

UMA NOVA ÁREA DE APLICAÇÃO DE SOLDAGEM: CONFEÇÃO DE CANAIS SUBSUPERFICIAIS EM PEÇAS METÁLICAS

Anna Tokar, Laprosolda, UFU, annatokar@mecanica.ufu.br

Volodymyr Ponomarev, Laprosolda, UFU, ponomarev@mecanica.ufu.br

Ruham Pablo Reis, Laprosolda, UFU, ruhamreis@mecanica.ufu.br

Resumo. O presente trabalho mostra que a soldagem tem um grande potencial não apenas na área de união das peças, mas também em outras áreas, por exemplo na arte, na medicina, confecção dos canais, etc. Este trabalho apresenta uma técnica de confecção de canais subsuperficiais em peças metálicas usando soldagem TIG Pulsada. No trabalho procurou-se “inverter” os defeitos chamados na literatura “tunneling” (cavidades alongadas), típicos para este processo de soldagem em correntes elevadas, em canais subsuperficiais. Esta técnica pode ser aplicada em uma larga gama de materiais, tanto em metais de baixa dureza, como em metais de dureza elevada e em peças de geometria complexa, inclusive em superfícies de revolução e oferece uma maior flexibilidade operacional em comparação com os métodos de fabricação de canais já conhecidos, além de representar uma solução de baixo custo.

Palavras chave: Soldagem TIG Pulsada, Cavidades alongadas, Canais subsuperficiais

1. INTRODUÇÃO

À primeira vista, a soldagem parece ser um processo usado apenas para unir e revestir os metais, além de ser sujo e complicado. Porém a soldagem tem um grande potencial também em outras áreas, por exemplo, na arte, na medicina, confecção dos canais, etc. Ou seja, cada um pode encontrar na soldagem um nicho para novas aplicações.

Por exemplo, na área de arte é um metal, o titânio, que, em temperaturas altas (devido à soldagem), dá uma variedade incrivelmente rica de cores (espectro de coloração). Este fenômeno é explicado pelo fato que, sob a influência de uma fonte de calor local se forma uma camada de óxido de titânio, cuja cor depende da espessura desta camada, que, em sua vez, depende da intensidade de aquecimento da superfície e do nível de oxidação (governado pela eficiência de proteção). Na soldagem essa variedade de cores é considerada como um defeito, pois piora aparência das peças soldadas além de poder levar à fragilização da peça. Um soldador-artesão aproveita deste fenômeno para ‘pintar’ suas obras. Ele começa com uma soldagem da estrutura (carcaça). Em seguida, na estrutura são depositados cordões de solda, de maneira a chegar a uma superfície sólida (“corpo” de obra). É nesta etapa que o artesão “pinta” a superfície da obra. Alguns exemplos de artesões fabricados por soldagem TIG estão mostrados na Fig.1



Figura 1. Exemplos de obras de arte confeccionadas em titânio utilizando o processo de soldagem TIG. Por cortesia do Instituto de Paton, Kiev [1]

Outra área onde pode ser aplicada a soldagem é a medicina. No Instituto de Soldagem Elétrica de Paton em Kiev foi desenvolvida uma técnica de “soldagem” de tecidos vivos. O princípio da técnica baseia-se no efeito de desnaturação eletrotérmica de moléculas de proteína sob a ação da corrente de alta frequência. Para tal, é necessário um equipamento especial que inclui uma fonte de energia e instrumentos médicos (laparoscópios, fórceps e pinças) que estão mostrados na Fig. 2. O sistema de controle do processo de soldagem funciona na base de realimentação (controle de malha fechada). Essa técnica é usada para unir os tecidos vivos sem utilização da sutura, grampos e oferece uma recuperação rápida das funções fisiológicas dos tecidos do órgão operado.

