

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA SOLDAGEM PLASMA COM ALIMENTAÇÃO DINÂMICA DE ARAME

Alisson Fernandes da Rosa¹

Victor Igor Barbare Lemos²

Felipe Batista³

Regis Henrique Gonçalves E. Silva⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

¹ alisson.fernandes@posgrad.ufsc.br

² victor.barbare@gmail.com

³ felipe.wittbatista29@gmail.com

⁴ regis.silva@ufsc.br

Resumo. O PAW (Plasma Arc Welding) é um processo de soldagem versátil, com eletrodo não consumível de tungstênio, que pode ser aplicado com diferentes níveis de energia, e também com ou sem material de adição. Também é comum aos processos de soldagem a arco, que o material de adição seja alimentado de modo contínuo na poça de fusão. No entanto, uma técnica inovadora de alimentação de arame, que promove um movimento de avanço e recuo do material de adição até a poça de fusão, denominada alimentação dinâmica, não é amplamente difundida na literatura técnica mas pode oferecer alguma vantagem aos procedimentos de soldagem. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal, estudar e caracterizar a técnica de alimentação dinâmica de arame aplicada no processo PAW com o intuito de verificar, sobretudo, as características da transferência metálica em comparação com a alimentação contínua de arame. Assim, foram aplicadas as duas técnicas de alimentação de arame (contínua e dinâmica) no processo PAW. Foram utilizados equipamentos de monitoração dos sinais elétricos de soldagem sincronizados com técnicas de videografia avançada em alta velocidade para evidenciar os efeitos referentes à transferência metálica, dinâmica do arame de adição na poça de fusão e interações gerais relacionados ao conjunto arco/arame/poça. Os experimentos evidenciaram as principais limitações e vantagens do processo PAW com alimentação dinâmica e mostraram que esta técnica apresenta vantagens sobre a alimentação contínua, principalmente relacionadas à transferência metálica em patamares baixos de velocidade de arame, ou seja, abaixo de 1 m.min⁻¹.

Palavras chave: Alimentação Dinâmica; Inserção de Arame; PAW; Transferência Metálica; Dynamic Feeding

1. INTRODUÇÃO

A soldagem é um processo de fabricação que possui demasiada importância na indústria. Sua ampla utilização, tanto para união, como para reparos, é constantemente encontrada em áreas como a aeronáutica (Mendez, 2001), automobilística e naval (Welding handbook committee, 2001), por exemplo. Dentre os processos de soldagem mais utilizados na indústria, o que possui maior destaque é a soldagem a arco, que se baseia na formação de um arco elétrico entre a tocha e a peça de trabalho, propiciando a união de peças, com ou sem material de adição. Ademais, pode ser empregado também em processos de revestimentos metálicos (Xinhong, 2005) (Eroglu, 2009). Com isso, pode-se garantir seu destaque, pois é um processo que possui portabilidade, elevado aporte térmico para se realizar a fusão da peça, flexibilidade operacional (SAHOO, 1993) e versatilidade referente aos modos de operação que podem ser empregadas e desenvolvidas. Estes fatos são justificáveis pela diversidade de processos a arco que podem ser encontrados. Entre alguns exemplos, é possível citar os processos SMAW (Shielded Metal Arc Welding), que é realizado geralmente de forma manual através de um eletrodo revestido consumível, o GMAW (Gas Metal Arc Welding) que também se utiliza de um eletrodo consumível no formato de arame, amplamente aplicado na indústria de maneira automatizada e o GTAW (Gas-shielded Tungsten Arc Welding) que emprega um eletrodo não consumível e pode atuar com e sem material de adição, igualmente ao PAW. O processo PAW (Plasma Arc Welding), semelhante ao GTAW, utiliza um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça. No entanto, na literatura infere-se ao PAW maior capacidade de fornecer penetração em soldas de união (Mawson, 1998). No PAW o eletrodo de tungstênio se localiza no interior da tocha de soldagem e, por meio de um orifício constritor, obtém a constrição forçada do arco elétrico (Fig. 1). A Figura 1 apresenta um diagrama esquemático do funcionamento do processo PAW e ilustra as principais diferenças e similaridades com processo GTAW.

