

FORMAÇÃO DA POÇA DE FUSÃO EM SOLDAGEM A ARCO: UMA REVISÃO

Maksym Ziberov, Universidade Federal de Uberlândia, ziberov@hotmail.com

Resumo. Durante a soldagem com arco elétrico, vários fatores que afetam a formação da poça de fusão. O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão dos aspectos que ocorrem em formação da poça de fusão em soldagem a arco. O presente trabalho trata de aspectos como por exemplo: formação poça de fusão e cordão, solidificação da solda, forma e posição das isothermas da região da poça e formatos comuns da poça de fusão em processos mecanizados.

Palavras chave: poça de fusão, soldagem, formação da poça

1. FORMAÇÃO DA POÇA DE FUSÃO

Uma poça de fusão é formada durante a soldagem de um material metálico, como ilustra a Fig. (1). Ela consiste da mistura dos metais de base e de adição. As dimensões da poça depois de formada e solidificada determinam a geometria do cordão (largura (L), reforço (R), profundidade de penetração (P), como ilustrado na vista à esquerda da Fig. (1)).

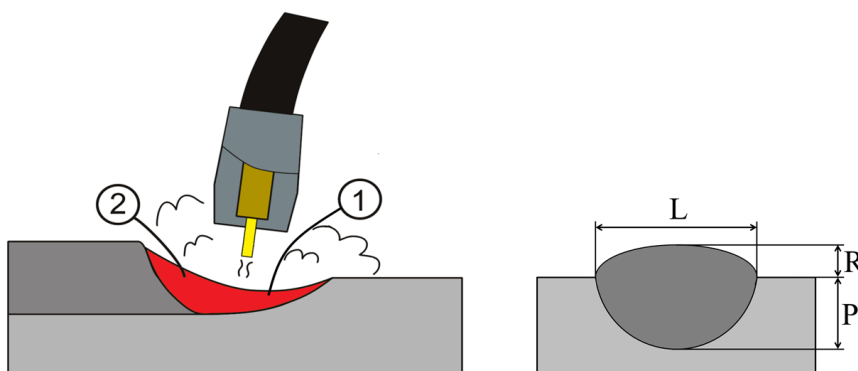


Figura 1. Poça de fusão e cordão: 1 = região dianteira; 2 = região traseira; L = largura; R = reforço e P = profundidade de penetração (adaptado de Petrov; Tumarev, 1977, p.264)

Matsuwana e Nishiguchi (1979) dizem que pressão do arco é a responsável pela penetração máxima dos depósitos (penetração primária ou em forma de dedo "finger shape", ilustrado na Fig. (2)). O calor acumulado no metal fundido, que com o tempo se transfere ao metal de base, predominantemente por condução, é apontado por Ishizaki (1980) como sendo responsável pela penetração secundária (Fig. (2)), que se forma nas proximidades da penetração primária.

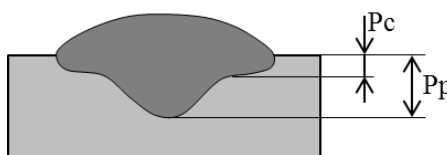


Figura 2. Representação esquemática penetração primária (Pp) e penetração secundária (Pc)

Gurev e Stout (1963) verificaram que a penetração primária variou proporcionalmente com a corrente e inversamente com a tensão e com a velocidade de soldagem. Por outro lado, a secundária se relacionou diretamente com a tensão e não apresentou variações significativas com a corrente. No entanto, com aumento da velocidade de soldagem, esses autores verificaram comportamentos distintos para essa penetração, em função do tipo de transferência. Na transferência por curto-circuito, velocidade e penetração secundária variaram no mesmo sentido e, na globular, aumentos na velocidade resultaram em reduções nessa penetração. Os autores verificaram que a largura dos cordões aumentou com o aporte de energia.

Para um determinado material, a poça de fusão pode ser ilustrada pela Fig. (3). De acordo com Savage (1980), a linha ADB representa a frente de fusão, onde ocorre a fusão do metal base. A linha ACB indica a frente de solidificação, onde ocorre a solidificação da solda. A velocidade de solidificação em um ponto na frente de solidificação é dada por (Eq. (1)):

$$|\vec{Rs}| = |\vec{Vs}| \cdot \cos\theta \quad (1)$$

Onde:

R_s – velocidade de solidificação.

V_s – velocidade de soldagem.

θ – ângulo entre a normal no ponto considerado e o vetor velocidade de soldagem.

Esta relação mostra que a velocidade de solidificação (R_s) da poça varia de zero, nas bordas da poça (pontos A e B), até o valor de velocidade de soldagem (V_s), no centro do cordão (ponto C).

