

Manufatura aditiva através do processo MIG/MAG com adição de aço inoxidável

Additive manufacturing through the MIG/MAG process with addition stainless steel

RESUMO

Arthur Soares Fernandes Ferreira
Arthur1501@live.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

Roger Navarro Verástegui
rogerverastegui@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil

A manufatura aditiva é um processo em que ocorre a deposição de camada por camada, até que obtenha o objeto desejado. A metodologia discutida, geralmente é utilizada com material de adição os polímeros. No trabalho, é abordado o mesmo princípio através do processo de soldagem MIG/MAG, utilizando como metal de adição aço inoxidável. Durante o procedimento estudado, será delineado as características atribuídas de acordo com as configurações utilizadas, examinando a geometria do cordão de solda e suas propriedades mecânicas. Utilizou-se do processo MAG com gás de proteção de Argônio com 2% de O₂, o material de base foi o aço SAE A36 e o arame ER 309 LSI – 1,2 mm. O objetivo do trabalho é realizar o empilhamento dos cordões de solda através do processo MIG/MAG utilizando aço inoxidável. Neste trabalho, são explanadas as escolhas dos parâmetros utilizados no processo e também discutido sobre a geometria do cordão de solda requisitado, no caso, a deposição de cordão sobre cordão.

PALAVRAS-CHAVE: Soldagem. Aço inoxidável. Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



The additive manufacturing is a process in which occurs the layer deposition by layer, until the desired object obtained. The methodology discussed is usually used with Polymer addition materials. At work, is the same principle through MIG/MAG process, using stainless steel as a addition metal. Where, during the studied procedure, it will be outlined the attribute features according with the used configuration, examining the geometry of the weld bead and mechanical properties. Use the MAG process with 2% O₂ Argon shielding gas, SAE A36 steel base material and ER 309 LSI wire – 1,2 mm. The objective of the work is to stack the weld beads through the MIG/MAG process using stainless steel. This work, is answered the choices of parameters utilized in the process and also discussed about the geometry of the weld bead required, in the case, layer by layer.

KEYWORDS: Welding. Stainless steel. Mechanical properties.

INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva é um processo de fabricação, em que o material de adição escolhido confecciona a peça em camadas, até que obtenha o formato desejado. Este procedimento se diferencia dos métodos convencionais de usinagem, onde os mesmos tem por finalidade subtrair material até a geometria requisitada, aumento custo de material com o desperdício durante o processo (BUSASHI et al., 2015).

Inicialmente a manufatura aditiva utilizava como material de adição os polímeros, um exemplo é a estereolitografia, que utiliza resina líquida em seu processo. No decorrer do tempo, foram surgindo outros métodos que consistia uso de diferentes materiais na confecção de peças. O WAAM (*Wire Arc Additive Manufacturing*), utiliza metal como material de adição, e no decorrer do seu processo as camadas da peça produzida são formadas através de passes de cordões de solda (WONG; HERNANDEZ, 2012).

Neste artigo, o estudo está focado na execução do trabalho sobre o processo WAAM com a utilização de aço inoxidável na confecção de camadas. O objetivo do trabalho é realizar o empilhamento dos cordões de solda através do processo MIG/MAG utilizando aço inoxidável, sobre as variáveis escolhidas e a geometria necessária na formação de camadas desta metodologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Em primeiro momento, foi analisado os materiais e equipamentos utilizados neste trabalho. A análise dos mesmos se faz essencial, pois tem influência na escolha das variáveis utilizadas. Os materiais e equipamentos utilizados no experimento foi a máquina Digiplus A7, tartilope, arame ER 309 LSI – 1,2mm, chapa de aço SAE A36, gás 98%AR %2O₂, bancada de solda, máquina policorte, lixas (200, 300, 400 e 600), nital 5%, máquinas de ensaios mecânicos.

No decorrer seguinte, foi escolhido a metodologia utilizada para lidar com o experimento. Foi utilizado o OFAT e Box-Behnken. O OFAT (*One Factor At A Time*), que significa um fator de cada vez, neste método um parâmetro escolhido varia naturalmente no momento, enquanto os outros parâmetros se comportam como constantes. Utilizado para estabelecer limites na faixa das variáveis para a realização da otimização.