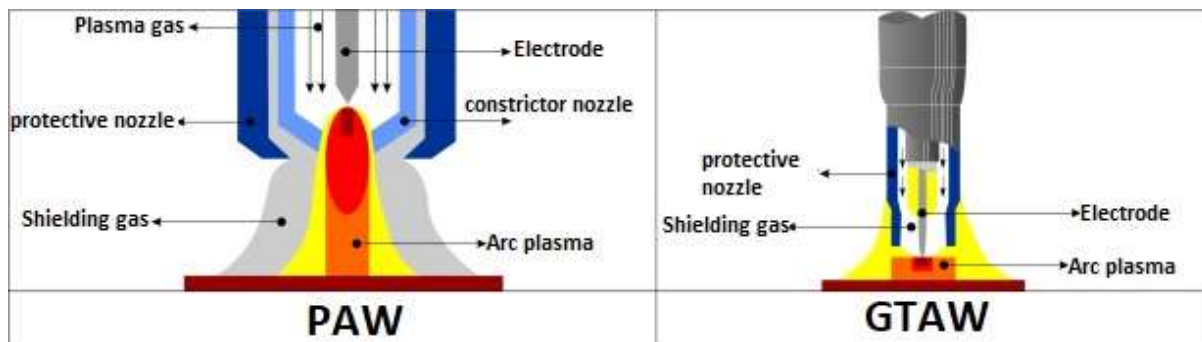


Figura 1. Processo PAW e GTAW. (BARRAGAS, 2016)

Na soldagem PAW, a existência do orifício constritor é o principal diferencial do processo, pois, faz com que ocorra a constrição do arco, levando ao aumento de fatores como a densidade da corrente e as forças de Lorentz, induzidas pelo fluxo da corrente, agindo diretamente na coluna do arco. Isso acarreta em benefícios para o processo como aumento da rigidez e temperatura do arco elétrico, que aumenta de maneira significativa e, essencialmente, maior energia entregue à peça (Mawson, 1998) (Liu, 2016) (Lancaster, 1984) (Paula júnior, 1997). As principais aplicações do processo PAW têm como base o aproveitamento da maior densidade de corrente para atingir elevados níveis de penetração em soldagem de união, por exemplo. No entanto, é importante ressaltar que o processo possui demasiada versatilidade relacionada aos modos de operação, devido à possibilidade de variação de parâmetros como corrente de soldagem, diâmetro do orifício do bico constritor e a vazão do gás de plasma que também acarretam em mudanças significativas no resultado da solda realizada (TWI, 2020). Conforme Reis (2007) os modos de operação podem ser divididos em: microplasma (0,1 a 15A), o plasma de corrente média (*melt-in*) (15 a 200A) e o plasma *Keyhole* (a partir de 100A).

Sobre à versatilidade do processo, é importante salientar que os modos de operação citados anteriormente são interessantes do ponto de vista científico-tecnológico, uma vez que os requisitos de fabricação e reparos estão cada vez mais rígidos. Além disso, destaca-se também a capacidade do PAW de ser aplicado com diferentes materiais de adição e diferentes métodos de inserção destes materiais, como a alimentação de arame e a alimentação por pó metálico, que podem ser empregados tanto em soldagem de união (Diaz, 2002) como em processo de revestimento metálico (Wladislav sudnik, 2011), essas características evidenciam ainda mais o seu potencial de aplicações no âmbito dos processos de soldagem a arco. Assim, é interessante também que novas técnicas de alimentação de materiais de adição sejam exploradas no processo PAW, como a técnica de alimentação dinâmica de arame, por exemplo. Esta técnica, inicialmente aplicada por Rudy (1982), e mais recentemente, abordada e caracterizada por Silva et al. (2019) no processo GTAW, se baseia em um movimento de avanço e recuo do arame em direção à poça de fusão, simulando o movimento manual de inserção de material de adição realizado pelo soldador. No entanto, na alimentação dinâmica, a frequência do movimento cíclico de avanço e recuo do arame até a poça de fusão, realizada por um sistema eletromecânico, é elevada, podendo atingir facilmente frequências de oscilação de 20Hz. Conforme, (Riffel, 2019) e (Silva, 2018a), isso acarreta na modificação da relação entre a velocidade de alimentação e a energia do arco, tornando o controle de deposição e a geometria do cordão mais uniforme. Além disso, essa técnica tem o foco de contribuir com o aumento de robustez da transferência metálica e produtividade do processo de maneira geral (Silva, 2018b).

Considerando o contexto onde o aperfeiçoamento das tecnologias empregadas nos procedimentos de soldagem é fundamental em um cenário industrial competitivo, o objetivo do presente trabalho é a caracterização e análise do processo PAW com alimentação de arame. O estudo tem como base tecnológica uma análise comparativa dos efeitos da alimentação contínua e dinâmica de arame no processo PAW, onde os principais aspectos das duas variantes de alimentação de arame foram caracterizados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo, chapas de aço carbono ASTM A36, com espessura de 9,5 mm, foram utilizadas para o desenvolvimento dos procedimentos de soldagem de deposição de cordões sobre chapa. As chapas foram seccionadas, com um comprimento de, aproximadamente, 200 mm. O gás inerte argônio, foi utilizado como gás de proteção e de plasma durante a soldagem. O arame de adição AWS A5.18 ER70S-6 de 1,2 mm de diâmetro foi utilizado como material de adição.

