

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

INFLUÊNCIA DA CORRENTE ELÉTRICA EM REVESTIMENTO E AÇO INOXIDÁVEL SUPER AUSTENÍTICO POR MEIO DO PROCESSO GTAW

Emanuel Augusto Cardozo Pereira¹

Fabio de Oliveira Carvalho²

Eli Jorge da Cruz Junior³

Introdução

A soldagem GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), mais conhecida como TIG (Tungsten Inert Gas), é um método de soldagem a arco que utiliza um eletrodo de tungstênio não consumível para produzir a solda. O arco é responsável pela fusão do metal base e, quando necessário, um metal de enchimento é incorporado para formar a junção de solda. Para proteger todo o processo de contaminação atmosférica, um gás inerte, geralmente argônio ou hélio, é usado para circundar o eletrodo e a poça de fusão [1]. Este processo é usado nas indústrias aeronáutica e aeroespacial, automotiva, médica, de alimentos e bebidas, construção naval e artesanato e joalheria, em diferentes aplicações. As vantagens do seu uso estão: na alta qualidade da solda, na sua limpeza e na ausência de imperfeições e respingos; na versatilidade, podendo soldar materiais como: aço inoxidável, alumínio, magnésio, cobre, titânio e outros metais não ferrosos; na precisão da solda no controle da entrada de calor e na adição de material; na ausência de contaminação com a atmosfera em função da utilização do gás inerte ao redor do processo [1]. Algumas fontes citam a minimização de respingos e melhor acabamento de cordão de solda [2]. No entanto, tem a desvantagem de ser um processo lento e de depositar uma pequena quantidade de metal, quando comparado a outros processos de soldagem [2]. Apresenta-se na Figura 1 o esquema elétrico interno da inversora GTAW:



Figura 1: Esquema de trabalho da inversora GTAW.

No processo de soldagem GTAW o controle da corrente elétrica é um aspecto crucial que influencia diretamente a qualidade e a precisão da solda [3]. Descreve-se a seguir alguns aspectos importantes desse parâmetro: controle e estabilidade do arco, pois quando o arco obtido possui estabilidade, obtém-se uma penetração uniforme do revestimento; controle da entrada de calor, pois isso se torna importante ao trabalhar com materiais finos ou metais sensíveis ao calor, visto que o calor excessivo pode causar empenamento, distorção ou até mesmo perfuração; controle da fluidez da poça de fusão, limitando o escoamento e garantindo a aderência; controle de corrente evita o sobreaquecimento do eletrodo de

¹Aluno do ensino médio integrado a Eletromecânica do IFSP Itapetininga. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1761-6125>. Email: a.emmanuelcp@hotmail.com

² Doutor. Professor do IFSP Itapetininga. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9680-3403>. Email: fabiocarvalho@ifsp.edu.br.

³ Doutor. Professor do IFSP Itapetininga. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-3532>. Email: dacruz.eli@ifsp.edu.br.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

tungstênio, garantido a durabilidade do equipamento [4]. O *cladding* é um método de revestimento que consiste na aplicação de uma camada de material sobre a superfície de um substrato. O objetivo dessa técnica é aprimorar características como resistência à corrosão e ao desgaste, além de conferir outras propriedades desejáveis, sem afetar a integridade do metal-base. Este processo é amplamente adotado em indústrias que também fazem uso da soldagem GTAW [5]. Diversos estudos foram conduzidos com o objetivo de aprimorar a desempenho desta técnica, explorando a variação do valor da corrente elétrica aplicada e o tempo de processamento da solda [2]-[3]-[6]. Nesses casos, um dispositivo de aquisição de dados foi integrado ao experimento para facilitar o trabalho. O controle da corrente elétrica surge como um fator crucial, dada sua influência direta na qualidade e precisão da solda [7]. Alguns aspectos deste parâmetro são especialmente importantes: controle e estabilidade do arco, já que um arco estável resulta em uma penetração uniforme do revestimento; controle da entrada de calor, que é fundamental ao lidar com materiais finos ou metais sensíveis ao calor, uma vez que o calor excessivo pode causar deformações, distorções ou até perfurações; controle da fluidez da poça de fusão, restringindo o escoamento e assegurando a aderência; e o controle de corrente, que evita o superaquecimento do eletrodo de tungstênio, garantindo a longevidade do equipamento [4]. Este projeto consiste em um estudo mais detalhado dos parâmetros de soldagem como temperatura de aquecimento do metal-base, velocidade de recobrimento e temperatura de aquecimento do metal de adição, com o objetivo de aperfeiçoar as propriedades mecânicas do material processado, possibilitando uma ampliação do uso desta técnica. No entanto, não está previsto neste projeto um sistema de aquisição de dados elétricos que registre os valores das grandezas elétricas, como a corrente elétrica, para que estes parâmetros possam ser obtidos com precisão.

