Impact Factor: 3.4546 (UIF) DRJI Value: 5.9 (B+)



Influência da Variação dos Gases de Proteção e Parâmetros de Soldagem na Microestrutura e Microdureza do Aço SAE 1035 Soldado por Processo MAG

THIAGO MONTEIRO MAQUINÉ

Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia dos Materiais SUELEM DE JESUS PESSOA Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais PERLA ALVES DE OLIVEIRA Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais MARCIA CRISTINA GOMES DE ARAÚJO LIMA Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil

Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil Escola Superior de Tecnologia – Laboratório de Engenharia dos Materiais

Resumo

O processo MAG é um dos processos de soldagem mais utilizados na indústria atualmente. Devido a sua importância na fabricação, caracteriza-se a necessidade de se garantir uma boa qualidade dos cordões de solda, como navios, pontes, máquinas de construção e motocicletas. O processo une metais usando o calor intenso gerado por um arco elétrico entre os metais a serem unidos e um fio de enchimento (sólido ou fluxado). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da alteração nos parâmetros de tensão, corrente elétrica e gases na microestrutura e microdureza do aço SAE 1035. O processo de soldagem aplicado nas amostras foi o modo MILF STELL-MAG na posição 4G. A preparação metalográfica foi realizada, seguindo a norma ASTM E3. As observações das micro estruturais de cada região da junta soldada foram realizadas em um microscópio óptico (THS – 200 Olympus) e para análise de microdureza utilizou-se um microdurômetro (HM-100 Mitutoyo) com a carga 1,0 kgf o ensaio seguiu a norma ASTM E384 – 11 ambos realizados no Laboratório de Engenharia de Ciências e Materiais da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Para amostra 1 utilizou-se $170 \pm 30A$ e 100% CO₂, para amostra 2 utilizou-se $175 \pm 30A$ e 100% CO₂, para amostra 3 utilizou-se $180 \pm 30A \ e \ 100\% \ CO_2$, para amostra 4 utilizou-se $190 \pm 30A \ e \ 100\% CO_2$ e para amostra 5 utilizou-se 230 ±30A e 100% Ar. Pela análise de microdureza observou-se que há um aumento na ZTA (zona termicamente afetada) com o aumento da corrente utilizando o gás CO2. A soldagem utilizando o gás Argônio observou-se uma redução na microdureza da ZTA. Observa-se que houve um aumento da colônia de perlita do metal de base próximo a ZTA com o aumento da corrente elétrica. Houve um aumento da ZTA com o aumento da corrente elétrica.

Palavras chave: Aço SAE 1035, Processo de Soldagem, Microestrutura, Microdureza, Proteção de gases.

Abstract

The MAG process is one of the most used welding processes in the industry today. Due to its importance in manufacturing, there is a need to ensure a good quality of weld beads, such as ships, bridges, construction machines and motorcycles. The process joins metals using the intense heat generated by an electric arc between the metals to be joined and a filler wire (solid or flux-cored). The objective of this work was to evaluate the effect of the alteration in the parameters of voltage, electric current and gases on the microstructure and microhardness of the SAE 1035 steel. The welding process applied to the samples was the MILF STELL-MAG mode in the 4G position. The metallographic preparation was performed following the ASTM E3 standard. The microstructural observations of each region of the welded joint were carried out in an optical microscope (THS - 200 Olympus) and for microhardness analysis a microhardness tester (HM-100 Mitutoyo) was used with a load of 1.0 kgf. ASTM E384 -11, both carried out at the Science and Materials Engineering Laboratory of the State University of Amazonas. For sample 1 we used $170 \pm 30A$ and 100% CO2, for sample 2 we used $175 \pm 30A$ and 100% CO2, for sample 3 we used $180 \pm 30A$ and 100% CO2, for sample 4 we used $190 \pm 30A$ and 100%CO2 and for sample 5, $230 \pm 30A$ and 100% Ar were used. Through the microhardness analysis, it was observed that there is an increase in the TAZ (thermally affected zone) with the increase in the current using CO2 gas. Welding using Argon gas showed a reduction in the microhardness of the TAZ. It is observed that there was an increase in the base metal perlite colony near the TAZ with the increase in the electric current. There was an increase in the TAZ with the increase in electrical current.

Keywords: SAE 1035 steel, Welding process, Microstructure, Microhardness, Gas protection.

