

A INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO DA SOLDAGEM MIG NA PROFUNDIDADE E DILUIÇÃO DO AÇO SAE 1045.

Edilon de Oliveira França
Rener Washington Mariano dos Santos
Everton Alves Cabral de Lara
Fabio de Oliveira José
Jose Rubens de Camargo
Maria Silvia Almeida de Souza França

Fatec Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba, Rod. Ver. Abel Fabrício Dias, 4010 - Agua preta, Pindamonhangaba - SP, 12445-010-SP, Brasil, edilon.franca@fatec.sp.gov.br, rener.santos@fatec.sp.gov.br, everton.lara@fatec.sp.gov.br, fabio.jose@fatec.sp.gov.br, jose.camargo7@fatec.sp.gov.br, maria.franca4@fatec.sp.gov.br

Resumo

Este trabalho teve o objetivo de estudar a influência do aporte térmico na profundidade de penetração e na diluição do aço SAE1045 foram utilizadas duas chapas de iguais dimensões identificadas como CP1 e CP2, utilizou-se o processo de soldagem MIG, método empurrando com ângulo da tocha de 20° e *stickout* de 10mm. As diferenças de aporte térmico calculadas para cada condição foram CP1 1,17kJ/mm e CP2 1,06KJ/mm. Na sequência, as chapas foram cortadas ao meio, e retirado uma amostra medindo 10mm de largura cada, com a finalidade de realizar o ensaio de macrografia e micrografia da solda. Quanto a penetração, foi possível observar uma pequena diferença entre as amostras. Entretanto, na diluição o apresentou o valor de CP1 48% e o CP2 43%, ficando as duas dentro dos valores que, para aços de baixo teor de carbono é de 50% de diluição. Quanto ao aporte térmico, a diferença foi de 10%. Conclui-se que a diferença do aporte térmico não foi suficiente para modificar as estruturas e a medida de penetração, mas influenciou no aumento da diluição.

Palavras-chave: Diluição. Macrografia. Micrografia. Metalurgia da Soldagem. Aporte térmico.

Área do Conhecimento: Engenharia/ Engenharia Mecânica

Introdução

O material mais instável das ligas metálicas é o aço. Produzido de diversas formas e variedades diversas. Para ser eficaz a uma ou mais aplicações. Esta variedade decorre da necessidade, adequações dos produtos às exigências do mercado que necessita de aplicações específicas, mudanças das propriedades mecânicas, composição química, ou até mesmo na forma final do material (GANDELMAN, 2017).

Embora a soldagem remonte à antiguidade, sua verdadeira evolução começou no início do século XIX, com a descoberta do arco elétrico por *Sir Humphry Davy* em 1801, que foi oficialmente apresentada em 1808 para a *Royal Society* em Londres. (MIGUEL; COELHO, 2022).

A soldagem desempenha um papel muito importante na metalurgia, permitindo a união eficiente e econômica de materiais metálicos. Entre as diversas técnicas de soldagem, destaca-se o processo MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) pela sua versatilidade e permitem a operação com vários modos de transferência metálica, como globular, spray e curto-circuito, destaca-se por alta produtividade, a possibilidade de robotização e muito utilizado em várias indústrias (MIGUEL; COELHO, 2022).

O processo GMAW, também conhecido como MIG/MAG, teve seus primeiros trabalhos realizados com gás ativo em peças de aço no início dos anos 30. A partir de 1951, passou a ser utilizado

na soldagem de aço carbono e é hoje um dos processos mais amplamente empregados em diversas indústrias. (SOARES; PEREIRA, 2022).

No contexto da soldagem do aço SAE 1045, é fundamental compreender a influência do aporte térmico na profundidade e diluição das juntas soldadas para garantir a qualidade e integridade das estruturas produzidas. O aporte térmico, que se refere à quantidade de calor fornecida durante o processo de soldagem, desempenha um papel crucial na formação da zona fundida e na região termicamente afetada do material base. No entanto, os efeitos específicos do aporte térmico na profundidade de penetração da solda e na diluição das ligas metálicas ainda necessitam de uma compreensão mais aprofundada, especialmente no caso do aço SAE 1045 (SOARES; PEREIRA, 2022).