Objetivo

Avaliar a relação entre corrente elétrica e as características encontradas no processo de soldagem pelo método GTAW, com foco na busca por condições ideais de operação que envolvem a máquina, o substrato e o material de recobrimento. A corrente elétrica, sendo o principal fator responsável pela geração de calor no arco de solda, influencia diretamente aspectos como profundidade de penetração, adesão entre materiais e no recobrimento. Por meio da análise desses parâmetros, pretende-se estabelecer um controle mais preciso da parte elétrica, otimizando o processo de *cladding* para alcançar melhores resultados. Além disso, busca-se correlacionar os dados obtidos com as características físico-químicas e mecânicas dos materiais processados, com foco na relação entre a corrente elétrica e a profundidade de penetração da solda.

Metodologia

Os estudos foram realizados no laboratório de soldas especiais, utilizando uma mesa de deslocamento em dois eixos, responsável pelo movimento preciso da tocha de solda. Essa mesa é controlada por um Arduino, que executa comandos programados em códigos CNC, garantindo repetibilidade e controle do processo. A fonte de soldagem utilizada foi uma inversora GTAW, ajustada para operar com corrente próxima a 160 A, ideal para o recobrimento (*cladding*) com fio de aço austenítico sobre substrato de aço carbono. Para monitoramento da corrente elétrica, foi instalado um resistor de medição (75 mV / 200 A), permitindo aferições mais precisas.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Câmpus Itapetininga

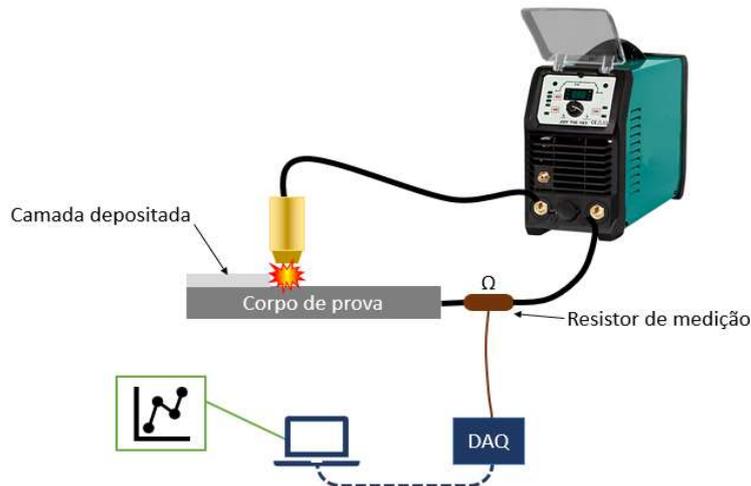


Figura 2: Aparato experimental.

Os dados obtidos foram analisados por meio de um osciloscópio, que captou os sinais elétricos durante o processo, possibilitando observar variações e conferir se os parâmetros definidos estavam sendo mantidos ao longo da soldagem. Após a soldagem, os corpos de prova foram submetidos a análises físico-químicas e mecânicas, com o objetivo de correlacionar os parâmetros elétricos com as propriedades resultantes do material processado.