1 INTRODUÇÃO

Devido a grande aplicação do aço SAE 1035, cada vez mais se fazem necessário conhecer melhor o comportamento mecânico da solda nesse tipo de material e em especial as microestruturas formadas em diferentes processos de soldagem, já que o tipo de processo de soldagem tem efeito significativo na microestrutura. A solda altera as características criando regiões com variadas microestruturas que alteram o comportamento mecânico do material, portanto, deve ser dada atenção redobrada para estas regiões, uma vez que se sabe que as microestruturas com as características adequadas, nestas regiões, garantem a resistência do produto final, além de garantir o pleno funcionamento mecânico do mesmo dentro de um determinado período de tempo estipulado pelo fabricante sem que ocasione algum tipo de ruptura ou deformação. A escolha do processo de soldagem envolve basicamente quatro fatores: projeto da junta, espessura do material, natureza do material a ser soldado, custo de fabricação (Modenese e Marques, 2000).

Os materiais de base (MB), quando submetidos ao processo de soldagem a arco, dão origem às juntas soldadas. A junta soldada é composta de regiões distintas, conhecidas como zona de fusão (ZF), zona afetada pelo calor (ZAC) e a zona de ligação (ZL), que é a interface entre a ZF e a ZAC (Kou, 2003).

O gás de proteção utilizado no processo MIG/MAG afeta não somente as propriedades da solda, mas determina o formato do cordão de solda. Dependendo do tipo de transferência metálica, o gás de proteção interage com maior ou menor intensidade com o arame eletrodo, podendo alterar as propriedades mecânicas e principalmente a qualidade do cordão solda. O dióxido de carbono (CO_2) é o mais barato entre os tipos de gases de proteção de solda e mais utilizado na soldagem MIG/MAG em aço com transferência por curto-circuito. O CO_2 se dissocia no arco para formar CO e O e o efeito global é o de gerar uma proteção oxidante. Exibe características de gás inerte em temperatura ambiente, não reagindo com outros elementos, mas é um gás ativo nas temperaturas de soldagem (Lyttle e Stapon, 1990).

De acordo com (Dillenbeck e Castagno, 1987), o argônio (Ar) é um gás inerte com baixo potencial de ionização, baixo potencial de oxidação e baixa condutividade térmica, a alta densidade do argônio em comparação com os outros gases (1,38 em relação ao ar) promove uma maior eficiência de proteção, porque o argônio facilmente substitui o ar em torno da solda. Por ser um gás inerte a proteção à base de argônio promove retenção de elementos de liga no cordão de solda, deixando o cordão de solda livre de inclusões, melhorando as propriedades mecânicas. Além disso, facilita a abertura do arco, melhora a estabilidade em baixas correntes, além de permitir transferência "spray".

A qualidade do cordão de solda conseguido pelos processos MIG/MAG é influenciada por alguns parâmetros, tais como intensidade de corrente, tensão e comprimento do arco, velocidade de soldagem, *"stick-out"*, gases de proteção, diâmetro do eletrodo e posição da tocha, seus tipos e vazão (Marques, 2005).

Durante o processo de soldagem, os materiais envolvidos podem sofrer várias alterações em suas microestruturas e propriedades mecânicas, que influenciam em muito o desempenho e comportamento da peça ou equipamento. Desta forma, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo da microestrutura e da microdureza, analisando o metal base, zona afetada pelo calor e zona de fundida do aço SAE 1035 submetido a diferentes parâmetros de soldagem MAG e variações dos gases de proteção CO_2 e Ar.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Materiais

O metal base SAE 1035 tem a característica de um aço médio teor de carbono com aplicações variadas como eixos, pinos, alavancas e molas de baixa solicitação, indicado para forjamento com boa resposta para têmpera. Tratamento adotado foi a austenitização a 900°C, têmpera com água com forte agitação, tabela 1 mostra a composição química e propriedades mecânicas do material do aço SEA 1035.

Tabela 1: Composição Química e Propriedades Mecânicas do Aço SAE 1035.								
ELEMENTO	COMPOSIÇÃO	PROPRIEDADES	RESULTADOS					
Carbono (C)	0,31 a 0,38	Densidade	7,87 g/cm ³					
Manganês (Mn)	0,60 a 0,90	Limite de Escoam.	550 Mpa					
Silício (Si)	0, 50 máx.	Resistencia Tração	620 Mpa					
Fósforo (P)	0, 04 máx.	Alongamento	24% mínimo					
Enxofre (S)	0, 05 máx.	Dureza Brinell	179					
Ferro (Fe)	O que sobra	Elasticidade	190 GPa					

Fonte: Norma SAE 1035.

O metal de adição usado foi o BME-04 AWS A5. 18 ER70S – 6, na Tabela 2 mostra a composição química do arame em porcentagem (%).