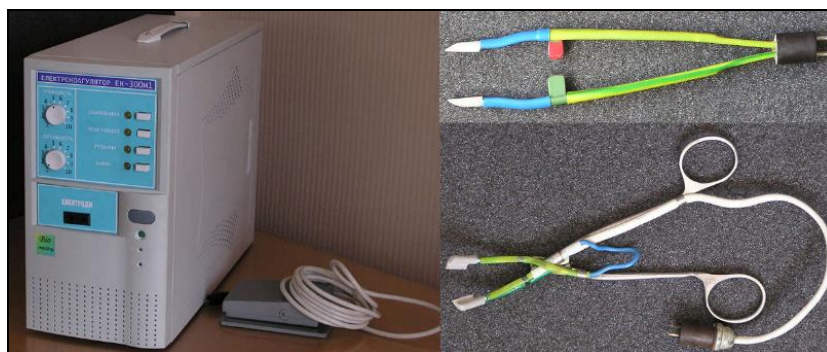


Figura 2. Equipamento para desnaturação eletrotérmica de proteína [2]

A soldagem pode também ser aplicada para de confecção de canais em peças metálicas. Entre os métodos existentes para confecção de canais subsuperficiais (internos), pode-se citar a furação convencional ou a introdução de tubos de material com alta condutividade térmica em peças a serem fabricadas por fundição [3]. Como desvantagens da furação convencional podem ser citadas as limitações referentes à aplicação em materiais de alta dureza (por exemplo, aqueles para moldes e matrizes), a impossibilidade de confecção de canais longos e curvilíneos em peças de geometria complexa, já que as brocas não fazem curvas, e a impossibilidade de confeccionar canais superficiais. No caso do método de introdução de tubos [3], estes devem ser montados no molde e refrigerados com ar ou água durante a fundição para evitar que sejam fundidos durante a vazão de metal líquido em alta temperatura (o que resultaria na perda dos canais). Além de ser complexo, este método pode gerar contatos irregulares entre a superfície dos tubos e o material da peça.

Outra forma de fabricar canais subsuperficiais retilíneos e curvilíneos em peças metálicas é a técnica denominada Friction Stir Channelling – FSC [4] (Fig. 3). Esta técnica se baseia no mesmo princípio que é usado na soldagem Friction Stir Welding – FSW como descrito, por exemplo, em [5] e [6]. Nesta técnica, uma ferramenta rotativa (similar a uma broca) penetra na peça, plastifica o material da mesma (por atrito e deformação) e em seguida o afasta do centro da região percorrida abrindo um canal no fundo da zona plastificada. A principal desvantagem é que o metal a ser processado precisa ser dúctil o bastante e de baixa dureza para que os canais sejam gerados com menores esforços e consumo de ferramentas e energia, o que não é geralmente o caso de materiais para moldes e matrizes para forjamento ou fundição. Além disso, essa técnica não pode ser aplicada em superfícies com mudanças de perfil acentuadas (degraus e quinas, por exemplo).

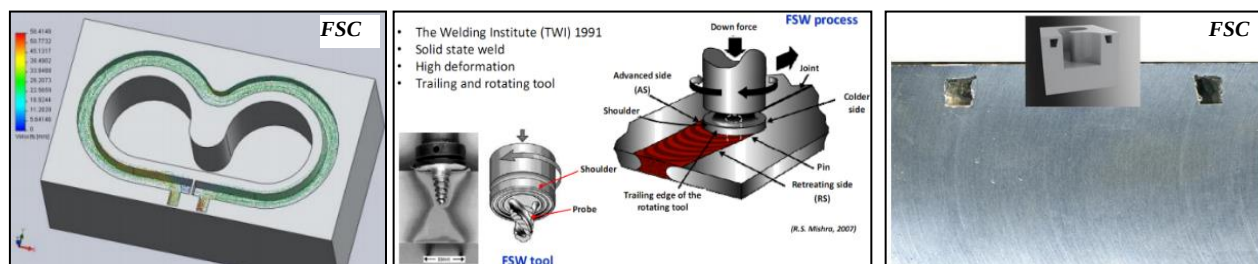


Figura 3. Acima: princípio da soldagem Friction Stir Welding; Abaixo: confecção de canais por Friction Stir Channelling [4]