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de soldagem da Fatec Pindamonhangaba, onde foi utilizado duas chapas de aço 1045 com as seguintes dimensões: 100 mm X 50 mm X 12,5 mm, a composição química foi fornecida pelo revendedor de Aço CONFER.

Nas duas condições testadas foram utilizados o processo de soldagem MIG, com o método empurrando, a máquina de soldagem MIG automática marca *Lincoln Electric modelo Power Wave S350*, com o gás de proteção Argônio Puro e com os parâmetros de soldagem que foram utilizados para cada técnica de soldagem estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 Parâmetros de Soldagem

PARÂMETOS	CP1	CP2
Voltagem [V]	30	30
Amperagem [A]	260	235
Velocidade do Arame [m/min]	8	6
Velocidade de Soldagem [cm/min]	30	30
Posição de Soldagem	1G	1G
Vazão gás Argônio [L/min]	15	15
Distância bico de contato [mm]	10	10
Ângulo de soldagem °	20	20

Fonte: o autor

Após o processo de soldagem, as chapas soldadas foram cortadas ao meio (no sentido transversal do cordão de solda) com o auxílio da cortadeira mecanográfica Marca Teclago modelo CM80 e na sequência retirado uma amostra de 10 mm de largura de cada chapa soldadas, totalizando 2 amostras onde foi identificado como CP1 e CP2.

Posteriormente foi iniciado o processo de lixamento com a lixadeira marca Arotec modelo Aropol dupla, com a seguinte sequência de Lixas: 180,220,320,400,500,600 mesh. Após esse processo as amostras foram levadas ao laboratório de Química, e realizado o ataque químico, como o método esfregando e com o reagente químico Nital 10% (ácido Nítrico 10ml e 90 ml de álcool etílico).

Por final as amostras foram analisadas no estereoscópio marca Olympus modelo SZ com ampliação de 6,7x, com o objetivo de realizar aquisição de imagem do cordão de solda revelado pelo ataque químico e realizar as medições de penetração e área do cordão de solda.

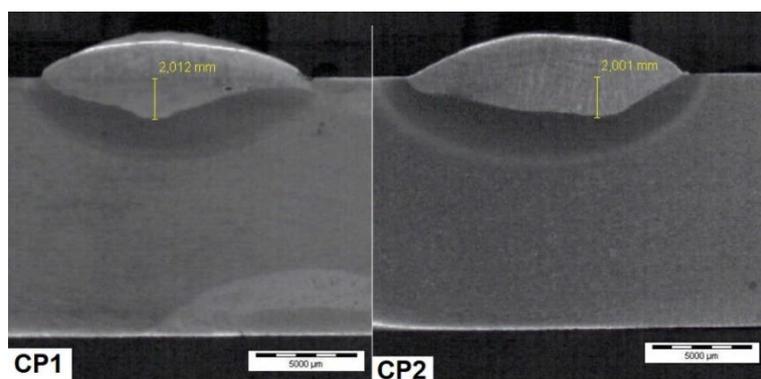
Após de realizar a macrografia nas amostras, as mesmas retornaram para o lixamento com a seguinte sequência: 600,800 1000,1200,1500 mesh e polimento com alumina com partícula de 0,3 micron. Na sequência realizou-se o ataque químico com Nital 2% (ácido Nítrico 2ml e 98 ml de álcool etílico) com a técnica por imersão por 10 segundos. Com objetivo de analisar as microestruturas da

região soldada e zona afetada termicamente e metal base, levaram-se as amostras para o microscópio marca Olympus modelo CX31 e realizou-se imagem de 500x de ampliação.

Resultados e Discussão

Ao observar a Figura 14 pode-se verificar que CP2 apresentou uma pequena diferença de penetração sendo praticamente igual demonstrando que a diferença de energia de soldagem não afetou a penetração que também observado por Castro; Pinheiro (2017).