Tabela 2: Composição Química do Arame BME-04 AWS A5. 18 ER70S-6.

Composição Química do Arame %				
Carbono (C)	0,06 a 0,15			
Manganês (Mn)	1,4 a 1,85			
Silício (Si)	0,8 a 1,15			
Fósforo (P)	0,025 máx			
Enxofre (S)	0,0035 máx			
Cobre (Cu)	0,5 máx			

Fonte: Norma AWS A5.

2.2 Preparação do corpo de prova para as análises metalográfica

A preparação metalográfica foi realizada, seguindo a norma ASTM E3, as amostras foram seccionadas no aço SAE 1035 trefilado a frio, numa cortadora metalográfica de marca Arotec, com disco abrasivo. Após esta etapa, as amostras foram embutidas, adotou-se resina fenólica em pó (Arotec) e a embutidora metalográfica (Arotec, PRE 30 Mi), esta etapa teve como finalidade facilitar o manuseio das amostras durante a preparação e ainda a função de preservar as bordas das amostras, ajudando a evitar o abaulamento. Em seguida, as amostras foram submetidas ao processo de desbaste, neste processo utilizamos uma lixadeira metalográfica (Prazis, Modelo ALM4) e lixas de carbeto de silício com diferentes granulações 120 a 1200 *mesh*. Para o polimento os corpos de prova foram submetidos ao uso de pasta abrasiva de 0,3 µm e 0,05 µm, e posteriormente ao ataque químico por imersão com Nital 3% por 5 segundos.

As observações das microestruturais de cada região da junta soldada foram realizadas em um microscópio óptico (THS – 200 Olympus), no Laboratório de Engenharia de Ciências e Materiais da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), sendo elas: metal de base; zona termicamente afetada e zona fundida. Para análise de microdureza utilizou-se um microdurômetro (HM-100 Mitutoyo) com a carga 1,0 kgf. O ensaio seguiu a norma ASTM E384 - 11. Adotando-se os corpos de prova usados na metalografia.

2.3 Parâmetros de soldagem e gases de proteção

O processo de soldagem aplicado nas amostras foi o modo MILF STELL-MAG, na tabela 3 estão dispostos os parâmetros de soldagem e gases de proteção aplicada em cada amostra.

Tabela 3: Parâmetros de Soldagem e Gases de Proteção.										
Amostra	Gás	Amperagem	Voltagem	Stick- out	Vazão	Posição	Ângulo			
Peça 1	100% CO ₂	$170 \pm 30A$	$23 \pm 3V$	15 ± 3 mm	17 ± 3L/min	4G	18°			
Peça 2	$100\% CO_2$	$175 \pm 30A$	$23 \pm 3V$	15 ± 3 mm	$17 \pm 3L/min$	4G	18°			
Peça 3	$100\% CO_2$	$180 \pm 30A$	$24 \pm 3V$	15 ± 3 mm	$17 \pm 3L/min$	4G	18°			
Peça 4	$100\% CO_2$	$190 \pm 30A$	$24 \pm 3V$	15 ± 3 mm	$17 \pm 3L/min$	4G	18°			
Peça 5	100% Ar	$230 \pm 30 \text{A}$	$24 \pm 3V$	15 ± 3 mm	17 ± 3 L/min	4G	18°			

Fonte: (Autores, 2022)

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Figura 1a expõe a região que foram feitas as medidas de dureza na secção transversal da junta soldada, e em todas as amostras foi possível observado o mesmo aspecto que a ZTA contornou o metal de solda, dando assim um aspecto mais grosseiro nas suas estruturas e na Figura 1b são observados o comportamento das curvas de dureza x profundidade comparativa entre juntas soldadas com CO₂ e Argônio das amostras realizadas.



Figura 1: (a) Região de medidas de dureza - (b) Curvas dureza x profundidade (Autores, 2022).

Pelos valores de dureza (figura 1b) na faixa de 0,30 mm de distância da ZTA, logo após a zona de ligação para juntas soldadas com CO_2 , foram obtidas durezas entre 400 a 520 HmV (40 a 52HRC), e as amostra que apresentaram similaridades nos seus valores foram as peças 1 e 3. Já em um intervalo maior, como o 0,50mm e 0,70 mm, a junta solda com Argônio, alcançamos valores de dureza compreendendo de 270 a 290 HmV (27 a 29 HRC). Pois, a adição do CO_2 como gás de proteção não altera a taxa de deposição e geometria do cordão de solda, e ainda elevando a taxa de diluição e valores de dureza do metal de solda, devido o mesmo ter um alto poder oxidante e alta condutividade térmica, possibilitando assim um resfriamento mais lento do material, quando comparado com o argônio, estas observações estão em concordância com os obtidos por (Moreira, 2008).