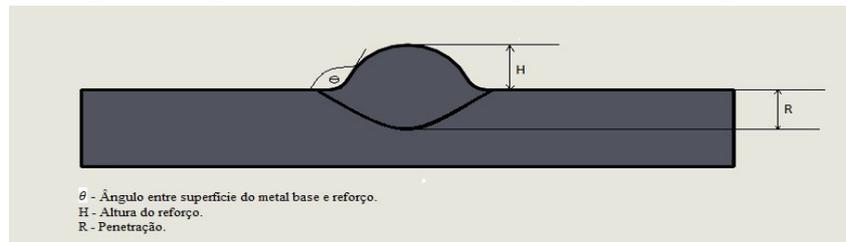
No Box-Behnken, é necessário eleger três variáveis para proceder com sua metodologia de experimento.

Necessitando de três parâmetros a serem escolhidos, como abordado acima, a análise da máquina se fez necessária. Pois as variáveis foram escolhidas por apresentarem maior simplicidade em relação a controle do experimento, e também por demonstrarem grande influência na geometria do cordão de solda. As variáveis escolhidas foram corrente de soldagem, velocidade de soldagem e vazão do gás.

A corrente de soldagem é responsável pelo surgimento do arco elétrico, onde ocorre a fusão do metal de adição (aramé). A corrente tem influência na energia durante o processo de soldagem, pois quanto maior a energia, maior a penetração do cordão de solda no corpo de prova (GUEDES; FILHO, 2009). É desejado que o

cordão possua menor penetração no corpo de prova, pois a chapa de aço utilizada é apenas base para confecção de empilhamento, também desejável que o ângulo entre a superfície do corpo de prova e o reforço do cordão de solda, seja o mais próximo de um ângulo reto. O ângulo relatado é proporcional a geometria do cordão de solda para o empilhamento, o experimento com o ângulo informado, terá uma altura relativamente favorável ao processo, evitando maiores gastos em relação a material utilizado e também diminuirá defeitos nas camadas do objeto confeccionado. A figura ¹ abaixo mostra o ângulo requisitado.

Figura 1 – Ângulo entre superfície do corpo de prova e reforço



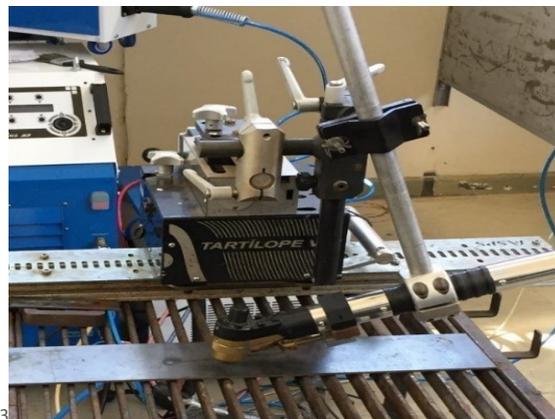
Fonte: Autoria própria (2020).

A faixa de corrente utilizada no experimento foi de 80 a 130 amperes.

No segundo parâmetro, velocidade de soldagem, é a velocidade de deposição de material para a confecção do cordão de solda em relação ao tempo. A velocidade de soldagem está diretamente ligada a quantidade de energia cedida à peça, quanto maior a velocidade, menor a quantidade de calor cedida por unidade de área (MENDES et al, 2016).

Para um controle efetivo de velocidade de soldagem, foi o utilizado um tartilope¹ no trabalho. A faixa de velocidade designada está entre 10 a 20 cm/min. A Figura 2 abaixo, mostra o equipamento utilizado no controle da velocidade, o tartilope.

Figura 2 – Tartilope



Fonte: Autoria própria (2020).

¹ Tartilope – Instrumento utilizado para o controle de velocidade da soldagem. A velocidade é automática na execução do experimento.

