos muito utilizada na indústria química para controle de corrosão, a cladização ou cladeamento, onde a solda é depositada somente do lado da chapa que fica em contato com o meio corrosivo.

A cladização do aço-carbono em aço inoxidável tem sido muito usada na indústria petroquímica. O aço-carbono dá ao equipamento as propriedades mecânicas necessárias, e o aço inoxidável fornece a resistência aos meios corrosivos, não havendo necessidade de se usar grandes espessuras de materiais metálicos de custos elevados (Gentil, 2003).

O processo de soldagem utilizado neste trabalho foi o MIG pulsado, devido a algumas características operacionais que apresenta, como alta taxa de deposição e alto fator de trabalho, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis, não existência de fluxos de soldagem e, conseqüentemente, ausência de operações de remoção de escória e exigência de menor habilidade do soldador, quando comparada com a soldagem com eletrodo revestido. A soldagem em corrente pulsada põe fim às limitações impostas pela transferência globular. Nesta técnica, uma determinada corrente que normalmente proporcionaria transferência globular é modulada a fim de gerar um formato de onda de corrente onde a mesma é comutada de um nível alto (corrente de pico) para uma corrente de nível baixo (corrente de base). A corrente de base serve principalmente para manter o arco aberto, mas é insuficiente para fazer com que ocorra a transferência do metal. Já a corrente de pico é estabelecida a fim de exceder o valor crítico, e assim proporcionar a transferência do metal em gotas muito pequenas. Além disso, o seu valor e o seu tempo de duração é tal que a cada pulso ocorre o destacamento de uma discreta gotícula de diâmetro igual ou menor do que o do eletrodo (Braga, 2002). Então, a técnica em corrente pulsada produz uma série de gotículas que resulta numa transferência metálica do tipo “spray”, a qual se dá por meio de uma corrente média que normalmente produziria transferência globular.

O objetivo principal deste trabalho é analisar a morfologia de cordões de soldas de revestimento de aço inoxidável do tipo E 316L depositadas em chapas de aço carbono 1020, tomando como variáveis de influência a energia e a velocidade de soldagem e como variáveis de resposta as médias dos valores de penetração e do reforço bem como a largura da camada depositada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizada uma central de soldagem multiprocesso, com fonte eletrônica transistorizada modelo digitec 600; sistema de alimentação de arame modelo STA- 20 / digital; sistema de posicionamento automático modelo Tartilope IV; tocha de soldagem modelo “push” refrigerada a água e cabos com 3 m de comprimento; placa de aquisição e processamento de dados modelo Interdata, sistema de aferição e aquisição portátil modelo SAPI, equipado com sistema de instrumentação de medição e aferição, em tempo real, dos valores da corrente, da tensão, da velocidade de alimentação de arame e da vazão de gás de proteção; microcomputador modelo Pentium 133 MHz; Programas Computacionais: Oscilos SAP, utilizado na aquisição de dados durante a realização das soldagens, Origin 6.0, utilizado na geração de gráficos para a análise de resultados. Statistica, utilizado no tratamento estatístico dos resultados e Autocad 2000, utilizado nas medições da geometria das soldas depositadas.

O arame utilizado foi o aço inoxidável com 1.2 mm de diâmetro do tipo AWS ER - 316L, que apresenta 0,03 % de C, 1,00 % de Si, 2,00 % de Mn, 0,045% de P, 0,03% de S, 16,00-18,00% de Cr, 10,00-14,00% de Ni e 2,00-3,00% de Mo.

O gás de proteção foi o argônio puro, mesmo não sendo o recomendado para tal aplicação, com vazão de 20 l/ min.

Neste trabalho, utilizou-se o processo de soldagem MIG Pulsado automático, soldando com três velocidades de soldagem, a saber: 20 cm/min, 35 cm/min e 50 cm/min. As soldagens realizaram-se na posição plana com a tocha levemente inclinada de vinte graus em relação à peça obra, caracterizando-se como puxando em direção ao sentido de soldagem. A distância bocal-peça foi de 15,0 mm. Foram ajustadas três velocidades de alimentação do arame : 5 m/min, 7 m/min e 9 m/min para os pacotes operacionais I, II e III, respectivamente. A tabela 1 mostra os pacotes operacionais de pulsação utilizados.

As soldas foram feitas em 9 corpos de prova de aço-carbono ABNT 1020, de dimensões 100 mm de largura, 200 mm de comprimento e 6 mm de espessura, sendo depositados 4 passes de soldagem em cada corpo de prova (com sobreposição de cerca de 30% entre eles).