A tocha PAW foi integrada à uma fonte de soldagem IMC-Digiplus A7 e um cabeçote alimentador de arame especial (MAD - Módulo de Alimentação Dinâmica) que realiza, por meio de um mecanismo biela-manivela, o movimento oscilatório de avanço e recuo resultante na ponta do arame. A tocha foi manipulada por um manipulador cartesiano automático de três eixos. Além disso, um sistema portátil de aquisição de sinais elétricos (IMC-SAP.v4), com uma taxa de aquisição de 5 kHz, também foi utilizado com a finalidade de apoiar a análise das características de soldagem resultantes e a estabilidade do processo de soldagem (regularidade dos valores medidos), principalmente para analisar efeitos relacionados à alimentação dinâmica de arame e sua interação no conjunto arco/arame/poça de fusão. A corrente

e tensão de soldagem foram medidos de forma simultânea durante todo o procedimento de soldagem. Para verificar os efeitos da alimentação de material de forma criteriosa, foi necessário medir as variáveis elétricas entre o eletrodo e a peça e entre o eletrodo e o arame de adição. Ou seja, o sinal de tensão foi medido em dois canais diferentes, sendo que o potencial elétrico entre o eletrodo de tungstênio e o material de base foi denominado Tensão 1 e entre o eletrodo de tungstênio e o arame de adição, Tensão 2. Isso permitiu a identificação do modo da transferência metálica e as interações no circuito elétrico formado pelo conjunto arco/arame/poça, além do monitoramento dos parâmetros regulados na fonte de soldagem inerentes do processo PAW. Além disso, uma câmera de alta velocidade IDT-Motion Pro com taxa de aquisição de 1000 *fps* assistida por iluminação laser, foi usada para registrar a transferência metálica do material fundido em ambos os procedimentos.

Todos os experimentos foram conduzidos na posição plana (1G), onde a tocha foi deslocada com uma velocidade constante produzindo cordões de solda com 150mm de comprimento. Por se tratar de um estudo exploratório, os valores de corrente constante e a velocidade de alimentação do arame foram variados durante os testes, com o objetivo de determinar as melhores faixas de operação dentro de condições aceitáveis para ambos os procedimentos (contínuo e dinâmico). As amostras foram cortadas em posições medianas da peça soldada e foram então preparadas metalograficamente e finalmente submetidas a ataque químico com o reagente Nital 2% por imersão durante seis segundos. A Tabela 1 mostra as variáveis que permaneceram fixas durante os testes.

Tabela 1. Parâmetros fixos de soldagem.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
Distância entre o bico e a peça	6 mm
Diâmetro do orifício do bico	2.4 mm
Ângulo de afiação	40°
Diâmetro do eletrodo	4 mm
Especificação do eletrodo	AWS EWTh-2
Recuo do eletrodo	1.5 mm
Movimentação da tocha	Linear
Gás de proteção/Vazão	Argônio/15 l.min ⁻¹
Gás de plasma/Vazão	Argônio/1.0 l.min ⁻¹
Oscilação do arame (frequência)	10 Hz
Amplitude do movimento	7.5 mm

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os principais resultados comparativos entre a alimentação contínua e dinâmica de arame de adição com relação aos aspectos superficiais, macroscópicos e de interações entre arco/arame/poça. O monitoramento dos parâmetros de processo com um sistema de aquisição dedicado e sincronizado foi indispensável para a obtenção de dados qualitativos e quantitativos do procedimento. Sendo assim, foi encontrada e definida a parametrização de processo considerada ideal para o depósito do cordão de solda (Tab. 2) que servirá como base de estudo da transferência metálica com corrente constante. A condição de transferência metálica estudada e obtida foi considerada estável, mesmo em modo de transferência intermitente de gotas.

Tabela 2. Parâmetros estudados e variados durante o estudo do processo PAW. Os valores descritos nesta tabela foram considerados estáveis e apropriados para o procedimento descrito.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
Corrente de soldagem	90 A (Constante)
Velocidade de alimentação de arame	0,6 m.min ⁻¹
Velocidade de deslocamento da tocha	0,08m.min ⁻¹

3.1 Transferência metálica

3.1.2 Alimentação contínua de arame

Na figura 2 é mostrado o oscilograma do processo com alimentação contínua de arame, o qual está destacado a Tensão 1 (eletrodo e a peça) e em Tensão 2 (eletrodo e o arame). Além disso a (Fig. 2) também ilustra três quadros da filmagem em alta velocidade, que possuem o papel de auxiliar no entendimento da transferência metálica durante o procedimento realizado com alimentação contínua de arame e corrente constante. O quadro (a) refere-se ao momento

onde não existe contato entre o eletrodo e o arame. O quadro (b) foi selecionando no instante iminente ao destacamento da gota metálica. E finalmente, o quadro (c) evidencia o contato entre o arame e a poça de fusão. Nesse caso, o modo como o material de adição é transferido à poça de fusão, é denominado transferência metálica intermitente ou interrompida, tendo a tensão superficial do material fundido em alta temperatura como força atuante predominante. Esse tipo de transferência metálica se traduz como uma consequência, sobretudo, de quando há uma discrepância na relação entre a potência de arco disponível (Tensão x Corrente) sobre a velocidade de alimentação de arame (DELGADO, 2000). No caso ilustrado (Fig. 2), pode-se assumir que a parcela da potência de arco era demasiada para a velocidade de arame aplicada, fundindo as gotas antecipadamente e rompendo o contato de material fundido entre o arame e a poça de fusão.