Figura 1 Medida Penetração solda CP1 e CP2



Fonte: o autor

Já a Tabela 2 é possível ver que o CP2 apresentou o menor valor de diluição que é de 43,34% e CP1 o valor de 48,66% um valor cerca de aproximadamente de 5 % maior e as duas soldas apresentase dentro dos valores, conforme Isquierdo *at al* (2022) que para aço baixo carbono o valor de diluição máximo é de 50%.

Tabela 2 cálculo da Diluição do CP1 e CP2

Técnica		CP1	CP2
mm ² [A] [mm ²] [B] [A+B]	Área Superior	20,692	20,670
	Área Inferior	20,400	15,894
	Área Total	41,092	36,564
Diluição [%]		48,66	43,34

Fonte: o autor

Ao analisar a Tabela 3 é possível verificar que o CP1 apresentou maior aporte térmico, sendo cerca de 10% quando comparado com CP2 . Todos os valores estão conforme vistos no trabalho similar de Nazaré (2022).

Tabela 3 Cálculo do Aporte Térmico

Condições	CP1	CP2
Voltagem [V]	30	30
Amperagem [A]	260	235
η	0,75	0,75
Velocidade de soldagem [cm/min]	30	30
Aporte térmico KJ/mm	1,17	1,06

Fonte: o autor

$$E = \frac{q}{v} = \eta \frac{UI}{v} 0,006$$

Equação 1

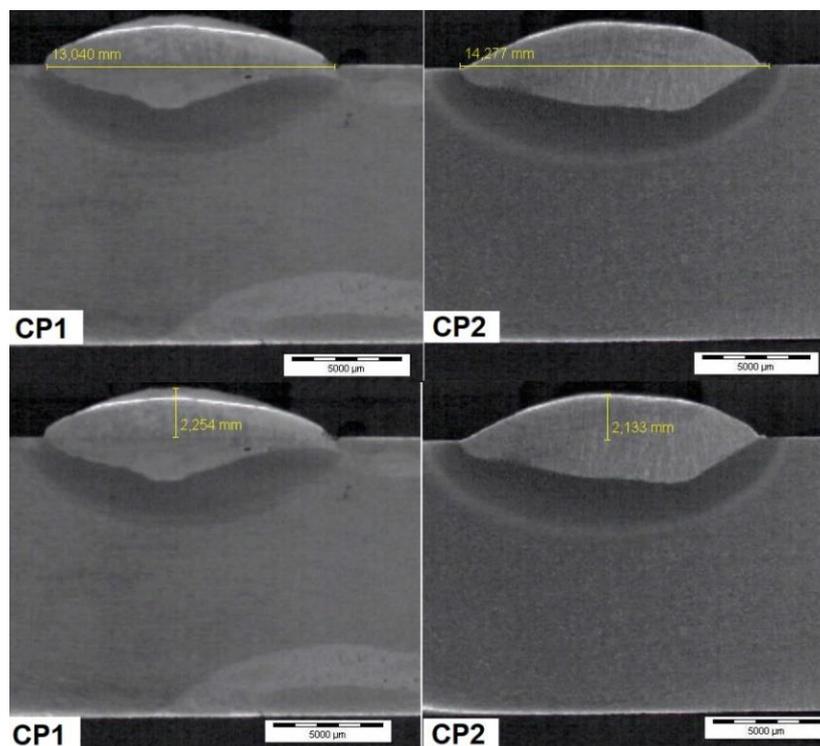
$$CP1 = 0,75 \cdot (30.260)/30 \cdot 0,006 = 1,17 \text{ KJ/mm}$$

$$CP2 = 0,75 \cdot (30.235)/30 \cdot 0,006 = 1,06 \text{ KJ/mm}$$

Ao analisar a Figura 2 pode-se observar que o CP1 apresentou uma largura da solda 13mm cerca de 10% menor que o CP2 que apresentou uma largura de 14,27 mm.