Os corpos de provas 1, 2 e 3 foram soldados com os parâmetros de pulsação do pacote operacional I. Os corpos de provas 4, 5 e 6 utilizaram os dados do pacote operacional II para serem soldados. Já os corpos de prova 7, 8 e 9 foram soldados segundo o pacote operacional III. A Figura (1) abaixo mostra tais corpos de provas:

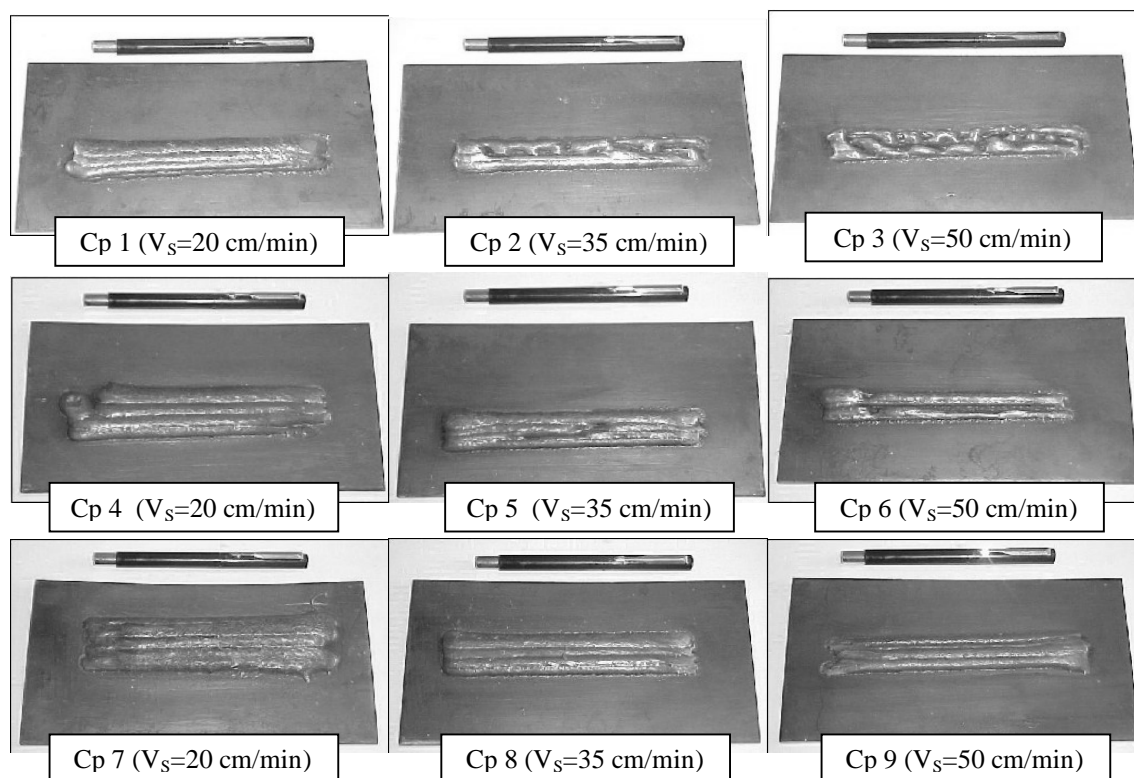


Figura 1. Corpos de provas com soldas de revestimento.

Tabela 1. Pacotes Operacionais

PACOTE I Im = 165 A	Ip	350 A
	Ib	60 A
	Tp	2,0 ms
	Tb	3,5 ms
PACOTE II Im = 176 A	Ip	400 A
	Ib	50 A
	Tp	1,8 ms
	Tb	3,2 ms
PACOTE III Im = 240 A	Ip	440 A
	Ib	140 A
	Tp	1,4 ms
	Tb	2,8 ms

O ensaio metalográfico realizado nas amostras consistiu de exames macrográficos conforme descreve a norma EN 1321 para exames macrográficos e micrográficos de uniões soldadas. Nesta etapa analisamos o aspecto das superfícies planas das soldas de revestimento seccionadas transversalmente e devidamente lixadas por via úmida e atacadas com um reagente adequado. O lixamento foi iniciado com a lixa nº 100, em direção normal aos riscos já existentes, passando-se sucessivamente para lixas de granulação mais fina até chegar na lixa nº 600, sempre mudando a direção em 90°. Após cada lixamento a superfície foi cuidadosamente limpa a fim de que o novo lixamento não fosse contaminado com resíduos do lixamento anterior. Terminada a etapa do lixamento das amostras, seguiu-se o ataque das superfícies preparadas com solução de ácido nítrico a 1% em álcool etílico – Nital.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após ensaio de macrografia, obteve-se os resultados mostrados na tabela 2, onde V_s é a velocidade de soldagem utilizada para cada corpo de prova.