Por meio da aquisição dos sinais elétricos, é possível perceber que as variações da Tensão 2 (eletrodo/arame) não possui um comportamento periódico padrão. Sendo assim, a irregularidade do sinal representa alguma consequência na transferência metálica, ou seja, o pico de tensão é um indicativo de que houve o rompimento da ponte metálica concebida entre o arame e a poça de fusão, caracterizando assim o esse tipo de transferência metálica. A transferência intermitente, acontece em casos onde a velocidade de alimentação de arame geralmente é baixa e pode ser utilizada muitas vezes sem comprometer o procedimento de soldagem. No entanto, em algumas posições de soldagem como vertical (3F) ou sobre cabeça (4G), a transferência de metal fundido de forma intermitente deve ser evitada, pois pode comprometer o processo, principalmente devido a força da gravidade agindo sobre a gota, o que pode gerar contaminação do eletrodo de tungstênio, por exemplo.

Contudo, apesar do procedimento de soldagem com alimentação contínua de arame não ter apresentado regularidade periódica no sinal de Tensão 2, proporcionando um comportamento aleatório entre os períodos de destacamento de gotas, foi obtido um cordão de solda sem discontinuidades superficiais além de ter-se obtido um procedimento satisfatório em termos de processo de soldagem.

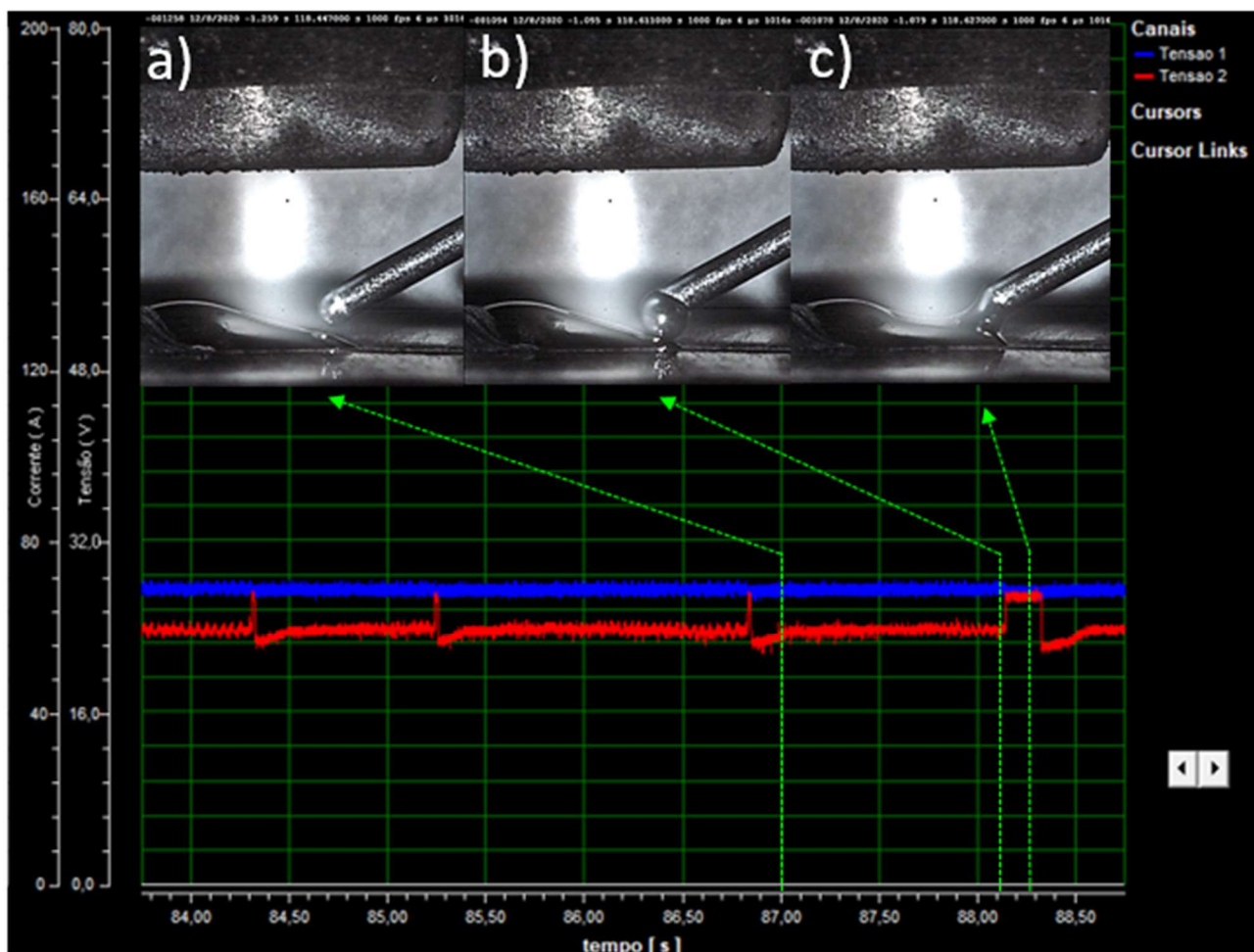


Figura 2. Sinais de Tensão 1 e 2 do processo PAW com alimentação contínua de arame, sincronizados com quadros de filmagem em alta velocidade. Corrente constante regulada: 90A. Fonte: Autor.

3.1.3 Alimentação dinâmica de arame

Na figura 3 é mostrado o oscilograma do processo com alimentação dinâmica de arame, o qual está destacado a Tensão 1 (eletrodo e a peça) e em Tensão 2 (eletrodo e o arame). Mesmo utilizando uma fonte com controle de corrente, onde somente a tensão é a variável que sofre alteração, foi plotado no oscilograma (fig. 3) o sinal de corrente de soldagem, utilizado para verificar se a vibração do arame, de alguma forma, alterava o comportamento da corrente. Este fato não foi evidenciado, conforme pode ser verificado no sinal