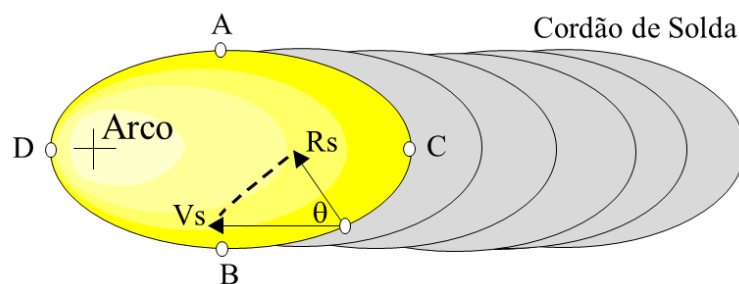


Figura 3. Ilustração de uma poça de fusão (adaptado de Savage, 1980)

De acordo com vários autores, como Paton (1974, p.63), Vasiliev et al., (1978, p.25), Dumov (1987, p.72) e Volchenko et al., (1988, p.170), o formato e as dimensões da poça de fusão são determinados pelos limites da superfície isotérmica do campo térmico tridimensional, correspondente à temperatura de fusão do metal, como ilustrado na Fig. (4). A temperatura da poça não é constante, ou seja, na sua parte dianteira, o metal é aquecido acima da temperatura de fusão (sob o efeito da fonte de calor), enquanto na parte traseira a temperatura é próxima ao ponto de fusão do metal de solda.

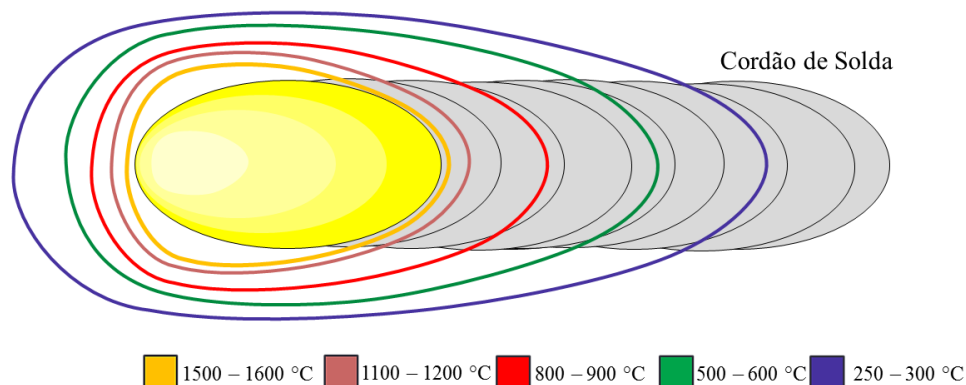


Figura 4. Forma e posição das isotermais da região da poça (adaptado de RYKALIN, 1951, p.78, também apresentado em Vladimírsky et al., 1960, p.13; Paton, 1974, p.63; Vasiliev et al., 1978, p.25; Dumov, 1987, p.72 e Volchenko et al., 1988, p.170)

Assim na soldagem de um determinado material, o formato da poça de fusão permanece constante caso não ocorram variações na velocidade de soldagem, na intensidade da fonte de energia, nas condições de dissipação de calor e nem perturbações devidas à transferência de metal de adição. O formato da poça de fusão influencia diretamente a estrutura de solidificação da zona fundida e mudanças neste formato, devidas, por exemplo, a variações nos parâmetros de soldagem, podem alterar esta estrutura.

Vários autores (Kou; Le, 1988; David; Vitek, 1989; Wainer; Brandi; Mello, 1992; Zacharia et al., 1995; Lampman, 1997; Lancaster, 1999 e Kou, 2003, p.176) dizem que dois formatos básicos para a poça são tipicamente observados em

soldagem, a elíptica e a em gota. De acordo com eles, o primeiro caso (poça de fusão elíptica) é característica de baixas velocidades de soldagem (parte (a) e (b) da Fig. (5)). Neste caso, a orientação da frente de solidificação muda progressivamente da linha de fusão até o centro do cordão. Como resultado, cada grão encontrará sempre condições ótimas para o seu crescimento e um maior número de grãos terá condições de sobreviver durante a solidificação. O segundo caso (poça de fusão em gota) ocorre para valores maiores da velocidade de soldagem (parte (c) e (d) da Fig. (5)). A frente de solidificação tem uma orientação relativamente constante em relação à direção de soldagem, o que favorece o crescimento, desde a linha de fusão até o centro da solda, somente dos grãos inicialmente orientados em relação à direção de soldagem. A solidificação se desenvolve como duas paredes, uma de cada lado do cordão, que se deslocam e se encontram no meio deste.