Tabela 2. Aspectos Geométricos.

Corpo de Prova		Penetração Média (mm)	Reforço Médio (mm)	Largura da camada (mm)
Pacote I	1 ($V_s = 20$ cm/min)	0,66	2,99	13,36
	2 ($V_s = 35$ cm/min)	0,96	3,99	14,7
	3 ($V_s = 50$ cm/min)	1,14	5,33	18,52
Pacote II	4 ($V_s = 20$ cm/min)	1,35	7,72	33,91
	5 ($V_s = 35$ cm/min)	1,38	6,96	28,99
	6 ($V_s = 50$ cm/min)	1,62	5,36	22,94
Pacote III	7 ($V_s = 20$ cm/min)	1,57	6,19	28,56
	8 ($V_s = 35$ cm/min)	1,39	4,91	22,18
	9 ($V_s = 50$ cm/min)	1,39	4,34	20,83

A Figura (2) mostra a seção transversal de uma das soldas de revestimento (sentido de deposição da direita para a esquerda).

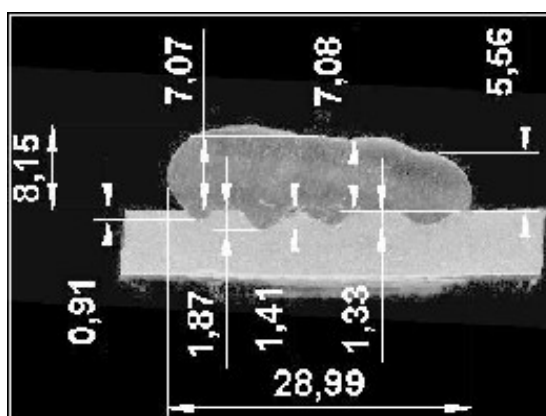


Figura 2. Dimensões da solda do CP 5

Os corpos de prova soldados de acordo com os pacotes II e III apresentaram largura e o reforço dos cordões já esperados, com os cordões de maior largura e reforço soldados com velocidade de 20 cm/min e de menor largura e reforço com 50 cm/min. A Figura (3) representa o efeito da velocidade de soldagem e dos pacotes operacionais sobre a largura da camada. A Figura (4) representa o efeito da velocidade de soldagem e dos pacotes operacionais sobre o reforço da camada. Ambas as figuras

mostram que tanto a largura da camada quanto o reforço médio diminuíram com o aumento da velocidade de soldagem.

