

PROCESSO MIG/MAG POLARIDADE VARIÁVEL: EFEITO DOS PARÂMETROS DA CURVA NAS CARACTERÍSTICAS DE REVESTIMENTO

Luiz Antônio da Silveira Costa¹, Arnaldo Ruben Gonzalez²

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, DEMEC, Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, DEMEC, Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas

Introdução

O processo de soldagem consolidou-se devido à necessidade de unir componentes metálicos permanentemente em diversas indústrias como as dos ramos naval, automotivo, petroquímico, militar, e muitas outras.

Atualmente, os processos de soldagem ao arco elétrico e fusão de matérias são os mais usados industrialmente. Na manutenção de equipamentos sempre há custos relacionados ao tempo de parada do equipamento o que torna importante a taxa de deposição do processo de soldagem. Em particular no revestimento superficial, é necessário obter a menor penetração e mínima diluição, aliada à menor distorção da estrutura ou junta soldada. Podem ser utilizados os processos de soldagem MAG Curto Circuito Controlado, MAG Pulsado e MAG Polaridade Variável para proporcionar controle acurado da penetração, diluição e distorção. O processo MAG Polaridade Variável vem crescendo em utilização em função de algumas características particulares, por exemplo, na soldagem de revestimento com aços inoxidáveis produz cordões de solda de alta qualidade e bom aspecto visual, mediante a seleção e ajustes adequados dos parâmetros da curva de corrente. Nos processos de soldagem ao arco elétrico a junta é submetida a ciclos de aquecimento e resfriamento gerando distorções que dificultam o projeto e a execução.

Objetivo

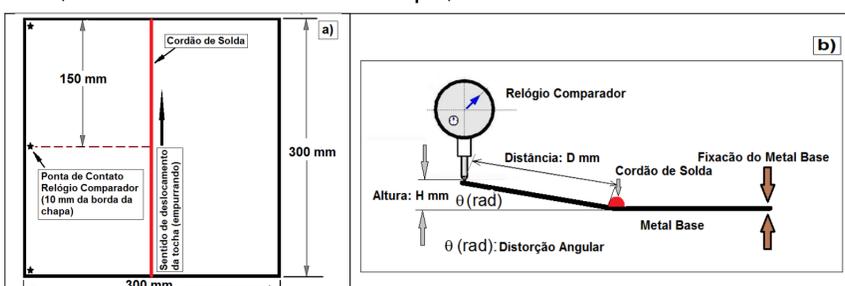
Considerando a complexidade da seleção dos parâmetros, este trabalho visa primeiramente analisar três dos seis parâmetros da curva de corrente, com o objetivo minimizar a distorção angular, utilizando a metodologia de projeto de experimentos Box-Behnken aliada à metodologia da superfície de resposta. Posteriormente, foram utilizadas as duas formas de cálculo do %EN, buscando melhor entendimento das equações em relação aos resultados obtidos no processo de soldagem MAG VP.

Materiais e Métodos

A curva de corrente para o processo de soldagem MIG/MAG Polaridade Variável apresenta seis parâmetros independentes, onde neste experimento foram mantidos três ($I_p = 350$ A, $T_p = 3,0$ ms, $I_b = 40$ A) constantes e os outros três (T_b , T_n , I_n) foram variados em três níveis cada. Com o objetivo de entender o comportamento da polaridade negativa foram variados o tempo de corrente negativa (T_n) entre 5, 10 e 15 ms, e a corrente negativa (I_n) entre -150, -100 e -50 A. O tempo de corrente de base positiva (T_b) foi variado entre 5, 10 e 15 ms. Os parâmetros do processo: Velocidade de soldagem: 25 cm/min; ângulo de deslocamento: -10° ; DBCP: 18 mm; Tensão de soldagem: 22 V, vazão do gás de proteção (Ar + 2%O₂): 15 l/min.

Os cordões de solda foram realizados sobre a superfície livre (*bead-on-plate*) e posição 1G, em chapas de aço SAE 1020 de 300x300x6,35 mm e aço inoxidável como metal de adição. O eletrodo utilizado no experimento foi o ER308LSi (aço inoxidável) de 1,2 mm de diâmetro.

Para a obtenção dos valores de distorção angular foram utilizados três relógios comparadores, (um no início, outro no meio e o terceiro no fim) na medição da altura "H - mm" (deslocamento vertical) da chapa e a distância "D - mm" da margem do cordão de solda ao ponto onde foi colocada a ponta de contato do relógio comparador. A restrição de um dos lados da chapa foi feita com três dispositivos de fixação dispostos ao longo da borda da chapa a soldar (Figura 1(a; b)). Os dados utilizados para a obtenção da distorção angular correspondem ao valor central da chapa, isto é, a 150 mm da borda da chapa, ao início do cordão de solda.



Os Figura 1 (a; b). a) Esquema mostrando as dimensões da chapa soldada; b) medição da altura e distância para determinação da distorção angular.

Os instrumentos para a medição da altura foram três relógios comparadores analógicos com capacidade de medição de 10 mm e resolução de 0,01 mm, e para medição da distância um paquímetro digital com capacidade nominal de medição de 200 mm e resolução de 0,01 mm.