Resultados

Em observação dos resultados obtidos, é perceptível a influência e a relação entre corrente elétrica e a profundidade da solda no processo GTAW. À medida que os valores de corrente aumentam, há maior geração de calor no arco elétrico, o que favorece uma penetração mais profunda do fio de aço austenítico no substrato de aço carbono. Essa maior profundidade de fusão contribui para uma melhor aderência entre os materiais, desde que a corrente seja mantida dentro de uma faixa de equilíbrio. Correntes muito elevadas podem gerar sobrepenetração e alterar a microestrutura do substrato, enquanto correntes baixas resultam em recobrimentos superficiais e com baixa fixação. Portanto, controlar adequadamente a corrente é essencial para garantir profundidade ideal e qualidade no recobrimento por *cladding*.



Figura 3: Resultados obtidos.

XI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFSP ITAPETININGA

Itapetininga, 27, 28 e 29 de maio de 2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Campus Itapetininga

Os corpos de prova analisados apresentaram variações nas propriedades mecânicas e físico-químicas, de acordo com os perfis de corrente registrados. Os resultados sugerem que o controle preciso da corrente elétrica pode contribuir significativamente para a estabilidade do processo e para a qualidade do recobrimento.

Conclusão

A partir dos estudos realizados, foi possível comprovar a influência direta da corrente elétrica nas características obtidas durante o processo de soldagem GTAW, especialmente no cladding de aço carbono com fio de aço austenítico. A análise dos dados obtidos por meio do uso da mesa automatizada, integrada ao Arduino e ao sistema de medição com resistor e osciloscópio, permitiu identificar uma relação clara entre o controle da corrente elétrica e a qualidade da solda, evidenciada pela profundidade e uniformidade do recobrimento. Os resultados evidenciam a influência direta dessa variável sobre a profundidade de penetração e as propriedades mecânicas do revestimento. Dessa forma, conclui-se que o ajuste adequado da corrente elétrica é fundamental para garantir a eficiência do processo, a aderência entre os materiais e o desempenho físico-químico da solda, possibilitando a definição de condições ideais para aplicação industrial com maior confiabilidade e constância dos resultados. A análise dos dados reforça a importância do controle dos parâmetros elétricos no desempenho do processo de soldagem, garantindo melhores resultados em termos de qualidade e estabilidade.

Referências

- [1] Z. Hou et al., “Microstructure and Mechanical Performances of Stainless Steel Cladding by Twin-Electrode GTAW”, *Materials Transactions*, vol. 62, no 7, p. 995–1000, 2021, doi: 10.2320/matertrans.MT-M2021006.
- [2] S. Kanemaru, T. Sasaki, T. Sato, H. Mishima, S. Tashiro, e M. Tanaka, “Study for TIG–MIG hybrid welding process”, *Weld World*, vol. 58, no 1, p. 11–18, jan. 2014, doi: 10.1007/s40194-013-0090-y.
- [3] R. Casanueva, C. Brañas, F. J. Diaz, F. J. Azcondo, D. Ferreño, e J. Setien, “Characterization of an energy efficient pulsed current TIG welding process on AISI 316 and 304 stainless steels”, *Heliyon*, vol. 9, no 9, set. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19819.
- [4] Y. Wang, M. Chen, e C. Wu, “High-frequency pulse-modulated square wave AC TIG welding of AA6061-T6 aluminum alloy”, *Weld World*, vol. 64, no 10, p. 1749–1762, out. 2020, doi: 10.1007/s40194-020-00953-9.
- [5] M. Aslam e C. K. Sahoo, “Numerical and experimental investigation for the cladding of AISI 304 stainless steel on mild steel substrate using Gas Metal Arc Welding”, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 37, p. 378–387, maio 2022, doi: 10.1016/j.cirpj.2022.02.017.
- [6] T. R. Larquer, D. M. de Souza, e R. P. Reis, “Soldagem TIG com Oscilação Magnética Sincronizada”, *Soldag. insp.*, vol. 21, p. 363–378, set. 2016, doi: 10.1590/0104-9224/SI2103.11.
- [7] R. D. S. Krüger, “UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - UNIJUÍ”, 2020.