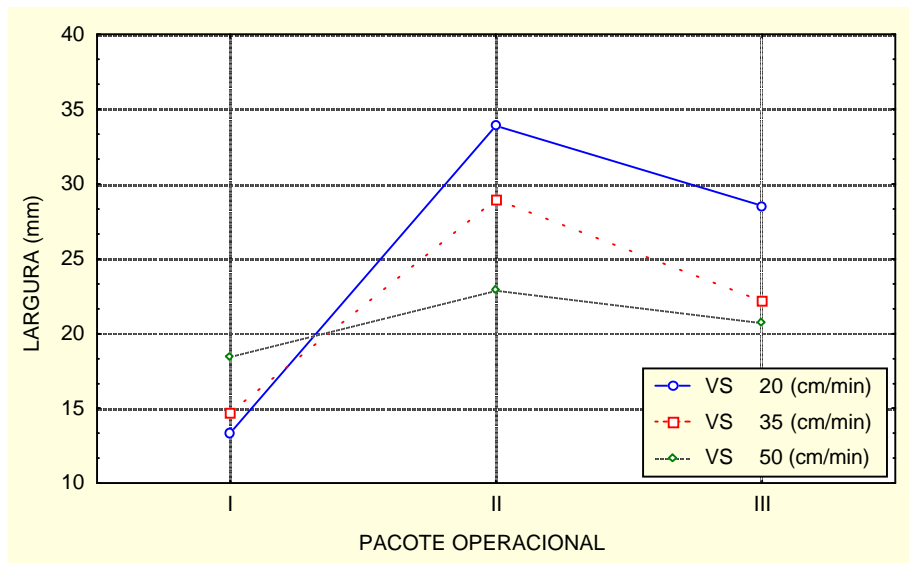


Figura 3. Pacotes Operacionais x Largura da Camada

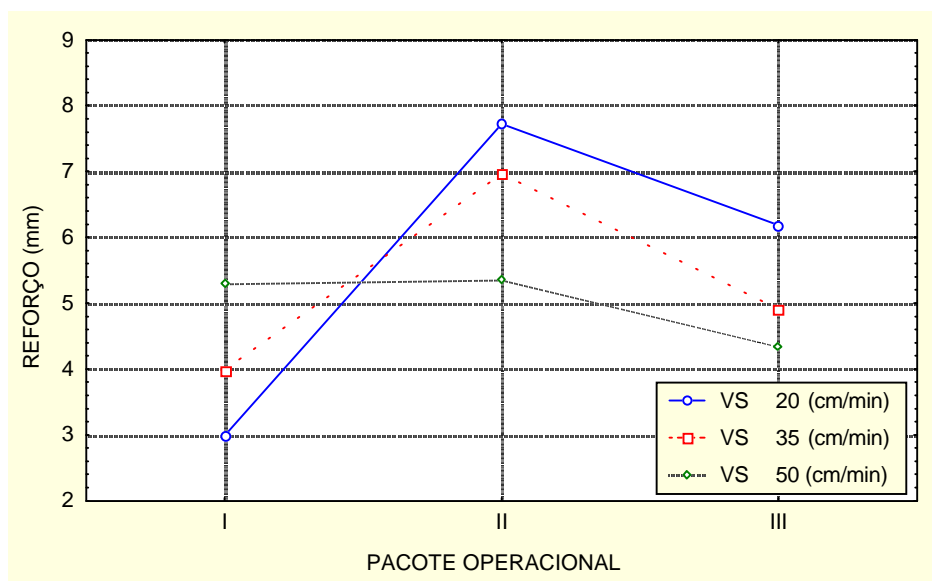


Figura 4. Pacotes Operacionais x Reforço médio da Camada

Quanto à penetração média não houve uma variação muito brusca entre os corpos de prova soldados com velocidades de 35 e 50 cm/min no pacote III, como mostra a Fig. (5); resultado que não era esperado. Em alguns casos, como nos pacotes operacionais I e II, a penetração média aumentou com o aumento da velocidade de soldagem. Este fato pode ser devido à porcentagem de sobreposição não ter permanecido constante entre os passes depositados, ocasionando maior diluição de uns cordões sobre outros, e deve se considerar que os cordões depositados com a maior velocidade foram apenas dois devido à extinção do arco e eles não apresentaram sobreposição, não se verificando, portanto, o efeito citado anteriormente.

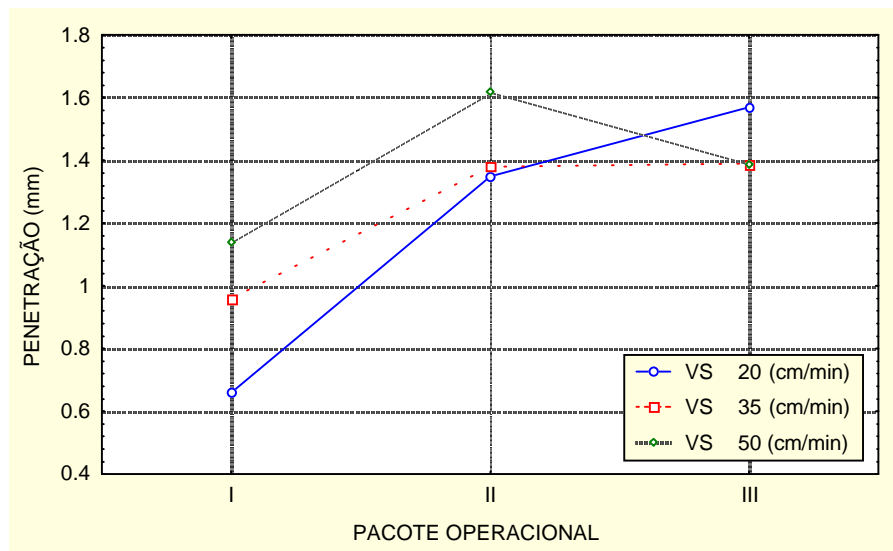


Figura 5 . Pacotes Operacionais x Penetração média da Camada

As soldas depositadas com a menor velocidade de soldagem apresentaram excelente acabamento superficial, notando-se pequena falta de fusão entre os dois últimos passes de soldagem. Os cordões depositados utilizando a velocidade de soldagem intermediária apresentaram irregularidades de deposição devido ao deslocamento do arco voltaico em conta de efeitos eletromagnéticos provocados pelo tamanho do reforço dos passes anteriores. A maior velocidade de soldagem também provocou os mesmos efeitos sobre a deposição, porém de maneira mais acentuada, proporcionando inclusive a extinção do arco voltaico nos pacotes operacionais I e II.