contínuo da corrente. Nos quadros da filmagem em alta velocidade, foram plotadas setas para representar o sentido de movimentação do arame (avanço e recuo). Além disso, o comportamento dos sinais elétricos também é evidenciado. O quadro (a) mostra o início do avanço do arame para frente. É possível perceber que o valor da Tensão 2, neste momento, tende a um valor muito baixo, da ordem de 1 à 2V. Isso quer dizer que o arame ainda não está inserido na região do arco elétrico. O quadro (b) mostra o avanço intermediário do arame no sentido do arco e da poça de fusão, evidenciando o reduzido tamanho da gota fundida em comparação com a alimentação contínua. Nesse instante, também percebe-se um abrupto aumento no valor do sinal da Tensão 2. Isso significa que neste instante o arame começa a fazer parte do circuito gerado entre o sistema eletrodo/arco e peça. O quadro (c) evidencia o toque do arame na poça, transferindo o metal de adição à poça de fusão. Finalmente os quadros (d) e (e) mostram o retorno do arame no sentido contrário à poça de fusão, seguido pelo comportamento elétrico dos sinais de tensão de forma muito semelhante ao quadro (a). Por meio da interpretação dos sinais elétricos, é possível relacionar também que o movimento para trás do arame é representado pela diminuição da Tensão 2 enquanto o movimento para a frente pelo seu aumento. Também fica evidente, a partir dos quadros sincronizados com os sinais elétricos do processo que, quando o arame avança e toca na poça de fusão, ambos estão no mesmo potencial elétrico, assim como na alimentação contínua. Isso é mostrado na leitura dos sinais das Tensões 1 e 2, onde ambos apresentam valores muito aproximados, de 27,1V e 26,7 respectivamente. Neste caso, o comportamento do sinal da Tensão 2 (arame/eletrodo) apresentou um comportamento periódico padrão durante todo o procedimento. Assim, considerando o comportamento da tensão como um indicativo de regularidade do processo de soldagem, este fato denota maior estabilidade do procedimento de utilizando alimentação dinâmica de arame. Na tabela 3 os valores médios dos sinais medidos são apresentados.