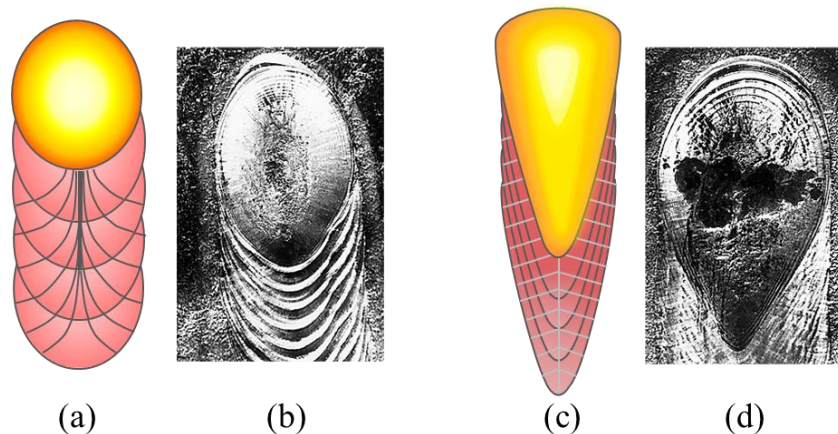


Figura 5. Formatos comuns da poça de fusão em processos mecanizados: (a) – elíptica; (b) – cratera formada a partir de uma poça elíptica; (c) – em gota e (d) – cratera formada a partir de uma poça em gota

2. REFERÊNCIAS

- David, S.A., Vitek, J.M., 1989, “Correlation between solidification parameters and weld microstructures”, International Materials Reviews, Vol. 34, No. 5, p 213-245.
- Dumov, S.I., 1987, “Tecnologia de soldagem por fusão elétrica”, Ed. Leningrado Mashinostroenie, URSS, 461 p.
- Gurev, H.S., Stout, R.D. 1963, “Solidification Phenomena in Inert Gas Metal Arc Welds”, Welding Journal, No. 7, p 298-310.
- Ishizaki, K., 1980, “New Approach to the Mechanism of Penetration”, Int. Conf. Weld Pool Chemistry and Metallurgy. TWI, Abington, Cambridge, UK, p 65-76.
- Kou, S., 2003, “Welding metallurgy”. 2.ed. John Wiley & Sons, Inc., USA, 455p.
- Kou, S., Le, Y., 1988, “Metallurgical Transactions A”, Vol. 19, p 1075-1082.
- Lampman, S.R., 1997, “Weld Integrity and Performance”, Ed. ASM International, USA 381 p.
- Lancaster, J.F., 1999, “Metallurgy of welding”. England: Abington Publishing, 444 p.
- Paton, B.E., 1974, “Tecnologia da soldagem de metais e suas ligas a arco elétrico”, Ed. Moscou Mashinostroenie, URSS, 768 p.
- Petrov, G.L., Tumarev, A.C. 1977, “Teoria dos processos de soldagem”, Ed. Moscou Mashinostroenie, URSS, 392 p.
- Rykalin, N.N., 1951, “Cálculos dos processos térmicos de soldagem”, Ed. Moscou, URSS, 269 p.
- Savage, W.F., 1980, “Solidification, segregation and weld imperfections”, Welding in the World, Vol. 18, No. 5-6, p 89-112.
- Vasiliev, K.V. *et al.*, 1978, “Engenharia de soldagem, primeiro volume”, Ed. Moscou: Mashinostroenie, URSS 502 p.
- Vladimirsky, T.A. *et al.*, 1960, “Welding, volume one”, Ed. Moscou, URSS, 557 p.
- Volchenko, V.N. *et al.*, 1988, “Teoria dos processos de soldagem”, Ed. Moscou, URSS, 559 p.
- Wainer, E., Brandi, S.D., Mello, F.D.H., 1992, “Soldagem processos e metalurgia”, São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 494 p.
- Zacharia, T. *et al.*, 1995, “Surface Temperature Distribution of GTA Weld Pools on Thin-Plate 304 Stainless Steel”, Welding Journal, p 353-362.

3. AGRADECIMENTOS

O autor agradece o apoio financeiro das agências CAPES, CNPq e Fapemig e ao suporte oferecido pela Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica

4. ABSTRACT

During arc welding various factors affect the weld pool formation. This work presents a review on the aspects that occur in weld pool formation in arc welding. Aspects such as weld pool and weld bead formation, weld pool solidification, position of isotherms in the weld pool and common weld pool shapes in mechanized welding are discussed.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O autor é o único responsável pela informação incluída neste trabalho.