A largura dos cordões é um fator primordial para a soldagem de revestimento, contudo apesar do corpo de prova soldado com velocidade de soldagem de 20 cm/min, no pacote III ter maior largura e reforço nos cordões que os outros, não teve um acabamento superficial desejável, fator esse que deve ser levado em consideração, pois se ao escoar um fluido sobre uma superfície rugosa há um aumento no número de Reynolds podendo acarretar problemas de cavitação no material, além disso, se compararmos a secção transversal dos corpos de prova, podemos perceber que aqueles corpos de provas soldados com velocidade de 20 e 50 cm/min apresentaram também problemas como porosidade e falta de fusão, regiões essas propícias para a propagação de trincas, além disso o corpo de prova soldado com velocidade de 35 cm/min apresentou a sobreposição que mais se aproximou de 30%.

Temos que considerar também o efeito que o gás utilizado causou nessas soldas de revestimento. Sabemos que o argônio teria que ser usado com uma quantidade de O_2 ou mesmo CO_2 , mas por questões financeiras não pudemos obedecer à norma para soldagem de aços inoxidáveis. Este fato também pode explicar a extinção do arco voltaicos em alguns corpos de prova dos pacotes I e II.

4. CONCLUSÃO

Com base nas discussões acima mencionadas podemos concluir o pacote operacional que melhor se adequou à soldagem de revestimento para controle de corrosão foi o de número III, onde a velocidade de soldagem mais recomendada para este pacote operacional é a de 35 cm/min.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao FINEP e a CAPES pelo apoio financeiro recebido.

6. REFERÊNCIAS

- American Society for Metals, 1983, Metals Handbook: "Weld Overlays", v 6, 9ª Ed., Metal Park, Ohio, ASM, pp. 526-534.
- CORRÊA, C.A., 1998, Aço Inoxidável Martensítico aplicado em Revestimento pelo processo MIG Pulsado e Convencional, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 91p., Dissertação de Mestrado.
- BRAGA, E. M., 2002, Efeito do Nitrogênio nas Trincas de Solidificação em Soldas de Aços Austenítico. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Tese de Doutorado.
- BRANTIS, F.C.A. & TREVISAN, R.E., 1993, Efeito dos Parâmetros do Processo de Soldagem nas Propriedades do Revestimento, ENTS, 1993, Águas de São Pedro-SP, Anais Associação Brasileira de Soldagem, pp. 245-263.
- GENTIL, Vicente, 2003, Corrosão. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC.
- MONDENESI, P. J., 2001, Soldabilidade dos Aços Inoxidáveis. Coleção Tecnologia da Soldagem-Senai. Osasco.
- QUITES, A; 2002, Introdução à Soldagem a Arco Voltaico. Florianópolis: Soldasoft.

WELDING TRAVEL SPEED AND ENERGY EFFECTS ABOVE THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF WELDING OVERLAY.

Dineusa Jesus dos Santos

Universidade Federal do Pará, dina@ufpa.br

Alexandre Saldanha do Nascimento

Universidade Federal do Pará, salnas@bol.com.br

Abstract. *The welding overlay application have been a lot during the last years, mainly due its use on energy penetration industries, on nuclears reactors, and in special on petro-chemistry industry. The stainless steels are materials which have excellent characteristics to the welding overlay, in special where we want to have a great corrosion resistance. This paper have as the main aim study the weld overlay drops of E 316 L(stainless steel) wire, carried out on AISI-SAE 1020 plates, having as influence variables the welding travel speed and energy and as answer penetration average and reinforcement, as well as the layer carried out width. The welds were carried out using a multiprocess welding electronic power source adjusted to the pulsed GMAW process, 1G position, argon protection. We verify the parameters influence mainly above the carried out layer width.*

Keywords: *Welding overlay, stainless steel, pulsed GMAW, welding velocity*