Como alternativa, existem ainda as técnicas baseadas em deposição (sinterização ou fusão) de camadas de pó metálico utilizando fontes de laser ou de feixe de elétrons [7], [8], [9] e como visto também em [10], [11], [12] e [13]. Estas técnicas permitem “imprimir” (como uma impressora 3D) peças metálicas com vários detalhes internos, incluindo canais subsuperficiais. Dentre as desvantagens destas técnicas, cita-se o enorme tempo demandado para fabricação das peças, limitações em termos de tamanho das peças produzidas, já que o a fabricação geralmente acontece em câmaras de vácuo ou preenchidas com um gás inerte, e o alto custo dos equipamentos utilizados.

Assim, este trabalho propõe demonstrar uma nova técnica de fabricação de canais subsuperficiais que possa ser isenta de tais limitações, ou seja, que permita maior flexibilidade operacional e que possa ser aplicável em uma larga gama de materiais e de geometrias de peças.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Do ponto de vista metodológico, inicialmente foram estudados os princípios e mecanismos de formação dos canais. Foi avaliada a técnica de confecção de canais subsuperficiais (internos), tanto retilíneos como curvilíneos, em peças

metálicas usando uma técnica de soldagem, a saber, pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado durante a fusão do metal de base. Para realizar os testes foi utilizado o TIG Pulsado autógeno sobre chapa (eletrodo AWS EWTh2% de 4 mm de diâmetro com ângulo de ponta de 60°). Foram utilizadas uma fonte eletrônica do tipo chaveada no secundário, com característica estática de corrente idealmente constante e uma tocha refrigerada a água com capacidade nominal de 500 A. O gás de proteção utilizado foi argônio puro, a uma vazão de 15 l/min. A manipulação da tocha foi realizada por meio de uma mesa de coordenadas XY, conforme mostrado na Fig.4. Para o monitoramento da corrente e tensão durante a soldagem, foi utilizado um sistema de aquisição de dados (taxa de aquisição de 5 kHz e resolução de 8 bits). As soldagens foram realizadas com o eletrodo na polaridade negativa, posicionado perpendicularmente à chapa de teste na posição plana, com um cordão em cada placa de teste. Foram usadas chapas de aço inoxidável 304 como metal de base, com dimensões de 200 x 32 x 6,4 mm. O comprimento de arco (L_a), ou distância da ponta do eletrodo até a chapa, foi mantido constante em 3,5 mm, assim como a velocidade de soldagem em 1,5 mm/s. A frequência de pulsação, a amplitude da corrente de pulso e de base foram mantidas constantes em 1 Hz, 350 A e 15 A, respectivamente.



Figura 4. Mesa de coordenadas para manipulação da tocha de soldagem TIG

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa foram feitos testes com a corrente média (I_m) de 183,0 A, amplitudes da corrente de pulso (I_p) e de base (I_b) de 350,0 A e 15,0 A, respectivamente. A frequência de pulsação (f_p) foi mantida constante e igual a 2 Hz, com o tempo de pulso igual ao de base ($t_p = t_b$).

Nesta técnica, o canal subsuperficial, mostrado na Fig. 5, se forma principalmente pela expulsão de metal fundido da poça de fusão devido à ação da corrente de pulso (maior pressão do arco sobre a poça de fusão), como ilustrado na Fig. 6. Durante o pulso (corrente elevada) ocorre maior fusão do metal de base e, sob ação da maior pressão do arco, ocorre a expulsão do metal fundido da região dianteira da poça de fusão e o deslocamento deste metal para a região traseira da mesma. Como resultado deste deslocamento de metal fundido, surge uma cratera na região dianteira da poça. No início do tempo de base, a pressão do arco diminui, causando o deslocamento contrário do metal para a região da cratera. No seu caminho de volta o metal se solidifica, sendo que, as camadas inferiores da poça se solidificam antes do que as superiores (pois a solidificação começa da fronteira com o metal sólido). O metal das camadas superiores se solidifica pendendo na parede traseira da cratera, deixando no fundo dela um canal subsuperficial. As Figs.7, 8 e 9 apresentam a aparência típica de um canal subsuperficial obtido com o processo TIG Pulsado. Os parâmetros responsáveis pela formação adequada do canal são as correntes e os tempos de pico e de base (frequência de pulsação).