Nas análises metalográficas da junta soldada utilizando o gás argônio na figura 2a mostra secção da junta solda com Argônio e as figuras 2b e 2c são as microestruturas das regiões de ligação e recristalização respectivamente, observamos uma maior extensão da ZTA, este comportamento se deve ao fato de o gás de proteção ter como características o baixo potencial de ionização, oxidação e condutividade de térmica, e ainda tais aspectos do argônio alteram a sua microestrutura, e neste trabalho foi encontra a bainita e perlita, e estas refletem no comportamento de microdureza, pois o gás de proteção, também influência na formação geométrica do cordão de solda, estas características também foram relatadas por (Figueirôa 2016). Outra observação que é pertinente é a amperagem empregada, na amostra 5, pois esta é entorno de 50 a 90 A

EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH - Vol. X, Issue 7 / October 2022

maior, usando a margem de erro de \pm 30 A empregada no trabalho, pois este fator influência diretamente nas propriedades mecânicas.



Figura 2: (a) Secção de junta com Ar – (b) e (c) Microestruturas das regiões (Autores, 2022).

Na Figura 3a mostra secção da junta solda com CO_2 . Já nas Figuras 3b e 3c mostram microestrutura das regiões de ligação e recristalização respectivamente, que pelas observações constatamos que não alterações significativas na ZTA, quando comparado com a amostra feita pelo gás de proteção de argônio, por ferritas e maternsita, estas microestruturas influenciam diretamente nas propriedades mecânicas, originando o tamanho de grãos menores, refletindo assim na microdureza. Na faixa estudada por este trabalho, os menores valores de amperagens soldados usando o CO_2 como gás de proteção resultou em soldas com microestruturas mais refinadas, podendo ser provenientes de maiores taxas de resfriamento, o que foi associado à maior condutividade térmica do CO_2 em relação ao Ar, pois a faixa de amperagem altera de forma significativa a taxa de deposição, geometria de solda e fração volumétrica da microestrutura, e tais observações resultaram em valores de microdurezas próximos entre uma amostra e outra.



Figura 3: (a) Secção de junta com CO2 - (b) e (c) Microestruturas das regiões (Autores, 2022).

4 CONCLUSÃO

Observamos que os gases de proteção adotados alteram de forma significativa as propriedades das peças, pois a diferença em torno de aproximadamente 130 HmV o que pode render 23 HRC, entre as amostras aferidas, irão ditar se é viável ou não processar a solda usando CO_2 ou Ar, com determinadas condições, levando em conta a vazão e a amperagem da soldagem, constatamos ainda que o dióxido de carbono não alterou a taxa de deposição da solda, geometria do cordão de solda, a fração volumétrica das microestrutura e ainda elevou a os valores de durezas do material, enquanto, o argônio provou que não é um bom gás de proteção no processo de soldagem, já que as suas

EUROPEAN ACADEMIC RESEARCH - Vol. X, Issue 7 / October 2022

características físico-químicas são bem diferentes que o CO₂, tais aspectos influenciaram de forma substancial da dureza obtida do material e que ainda se refletiu na alteração da zona do cordão de solda.

REFERENCIAS

- Dillenbeck, V. R. e Castagno, L. The Effects of Various Shielding Gases and Associated Mixtures in GMA Welding of Mild Steel, Welding Journal, set. 1987, pp 45 - 49.
- Figuerôa, D.W. Estudo da Influência do Teor de CO₂ em Misturas de Ar + CO₂ e do Metal de Adição na Soldagem Híbrida Laser – Gmaw Maw em Aço Estrutural – 22° CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016.
- 3. Kou, Sindo. Welding Metallurgy, 2 nd Edition, Wisconsin E.U.A, 2003.
- Lyttle, K. A. e Stapon, F. G. Select the Best Shielding Gas Blend for the Aplication, Welding Journal, p.21-28, nov. 1990.
- 5. Marques, P. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. Minas Gerais: UFMG, 2005, 3ª Edição.
- 6. Modenese, Paulo J. e Marques, Villani. Introdução aos processos de soldagem, 2000.
- Moreira, A. F. M838i Influência da atmosfera protetora no cordão de solda obtido através dos processos de soldagem GMAW e FCAW – Ilha Solteira, 2008, pp. 146.