O terceiro parâmetro vazão do gás, é a quantidade de gás de proteção utilizado na solda por tempo. Geralmente essa quantidade tem sua unidade em L/min.

Uma das suas utilidades é proteger a solda evitando qualquer tipo de descontinuidade no cordão, expulsando o ar, agente contaminante da solda.

O gás de proteção utilizado no processo MIG/MAG afeta não somente as propriedades da solda, mas determina o formato do cordão de solda (FILHO; BÁLSAMO; FERRARESI, 2007).

No cilindro, possui um manômetro, onde é regulado a vazão de gás desejada na deposição do processo. Por afetar na geometria do cordão e suas propriedades e também por ter um bom controle no manuseio da vazão, foi utilizado também como variável. A faixa de vazão ficou entre 15 a 25 L/min. Na figura 3 abaixo, mostra o gás utilizado no trabalho.

Figura 3 – Gás de proteção

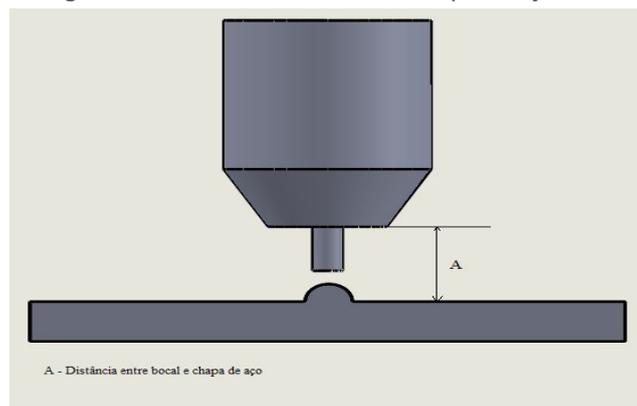


Fonte: Autoria própria (2020).

Outro ponto a ser considerado é a distância entre o bocal e a chapa de aço, é muito importante na formação do cordão de solda. Pois se a altura estiver acima do ideal na formação do cordão, o gás de proteção não terá uma ação efetiva na proteção do arco de soldagem, e conseqüentemente surgirá descontinuidades no cordão de solda.

Esta distância permanece constante neste trabalho, definida com o valor de 12 mm de altura. A figura 4 representa a distância relatada no experimento.

Figura 4 – Distância entre bocal e chapa de aço



A - Distância entre bocal e chapa de aço

Fonte: Autoria Própria (2020).

Após a confecção dos cordões, de acordo com a utilização do OFAT, é feito corte, lixamento e ataque químico no corpo de prova. O motivo de preparação do corpo de prova é destacar a ZTA (Zona Termicamente Afetada), onde é possível visualizar a penetração da solda na chapa, deixando visível a olho nu e também para observar se a geometria do cordão de solda está de acordo com o esperado.

O corte na máquina de policorte, é uma secção no corpo de prova para observar as características atribuídas no processo anterior.

Após cortado, a chapa é passada por um processo de lixamento, na qual passa por lixas de 200, 300, 400 e 600 de granulação.

Seguindo o procedimento, é feito o ataque químico com nital 5% no corpo de prova, tornando possível visualizar se a ZTA está conforme o desejado e dar continuidade ao experimento.

Na medição da geometria desejada, é analisado os valores das variáveis junto com a geometria. Aqui pode ser delimitado uma nova faixa para as variáveis do experimento, com o intuito de uma geometria e penetração adequada para o empilhamento de cordões.

O DOE (Desing Of Experiment), é um modelo sistemático para proceder com o experimento, dentre os modelos existentes do DOE, foi elegido o BOX Behnken.

Com a faixa de variáveis limitadas de acordo com a geometria medida, utiliza o Box-Behnken, pois ele é responsável por dar a ordem e quantidade de cordões de solda necessários de acordo com a nova faixa de valores das variáveis estabelecidas.

Feito isso, o corpo de prova é submetido novamente ao mesmo processo de preparação citado anteriormente. Se faz necessária uma nova análise, é observado a melhoria na geometria do cordão e solda e penetração.