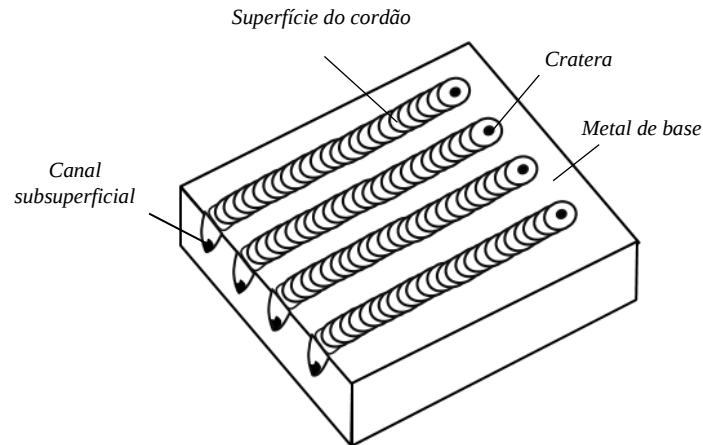


Figura 4. Ilustração de canais subsuperficiais confeccionados pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado

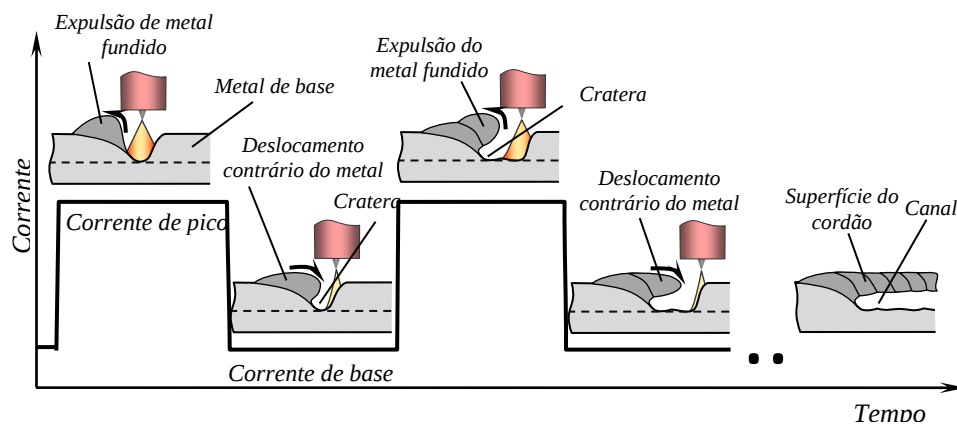


Figura 5. Ilustração da formação dos canais pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado

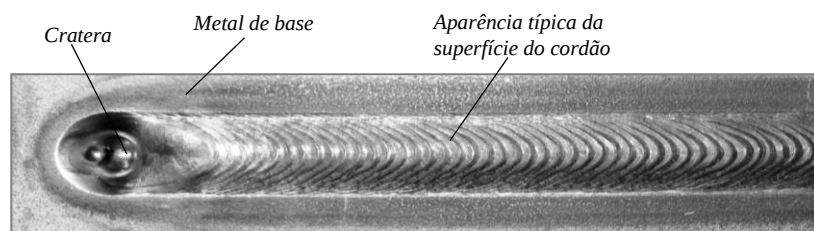


Figura 6. Aspecto superficial de peça metálica com canal subsuperficial feito pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado

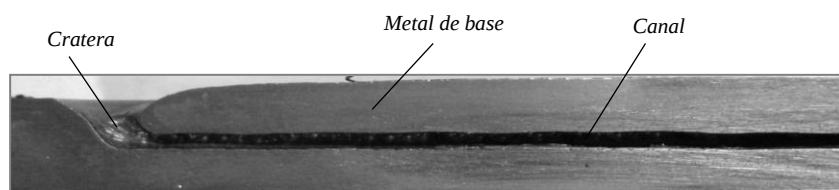


Figura 7. Seção longitudinal de peça metálica com canal subsuperficial feito pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado

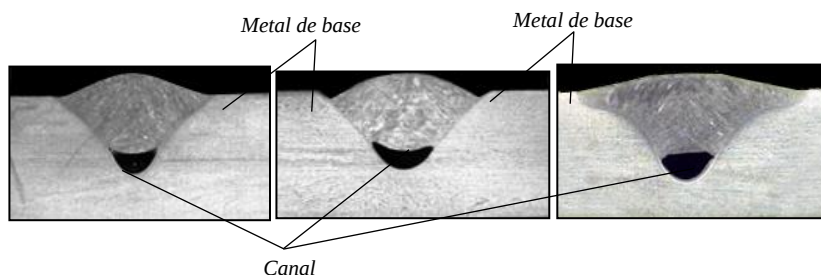


Figura 8. Secções transversais de peças metálicas com canais subsuperficiais feitos pela ação do arco de soldagem do processo TIG Pulsado

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a técnica para confecção de canais subsuperficiais com a soldagem TIG (corrente pulsada de alta amplitude) é bastante promissora devido à formação de canais de razoável diâmetro e longos. Entretanto, é preciso trabalhar na melhoria da robustez desta técnica, pois a formação do canal subsuperficial parece sensível a variações dos parâmetros de soldagem.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LAPROSOLDA/UFU pelo apoio logístico e de infraestrutura laboratorial, assim como ao CNPq e CAPES pela bolsa de pós-graduação e à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Soldagem é arte. Arte do Gregory Dochkina. <<http://www.selma.ua/all/art.html>>
- [2] Aplicação de soldagem em medicina. <<http://weldingsite.com.ua/medicin.html>>
- [3] Method of casting cooling elements. United Kingdom Patent, Patent N. GB1386645 (A). March. 1975
- [4] MISHRA RAJIV. Integral channels in metal components and fabrication thereof, United States Patent, Patent N. US6923362 (B2). April. 2004.
- [5] THOMAS, W. M. et al. Improvements relating to friction welding, European Patent, Patent N. EP0615480 (A1). Sep. 1994.
- [6] MIDLING, O. T. et al. Friction stir welding, European Patent Specification, Patent N. EP0752926 (A1). Jan. 1997
- [7] QUINTINO, L.; VILAÇA P.; MIRANDA R. Friction stir welding and processing at TU – Lisbon. In: I IIW European-South American School of Welding and Correlated Processes, 18 to 20 of May, 2011, Ouro Preto, Brazil.
- [8] XU, X. et al. Designing Conformal Cooling Channels for Tooling. Proceedings from the Solid Freeform Fabrication Symposium, Austin, Texas, USA, August 10-12, 1998, ISSN 1053-2153, pp 131-146
- [9] WYLONIS, N. Production of injection molding tooling with conformal cooling channels using the three dimensional printing process. 1995. pp. 160. Master of Science. Dissertation submitted to Massachusetts Institute of Technology, US.
- [10] HOPKINSON, N. Investigation into Part Ejection and Heat Transfer in the Direct AIMTM Process. 1999. Ph.D. Thesis submitted to De Montfort University, UK.
- [11] KOCH J., MAZUMDER J. Apparatus and methods for monitoring and controlling multi-layer laser cladding, United States Patent, Patent N. US6122564 (A). Sep. 2000
- [12] SACHS E. Tooling having advantageously located heat transfer channels, United States Patent, Patent N. US 6354361 (B1). Mar. 2002
- [13] ANDERSSON L.; LARSSON M. Device and arrangement for producing a three-dimensional object, International Publication, Patent N. WO 2001081031 (A1). Nov. 2001
- [14] MEINERS W.; WISSENBACH K.; GASSER A. Shaped body especially prototype or replacement part production, European Patent Specification, Patent N. EP0946325 (A1). Oct. 1999