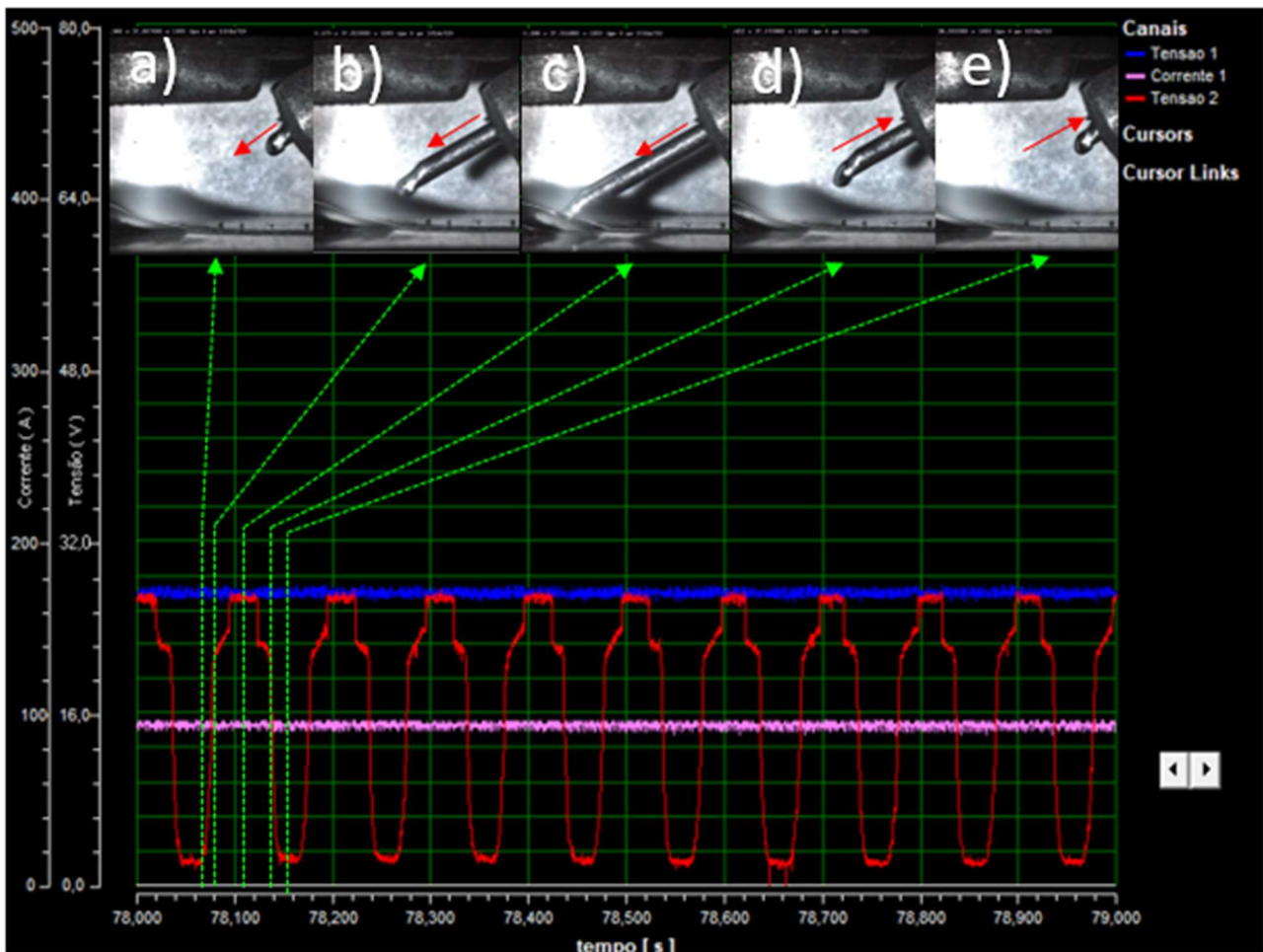


Figura 3. Sinais de corrente, Tensão 1 e 2 do processo PAW com alimentação dinâmica de arame sincronizados com quadros de filmagem em alta velocidade. Corrente constante regulada: 90A. Fonte: Autor.

Tabela 3. Valores médios obtidos com o sistema de aquisição de sinais.

<i>Parâmetros</i>	<i>Valores</i>
Corrente	93 A (Constante)
Tensão 1 (eletrodo/peça)	27,2V
Tensão 2 (eletrodo/arame)	16,2V
Potência do arco	2541W

3.2 Aspectos superficiais e macrográficos

A Figura 4 mostra os dois cordões de solda fabricados com os parâmetros das Tabelas 2 com alimentação de arame contínua (Fig. 4-a) e dinâmica (Fig. 4-b). Apesar de serem fabricados por meio de transferência metálica intermitente, onde a transferência das gotas fundidas apresentou forte dependência de aspectos metalúrgicos como tensão superficial da poça de fusão, os dois cordões de solda são considerados adequados quanto a sua morfologia sem apresentar alguma descontinuidade superficial. Além disso, foram realizadas as macrografias das amostras testadas para efetuar a medição das áreas de reforço e zona fundida para o cálculo de diluição da solda. A diluição, que consiste no percentual de material de adição diluído no material de base, apresentou um valor de 21,28% para a amostra com alimentação dinâmica e 35,59% para a amostra com alimentação contínua.



Figura 4. Aspecto superficial dos cordões de solda fabricados com (a) com alimentação dinâmica de arame e (b) com alimentação contínua de arame. Fonte: Autor.