Atingindo a geometria cogitada do cordão de solda, agora é possível fazer o empilhamento de cordões conforme a ideia que o trabalho aborda. O empilhamento do cordão de solda é realizado conforme os valores estabelecidos na análise do corpo de prova, e também respeitando a distância entre tocha e cordão de solda, que é 12mm.

Feito os empilhamentos nos corpos de prova, o mesmo é passado por alguns ensaios mecânicos. A análise micrográfica é realizada observando se o empilhamento feito não perdeu as propriedades essenciais do metal de adição, em nosso caso, o aço inoxidável. Também é realizado o ensaio de dureza, medindo a dureza do material do empilhamento confeccionado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de determinado a metodologia e as variáveis do experimento, ajustado os valores conforme as faixas predeterminadas.

Em razão do OFAT, a variável permanecida constante foi a vazão do gás a 25 L/min. A seguir, na tabela 1 abaixo, mostra os valores utilizados das faixas das variáveis em 9 corpos de provas.

Tabela 1 – Confeção do cordão de solda pelo OFAT

Corrente (A)	Velocidade (cm/min)
130	20
120	20
110	20
100	20
90	20
80	20
120	15
100	15
120	10

Fonte: Autoria própria (2020).

Utilizado de acordo com a tabela 1, pode ser observado distorções em todos os corpos de prova. As distorções ocorridas, inviabiliza a continuação com os mesmos.

O principal motivo do empenamento da chapa foi não ter um prensa chapa adequado para que evitar que a mesma sofra distorções.

Para extinguir o problema é necessário a solicitação ou produção de um prensa chapa conforme as necessidades de trabalho que o experimento exige.

Decorrente da situação, foi analisado a causa em que está comprometendo o corpo de prova. Possivelmente a bancada de soldagem não está nas conformidades para o experimento. Será realizado melhorias, afim de que seja viável dar continuidade ao trabalho em andamento.

CONCLUSÃO

Com os resultados e discussão do trabalho, pode-se concluir que:

- As chapas soldadas sem um prensa chapas adequado empenou as peças.
- Para realização do experimento, há necessidade de desenvolver um prensa chapas para evitar o empenamento das chapas.

Mediante a situação atípica que o país se encontra, as atividades do trabalho foram postergadas. Quando feito o retorno presencial das atividades na universidade, será retomado a execução do experimento abordado.

REFERÊNCIAS

BUSASHI, A.; ERKOYUNCU, J.; COLEGROVE, P.; MARTINA, F.; DING, J. Designing a WAAM Based Manufacturing System for Defence Applications. **CIRP**, v. 37, p. 48-53, 2015. Disponível em:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2212827115009397?token=1076361BB6F5ACC65DCC2CB7F634F65B506048D3833844020109AD57CAD9723A0AE8541554C94CE883BF21FB9B76772F>. Acesso em: 30/08/2020.

WONG, K.V., HERNANDEZ, A. A Review of Additive Manufacturing. **International Scholarly Research Notices**, Vol. 2012, Article ID 208760, 10 pages, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5402/2012/208760>. Acesso em: 30/08/2020

GUEDES, R. P.; FILHO, S. L. U. **Influência da corrente de soldagem nas propriedades de juntas de aço de alta resistência e baixa liga soldadas com eletrodo revestido**. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação

em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5108> . Acesso em: 30/08/2020.

MENDES, C. E.; MELO, L. G. T. C.; FERREIRA, R. A. S.; BARROS, P. S.; ROLIM, T. L.; YADAVA, Y. P. Estudo da influência da Velocidade de Soldagem na Tensão Residual de Juntas Soldadas pelo Processo GMAW. **METALLUM**, 2016. Disponível em: <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/319-043.pdf>. Acesso em: 30/08/2020.

FILHO, D. F.; BÁLSAMO, P. S. S.; FERRARESI, V. A. Influência do tipo de gás de proteção da soldagem MIG/MAG na qualidade do cordão de aço inoxidável. **GRIMA UFSC**, 2007. Disponível em: <http://www.grima.ufsc.br/cobef4/files/021008077.pdf>. Acesso em: 30/08/2020.