Já as medidas de altura o CP1 apresentou um valor de 2,54 mm sendo 10 % maior quando comparado com o CP2 que teve a Medida de altura de 2,13 mm.

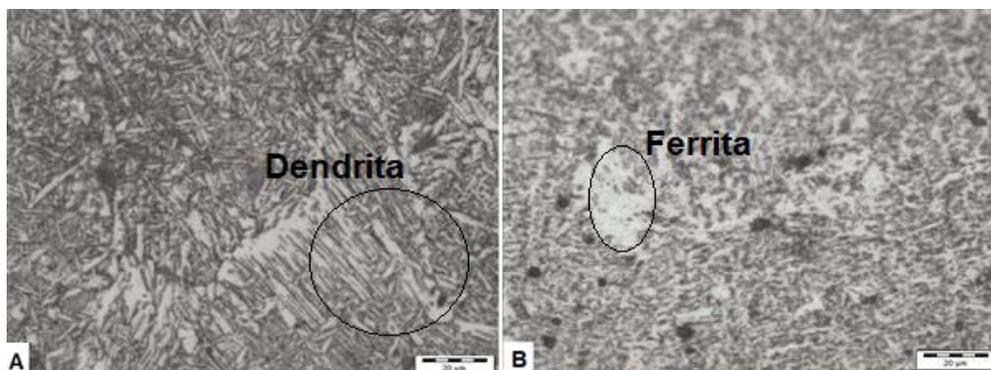
Figura 2 Altura e largura do perfil de solda CP1 e CP2



Fonte: o autor

Ao observar a micrografia (Figura 3) da região soldada de todas as amostras, com o aumento de 500x e ataque de Nital 2%, foi possível observar a presença da estrutura Dendritica e Ferrita.

Figura 3 Região da solda: A) CP1 B) CP2

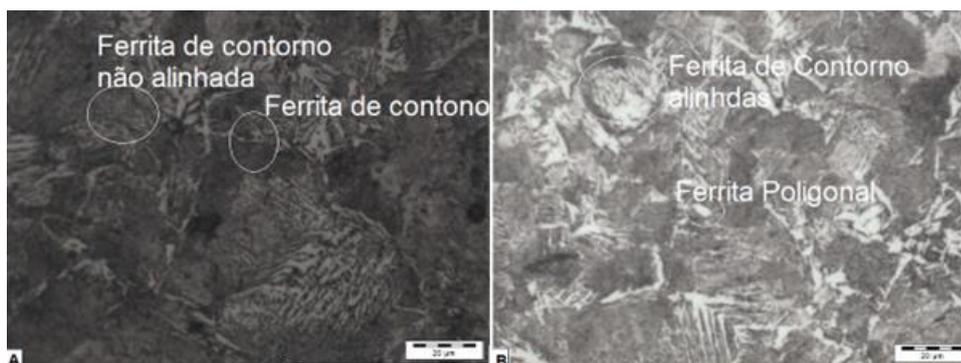


Fonte: o autor

Na Figuras 14 regiões da ZTA (Zona Térmica Afetada) A) CP1 B) CP2, com aumento de 500x e ataque de Nital 2%, foi possível identificar as mesmas estruturas presentes em todas as condições estudadas, indicando que a condição do fluxo também não afeta essa região da solda e não tem influência na formação das estruturas.

Pode-se verificar a presença de Ferrita com Segunda Fase não Alinhada, Ferrita Poligonal, Ferrita de contorno Alinhada e Ferrita de Segunda fase alinhada que são comuns nas ZTA das regiões soldadas como é observado por trabalho similares de Isquierdo *et al*, (2022).

Figura 4 Microestrutura ZTA : A) CP1 , B) CP2



Fonte: o autor

Já na Figura 18 a microestrutura do Metal Base com aumento de 500x com ataque Nital 2% é possível verificar a presença da Ferrita de cor branca e Perlita, a estrutura de cor escura que é característico de aço Médio carbono como é o caso do aço SAE 1045. Estas estruturas se repetem em todas as 2 chapas, são as estruturas características deste tipo de aço Médio carbono que também foi observado por (HOLANDA; LIMA; REBOUÇAS, 2019).