Resultados e Discussão

Análise de Variância (ANOVA) para a distorção angular (θ - rad) da junta soldada. O valor-p pode ser utilizado na determinação da significância dos fatores principais ou interações sobre a distorção angular.

$$\%EN = \frac{I_n \times T_n}{(I_n \times T_n) + (I_p \times T_p) + (I_b \times T_b)} \times 100\% \quad (1) \quad \%EN' = \frac{T_n}{T_n + T_p + T_b} \times 100\% \quad (2)$$

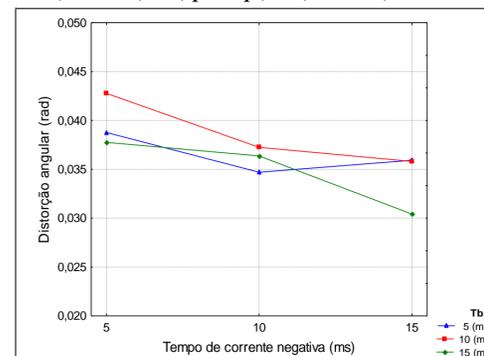


Figura 2. Gráfico da interação dos fatores para a distorção (rad) em relação a T_n e T_b .

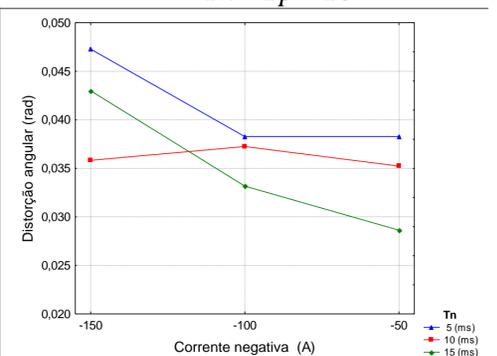


Figura 3. Gráfico da interação dos fatores para a distorção (rad) em relação a I_n e T_n .

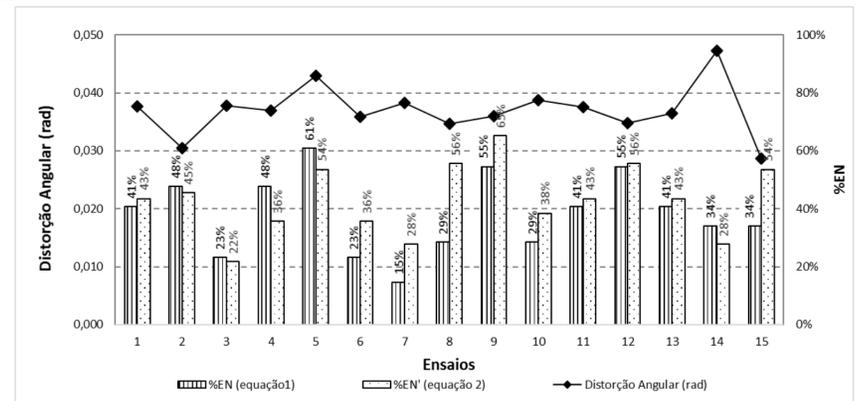


Figura 4. Distorção Angular em relação ao %EN calculados pelas duas equações em estudo

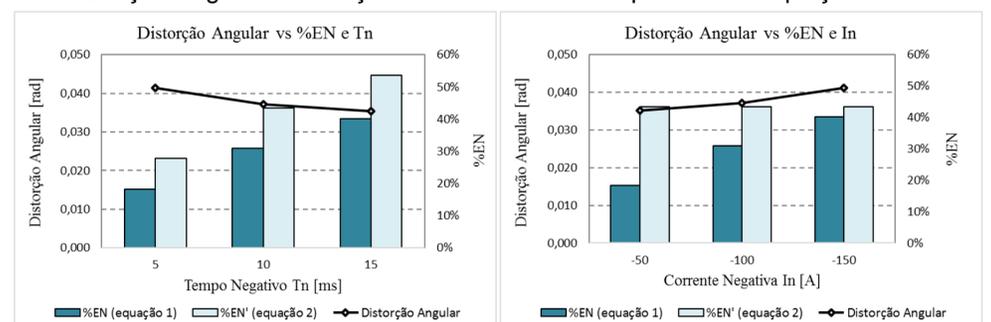


Figura 5. Distorção Angular em relação ao %EN calculados pelas duas equações em estudo

Conclusão

a) O projeto de experimentos Box-Behnken é adequado para a obtenção do modelo matemático/estatístico para estimar os valores da distorção angular, usando o processo MAG PV.

b) Na distorção angular, os parâmetros tempo de base (T_b) e tempo da corrente negativa (T_n) e corrente negativa (I_n) se mostraram fortemente significativos. As interações $T_b \times T_n$ e $T_n \times I_n$ apresentam efeitos moderadamente significativos sobre a distorção angular. Nota-se um comportamento complexo e que para obter o menor valor é necessário ajustar adequadamente os três parâmetros avaliados.

c) A metodologia da superfície de resposta é uma ferramenta muito importante na obtenção do conjunto de condições do processo quando há necessidade de estimar a resposta alvo ou objetivo, os gráficos de contornos podem determinar a região do ótimo