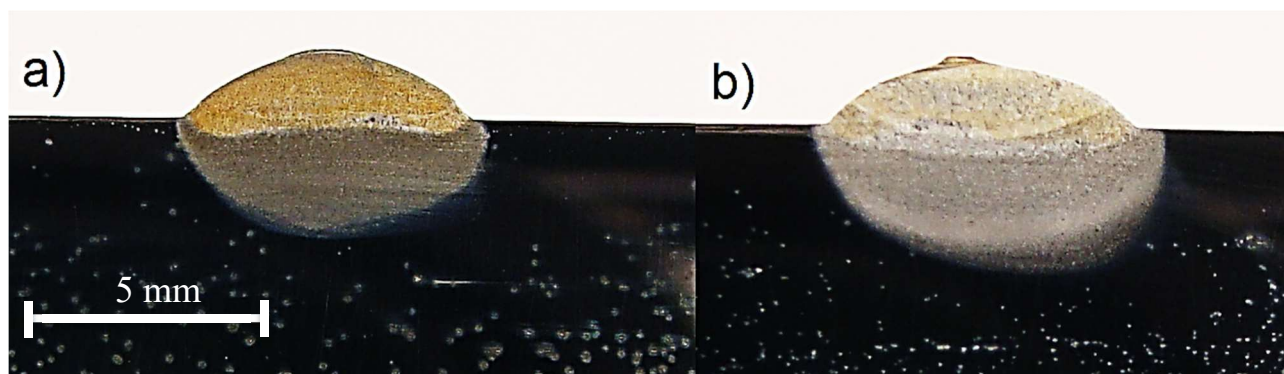


Figura 5. Macrografia dos cordões de solda fabricados com (a) alimentação dinâmica de arame e (b) alimentação contínua de arame.

3. CONCLUSÃO

Foram caracterizados alguns aspectos relacionados à aplicação da alimentação dinâmica no processo PAW. A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, é possível concluir que:

- A estratégia de medir a tensão em dois potenciais separados entre eletrodo/arame e eletrodo/peça se mostrou capaz de verificar a interação do conjunto arco/arame/peça e verificar o tipo de transferência metálica;
- A alimentação dinâmica proporciona a formação de gotas de menor volume, comparada à alimentação contínua de arame, para uma potência de arco semelhante;
- A alimentação dinâmica é uma estratégia viável para melhorar a robustez da transferência metálica, quando se utiliza velocidade de alimentação de arame relativamente baixa (abaixo de $1\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$ por exemplo);
- Embora tenham sido realizadas um baixo número de testes de soldagem, o uso da alimentação dinâmica sugere menores níveis de diluição em comparação com alimentação contínua para potências similares;
- A alimentação dinâmica, poderia ser empregada em posições fora da posição plana sem complicações para o procedimento de soldagem. A movimentação do arame faz com que a transferência metálica seja mais uniforme, estabilizando a poça de fusão e diminuindo assim os defeitos oriundos do escorrimento do material de adição.

4. REFERÊNCIAS

- BARRAGAS GASES E FERRAMENTAS. Processo de Solda Plasma. Disponível em: <https://blogbarragas.wordpress.com/2016/06/02/processo-de-solda-plasma/>. Acesso em: 05 mar. 2021
- DELGADO, Luiz Carlos et al. Estudo e desenvolvimento do processo TIG com alimentação automática de arame. 2000.
- DIAZ, Victor Manuel Vergara ; GOHR JUNIOR, Raul ; DUTRA, J. C. . Estudio del Proceso Plasma con Alimentación Automática de Alambre.. Innovación (Antofagasta), Antofagasta - Chile, n. jun/2002, p. 7-12, 2002
- EROGLU, Mehmet. Boride Coatings on Steel Using Shielded Metal Arc Welding Electrode: Microstructure and Hardness. Surface and Coatings Technology, vol. 203, no 16, maio de 2009, p. 2229–35. DOI.org (Crossref), doi: 10.1016/j.surfcoat.2009.02.010.
- LANCASTER, J.F. The physics of welding. Physics In Technology, [S.L.], v. 15, n. 2, p. 73-79, mar. 1984. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/0305-4624/15/2/i05>.
- LIU, Zu Ming; CUI, Shuanglin; LUO, Zhen; ZHANG, Changzhen; WANG, Zhengming; ZHANG, Yuchen. Plasma arc welding: process variants and its recent developments of sensing, controlling and modeling. Journal Of Manufacturing Processes, [S.L.], v. 23, p. 315-327, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmapro.2016.04.004>. apud S.P. Filipski Plasma arc welding Weld J, 43 (11) (1964), pp. 937-943
- MAWSON, M. Plasma welding and cutting in the fabrication industry. Welding and Metal Fabrication, n. 8-9, 1998.
- MENDEZ, Patricio F.; EAGAR, Thomas W.. Welding Processes of Aeronautc. Advanced Materials & Processes, Cambridge, p. 39-43, 01 maio 2001.
- PAULA JÚNIOR, Óder Silva de. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA SOLDAGEM PLASMA PELA TÉCNICA KEYHOLE. 1997. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina - Ufsc, Florianópolis, 1997.
- REIS, Ruham Pablo; SCOTTI, Américo. Fundamentos e práticas da soldagem a plasma. São Paulo: Artliber Editora, 2007. 147 p
- RIFFEL, Kauê Correa; SILVA, Régis Henrique Gonçalves e; OKUYAMA, Marcelo Pompermaier; DALPIAZ, Giovani. Effect of dynamic wire in the GTAW process. Journal Of Materials Processing Technology, [S.L.], v. 285, p. 91-101, jul. 2019. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2019.01.033>
- RUDY, J. F. Development and Application of Dabber Gas Tungsten Arc Welding for Repair of Aircraft Engine, Seal Teeth. Volume 2: Aircraft Engine; Marine; Microturbines and Small Turbomachinery, American Society of Mechanical Engineers, 1982, p. V002T02A005. DOI.org (Crossref), doi:10.1115/82-GT-55.
- SAHOO, A.; TRIPATHY, S. Development in plasma arc welding process: a review. Materials Today: Proceedings, [S.L.], p. 1-6, out. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.562>. apud Metals handbook Welding, Brazing, Soldering, American Society for Metals, décima edição, volume 6, USA, 1993.
- SILVA, Régis Henrique Gonçalves et al. Effect of dynamic wire in the GTAW process. Journal of Materials Processing Technology, v. 269, p. 91-101, 2019.
- SILVA, Régis Henrique Gonçalves e; PAES, Luiz Eduardo dos Santos; OKUYAMA, Marcelo Pompermaier. et al. TIG Welding Process with Dynamic Feeding: A Characterization Approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 96, no 9–12, junho de 2018, p. 4467–75. DOI.org (Crossref), doi:10.1007/s00170-018-1929-6

- SILVA, Regis Henrique Gonçalves e, et al. "Contributions of the High Frequency Dynamic Wire Feeding in the GTAW Process for Increased Robustness". Soldagem & Inspeção, vol. 24, 2019, p. e2430. DOI.org (Crossref), doi:10.1590/0104-9224/si24.30.
- TWI. The Welding Institute. Plasma Arc Welding. Disponível em: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/plasma-arc-welding-007>, acesso em: 05 de maio, 2020.
- WELDING HANDBOOK COMMITTEE (United States). WELDING SCIENCE AND TECHNOLOGY. 9. ed. Miami: American Welding Society, 2001. 985 p.
- WLADISLAV SUDNIK (ed.). Arc Welding. Rijeka: Intechopen, 2011. 321 p.
- XINHONG, Wang, et al. Microstructure and Wear Properties of in Situ TiC/FeCrBSi Composite Coating Prepared by Gas Tungsten Arc Welding. Wear, vol. 260, no 7–8, abril de 2006, p. 705–10. DOI.org (Crossref), doi:10.1016/j.wear.2005.03.018.

5. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

CHARACTERIZATION AND ANALYSIS OF PLASMA WELDING WITH DYNAMIC WIRE FEEDING

Alisson Fernandes da Rosa¹

Victor Igor Barbare Lemos²

Felipe Batista³

Regis Henrique Gonçalves E. Silva⁴

^{1,2,3,4} Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

¹alisson.fernandes@posgrad.ufsc.br

²victor.berbare@gmail.com

³felipe.wittbatista29@gmail.com

⁴regis.silva@ufsc.br

Abstract. PAW (Plasma Arc Welding) is a versatile welding process using a non-consumable tungsten electrode that can be applied at different energy levels, and also with or without filler material. It is also common in arc welding processes for the filler material to be fed continuously into the weld pool. However, an innovative technique of wire feeding, which promotes a forward and backward movement of the filler material into the weld pool, named dynamic feeding, is not widely spread in the technical literature but may offer some advantage to welding procedures. In this context, the present work has as main objective, to study and to characterize the dynamic wire feeding technique applied in the PAW process with the intention to verify, mainly, the characteristics of the metal transfer in comparison with the continuous wire feeding. Thus, the two wire feeding techniques (continuous and dynamic) were applied in the PAW process. Monitoring equipment of the welding electrical signals synchronized with advanced high speed videography techniques were used to highlight the effects referring to metal transfer, dynamics of the welding wire in the weld pool and general interactions related to the arc/wire/weld pool assembly. The experiments highlighted the main limitations and advantages of the PAW process with dynamic feeding and showed that this technique has advantages over continuous feeding, especially related to metal transfer at low levels of wire speed, i.e., below 1 m.min⁻¹.

Keywords: Dynamic Feed; Wire insertion; PAW; Metal Transfer.

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.