Conclusão

Os resultados esperados com este projeto incluem a obtenção de dados experimentais que demonstrem a influência do aporte térmico na soldagem MIG/MAG na profundidade de penetração e na diluição do aço SAE 1045. Pretende-se também identificar os parâmetros ideais de soldagem para alcançar resultados ótimos nesse contexto.

Pode-se concluir que o aumento do aporte térmico, influencia no aumento direto da diluição, mas não afeta a medida da penetração e nem as estruturas formadas na zona Fundidas que foi observada em ambas as amostra somente a presença da estruturas Dendrita e Ferrita e na ZTA da solda pode-se verificar a presença de Ferrita com Segunda Fase não Alinhada, Ferrita Poligonal, Ferrita de contorno Alinhada e Ferrita de Segunda fase alinhada nas duas amostras.

REFERÊNCIAS

CASTRO, J.; PINHEIRO, B.; MOTTA, M. **Estudo Da Variação Da DBCP e Do Ângulo De Soldagem Em Corrente Pulsada, Curto-Circuito Convencional e Curto-Circuito Controlado Em Soldagem Mig/Mag.** 72º Congresso Anual da ABM. Anais do Congresso Anual da ABM. ISSN 2594-5327. v. 72, n. 1, 2017.

CESAR. P. **Dominando a Solda MIG: Componentes e Dicas.** Disponível em: <<https://alusolda.com.br/dominando-a-solda-mig-componentes-e-dicas/>>. Acessado em: 02/04/2024.
HOLANDA, G. B.; LIMA, D. A.; REBOUÇAS FILHO, P. P., **Uma Nova Abordagem para a Medição da Diluição de Soldagem, Baseada nos Pontos de Inflexão de um Contorno Ativo.** Revista Matéria, v.24, n.1, 2019.

GANDELMAN, Ariel Dov Ber. **Dureza ao Riscamento e Coeficiente de Atrito de Revestimentos de Inconel 625 Depositados pelo Processo TIG Alimentado com duplo Arame Aquecido.** 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2017.

HOLANDA, G. B.; LIMA, D. A.; REBOUÇAS FILHO, P. P., **Uma Nova Abordagem para a Medição da Diluição de Soldagem, Baseada nos Pontos de Inflexão de um Contorno Ativo.** Revista Matéria, v.24, n.1, 2019.

ISQUIERDO, D.V.; FRANÇA, E.O; MONTEIRO, M.V.; SANTOS, R. W. M.; Junior Ribeiro, S.; MONTORO S. R. **Análise da soldagem MIG no Aço SAE 1045 Variando a Técnica Empurrando e Puxando.** XXVI Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, XXII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação e XII Encontro de Iniciação à Docência - Universidade do Vale do Paraíba – 2022.

KOSINSKI, Guilherme. **Análise do cordão de solda no processo de soldagem MAG utilizando os aços SAE 1020 e SAE 1045.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MACHADO, I. **Tratamentos Térmicos E De Superfície.** Disponível em: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/Tratamento_termico_e_superficial.pdf> Acessado em: 02/04/2024.

MIGUEL, D.; COELHO, J. **Análise Do Perfil Do Cordão De Solda Variando A Energia Empregada No Processo De Soldagem.** 2022. Projeto de pesquisa. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba.

NAZARÉ, V. D. M. **Estudo da Profundidade e Diluição do Aço A36 com a Variação da Inlinação do Ângulo da Tocha no Processo MIG (GMAW).** 2022. 46p. Trabalho de Graduação (Curso de Tecnologia em Processos Metalúrgicos). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2022.

SOARES, R.; PEREIRA, S. **Avaliação da Dureza na ZTA do Aço SAE 1045 Variando a Temperatura de Pré-aquecimento do Processo GMAW.** 2022. Monografia. Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba.