

EFEITO NA SUBSTITUIÇÃO DO ELETRODO SÓLIDO PELO TUBULAR NA SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS

Samuel Irati Novaes Gomes

USP, Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística, Av. Trabalhador São Carlense, 400, São Carlos-SP, CEP: 13566-590, Fone (16)33739576 – irati@sc.usp.br.

Kléber Mendes de Figueiredo

USP, Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística, Av. Trabalhador São Carlense, 400, São Carlos-SP, CEP: 13566-590, Fone (16)33739592 e CEFET-MA, Departamento de Mecânica e Materiais, Fone (98)32189044 – kleber@cefet-ma.br.

Resumo. *Um modo simples e econômico de se aumentar a produtividade no processo de soldagem a arco submerso é substituindo o eletrodo sólido pelo tubular. A utilização do eletrodo tubular acarreta variações microestruturais no metal como soldado que influenciam em suas propriedades mecânicas, tais como dureza, tração e tenacidade ao impacto. Este trabalho propõe estudar estas variações quando se utiliza o eletrodo tubular. Utilizando como chapa base o aço ASTM-A516 e como fluxo o SFA/AWS A5.17 F6A4, comparou-se o metal como soldado realizado com o eletrodo sólido AWS EM12K e 4(quatro) mm de diâmetro, com o do eletrodo tubular (fabricado em caráter experimental) AWS E71T-5 e 4(quatro) mm de diâmetro e mantendo-se o mesmo aporte de calor. Os ensaios de dureza, tração e impacto foram realizados em metais como soldado com e sem alívio de tensão. Obteve-se aumento de dureza, diminuição no módulo de elasticidade e no alongamento e aumento nos limites de resistência e escoamento e diminuição na energia total absorvida no ensaio de impacto.*

Palavras-chave: *soldagem arco submerso, eletrodo tubular, propriedades mecânicas, microestrutura.*

1. INTRODUÇÃO

Na escolha de um procedimento de soldagem são utilizados diversos critérios, dentre os quais deve-se incluir a necessidade de estabelecer o balanço ótimo entre o custo de realização, a qualidade do depósito e a segurança dos operadores ^[1].

Dentre os vários processos de soldagem, o arco submerso (AS) é empregado em grande escala na indústria devido à sua facilidade de operação e produtividade. Sua participação corresponde à cerca de 10% do volume de material de solda a arco elétrico ^[2]. No Brasil, este processo é utilizado na fabricação metálica de tubos, navios, perfis, vasos de pressão, trocadores de calor, caldeiras e todo tipo de equipamento pesado ^[2].

Mesmo o processo de soldagem a arco submerso (AS) convencional sendo conhecido como um processo de alta produtividade, esta produtividade ainda pode ser aumentada utilizando-se eletrodos geminados conectados à mesma fonte (“twin arc”), eletrodos paralelos conectados a fontes individuais (“tandem”) ou pela adição de pó de ferro, sendo que para o emprego destes sistemas exige-se altos investimentos em equipamentos ^[3].

Uma outra forma de aumentar a produtividade, sem geração de custos adicionais, é substituindo o eletrodo sólido pelo tubular ^[3]. Em suas pesquisas, Gehring e Studholme^[3], encontraram

que a taxa de deposição do eletrodo tubular excede à do eletrodo sólido, do mesmo diâmetro, da ordem de 20 %, quando é utilizada a mesma corrente.

Com o emprego do eletrodo tubular no processo AS pode-se utilizar maiores correntes de soldagem e, como a corrente passa somente através da chapa de revestimento, a densidade de corrente é bem maior do que no sólido, conseguindo, assim, maiores taxas de deposição. Quando se altera o eletrodo, muda-se a composição do metal de solda, pois esta é influenciada pela escolha dos consumíveis de soldagem, pela composição química do metal de base e pelas condições operacionais aplicadas ^[4].

A microestrutura final do metal de solda depende de interações complexas entre muitas variáveis importantes, tais como ^[4]: microestrutura de solidificação, ciclo de resfriamento da solda e composição química do metal de solda.

Durante a solidificação, o comportamento da mesma controla o tamanho e a forma do grão, a extensão da segregação e a distribuição de inclusões e defeitos tais como porosidade e trincas a quente. Assim, as propriedades e integridade do metal de solda dependem do comportamento da solidificação e das características microestruturais resultantes ^[5].

Uma das funções do fluxo na soldagem AS é adicionar elementos de liga no metal como soldado, além de desoxidar e retirar impurezas do metal fundido através de reações químicas com o mesmo, conseqüentemente gerando mudanças na composição química ^[6]. As mudanças na composição química do metal como soldado têm como conseqüência alterações microestruturais ^[7]. Conseqüentemente, as propriedades mecânicas sofrem alterações, tendo em vista serem uma função da microestrutura ^[8].

Evans ^[9] disserta que o manganês aumenta os limites de elasticidade e de resistência a tração de ligas ferro-manganês. Ele encontrou que para cada 0,1% de aumento no percentual de manganês, os limites de elasticidade e de resistência à tração aumentaram aproximadamente em 10 N/mm².

Evans ^[9] encontrou, também, que as condições mais favoráveis para as propriedades de impacto do depósito de solda, tanto como soldado quanto com alívio de tensão, são obtidos com 1,5% de Mn, devido à influência competitiva do limite de escoamento e da microestrutura

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo mostrar as alterações que ocorrem nas propriedades de dureza, tração e tenacidade ao impacto no metal como soldado, devido às alterações microestruturais sofridas pelo mesmo quando se troca o eletrodo sólido pelo tubular no processo de soldagem a arco submerso.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O aço ASTM-A516, com espessura de 37,5 mm, comprimento de 500 mm, largura de 140 mm e junta com chanfro em X, conforme Figura 1, foi utilizado para a confecção da junta soldada. O chanfro foi confeccionado conforme detalhes na Figura 2.

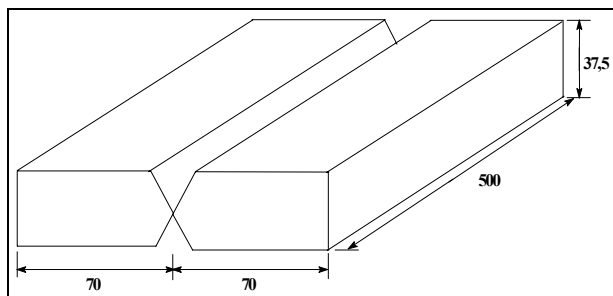


Figura 1. Detalhe da junta soldada.

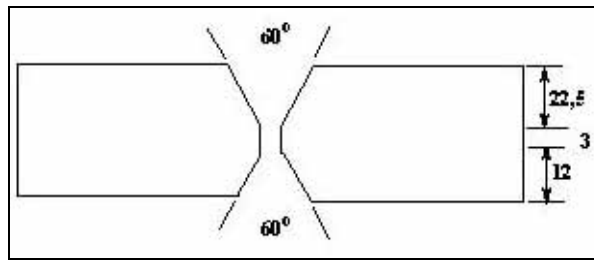


Figura 2. Detalhe do chanfro da junta soldada.

Foram confeccionados metais como soldado utilizando eletrodo sólido AWS EM12K com diâmetro de 4,0 mm (corpo de prova 1) e eletrodo tubular AWS E71T-5 com diâmetro de 4,0 mm (corpo de prova 2) e o fluxo SFA/AWS A5.17 F6A4.

Utilizou-se uma faixa de corrente de soldagem oscilando entre 450 e 550 A e o intervalo de tensão entre 28 e 32 V.

Durante a realização das soldagens procurou-se manter o mesmo aporte de calor, que foi calculado de acordo com a Equação 1.

$$H = \frac{EI}{v \times 1000} \quad (1)$$

onde: H = aporte de calor em quilojoules/mm, E = tensão em volts, I = corrente em ampères, v = velocidade de soldagem em mm/s. Foram empregadas as mesmas condições utilizadas na soldagem de campo.

Os parâmetros de soldagem médios utilizados na confecção dos metais como soldado estão mostrados na Tabela 1, onde pode ser verificado que os valores médios do aporte de calor estão bem próximos.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem médios.

Corpo de prova nº	I [A]	E [V]	v [mm/s]	H [kJ/mm]	Vel.A. [mm/s]
1	512	30,0	5,5	2,8	17
2	506	30,0	5,6	2,7	26

onde: I = corrente média, E = tensão, v = velocidade de soldagem, H = aporte de calor e Vel.A. = velocidade de alimentação do arame

Inicialmente foi dado um passe de solda do lado do chanfro de 12 mm de profundidade e, em seguida, foi feito o enchimento do lado do chanfro de 22,5 mm, sendo então completado o enchimento do chanfro de 12 mm.

Foi realizado tratamento térmico para alívio de tensões em cada um dos tipos de junta soldada, obtendo-se corpos de prova com e sem alívio de tensões. Para se realizar o alívio de tensões, as chapas foram colocadas no forno à temperatura de 37°C e foram aquecidas até 580°C a uma taxa aproximada de 5,8°C/min, permanecendo na temperatura de 580°C por um período de 2 horas, sendo, em seguida, desligado o forno e aberta a sua porta para que ocorresse o resfriamento até a temperatura ambiente.

Para a realização das micrografias, os corpos de prova foram retirados da região central do metal como soldado, com e sem tratamento térmico, de todos os conjuntos soldados, com uma espessura aproximada de 10 mm.

Foram realizados cortes com o intuito de separar os cordões de solda tanto do lado do chanfro de 22,5 mm de profundidade quanto do chanfro de 12 mm. A preparação metalográfica foi realizada com o procedimento normal.

Depois do polimento foi feito o ataque com nital 2% e fotografadas em 10 posições diferentes com aumento de 500 vezes para a quantificação de fases em conformidade com o IIW^[10], e

fotografadas no último cordão de solda com aumento de 100 vezes para documentação.

Foi realizada análise química do metal de base e dos metais como soldado utilizando os seguintes métodos: determinação de nitrogênio e oxigênio pelo sistema a vácuo, carbono e enxofre por queima da amostra e os demais por espectroscopia de plasma.

Os resultados de dureza foram obtidos empregando o procedimento de impressão Vickers, com carga de 10 kg, baseado na Norma ASTM E92-82^[11]. Foram realizadas seis impressões em forma de cruz no centro do metal como soldado (Figura 3), sendo guardada uma distância mínima de três vezes o tamanho da diagonal da impressão anterior, calculando-se a média das seis medidas.

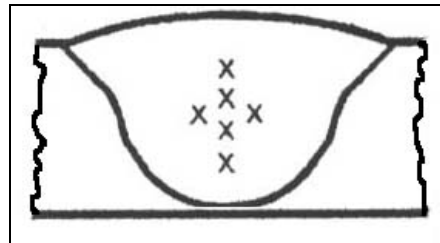


Figura 3 – Distribuição das impressões das medidas de dureza no metal de solda.

Para a realização dos ensaios de tração foi utilizada a máquina EMIC com controle por microcomputador. Foi empregada uma velocidade de 2 mm/min no tracionamento do corpo de prova. Os ensaios e a confecção dos corpos de prova foram realizados tendo como base a Norma BS 709:1983^[12].

Foram confeccionados corpos de prova da região central de cada metal como soldado, no sentido longitudinal do cordão de solda (Figura 4). Com os resultados obtidos foram calculados os limites de escoamento (σ_e) e de resistência (σ_R), módulo de elasticidade (E) e alongamento.

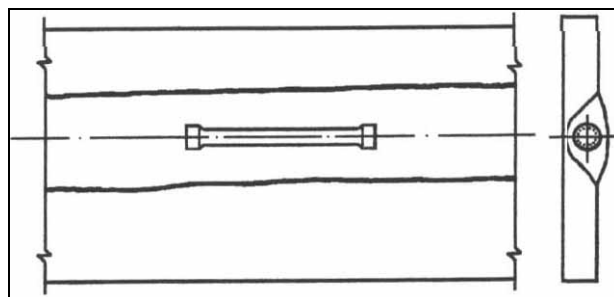


Figura 4 – Detalhe do local de retirada do corpo de prova do metal de solda para ensaio de tração.

Os corpos de prova para o ensaio de impacto Charpy foram confeccionados de acordo com a Norma E23-96 da ASTM^[13]. Nos corpos de prova soldados, o entalhe foi localizado na linha de centro do metal como soldado (Figura 5).

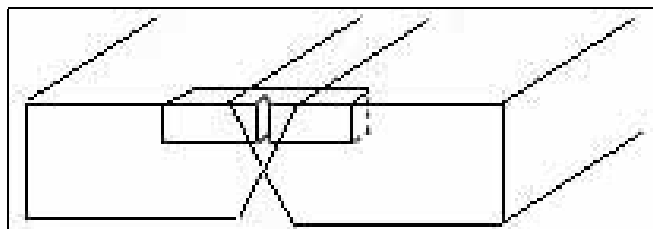


Figura 5 – Detalhe do corpo de prova para ensaio Charpy da região da solda.

4. RESULTADOS

Os resultados da análise química do metal de base e dos metais como soldado são mostrados na Tabela 2, onde pode-se visualizar as diversas variações químicas que influíram no resultado final da microestrutura.

Tabela 2 - Análise química do metal de base e dos metais como soldado.

Amostra	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb	Ti	Co	Cu	W	V	Al	O	N
1	0,071	0,63	1,80	0,026	0,014	0,04	0,07	0,015	0,008	0,01	0,02	0,08	0,04	0,006	0,01	0,063	0,011
2	0,092	0,84	2,25	0,021	0,009	0,02	0,06	0,19	0,008	0,04	0,02	0,03	0,04	0,006	0,01	0,035	0,007
3	0,17	0,23	1,16	0,019	0,007	0,02	0,06	0,009	0,004	-	0,01	0,01	0,03	0,001	0,03	0,002	0,004

onde: Amostra 1 = metal como soldado utilizando eletrodo sólido; Amostra 2 = metal como soldado utilizando eletrodo tubular; Amostra 3 = metal de base.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados percentuais dos microconstituintes dos metais como soldado, adotando o procedimento recomendado pelo IIW^[10] para a contagem de fases. Foi realizada a contagem de fase apenas dos metais como soldado sem alívio de tensão, pois, conforme Evans^[9], não há variação microestrutural acentuada de um caso para outro e, pela análise visual das micrografias observou-se que não existe variação perceptível na microestrutura com e sem alívio de tensão, conforme pode ser visualizado na Figura 6.

Tabela 3 – Quantificação dos microconstituintes dos metais como soldado.

Corpo de Prova	FA [%]	FP(I) [%]	FP(G) [%]	FS(NA) [%]	FS(A) [%]
1	54	12	27	4	3
2	89	3	8	0	0

onde: FA = ferrita acicular; FP(I) = ferrita poligonal intragranular; FP(G) = ferrita poligonal de contorno de grão; FS(NA) = ferrita de segunda fase não alinhada; FS(A) = ferrita de segunda fase alinhada.

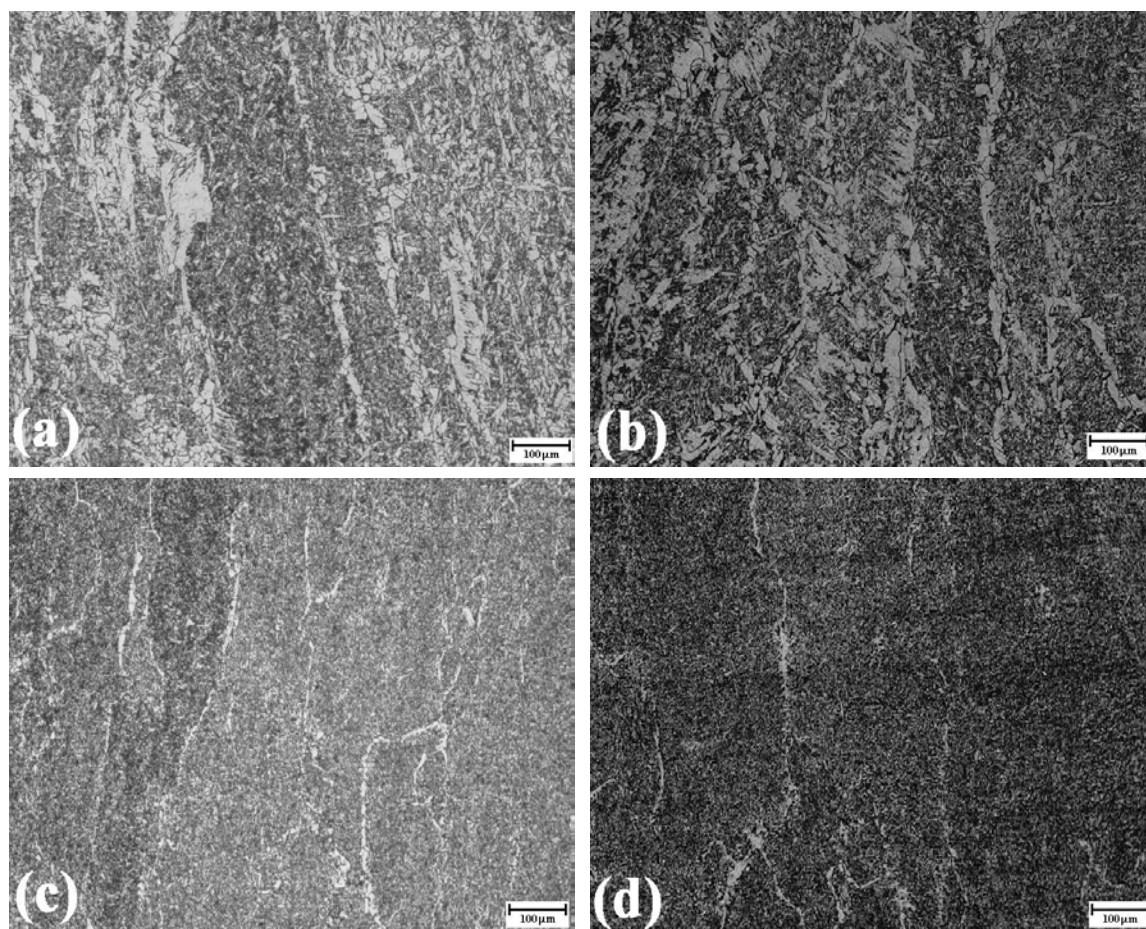


Figura 6 - Micrografias do metal como soldado utilizando eletrodo sólido, (a) sem alívio de tensão e (b) com alívio de tensão; micrografias do metal como soldado utilizando eletrodo tubular, (c) sem alívio de tensão e (d) com alívio de tensão – ampliação de 100 vezes – ataque Nital 2%.

Da Tabela 3, observa-se um grande aumento no percentual de ferrita acicular no metal como soldado utilizando eletrodo tubular (corpos de prova 2) em relação ao utilizando eletrodo sólido (corpo de prova 1), tendo como consequência uma diminuição da ferrita poligonal e da ferrita de segunda fase. O percentual de ferrita poligonal intragranular do corpo de prova 2 reduziu em relação ao 1 (12%) da ordem de 75%. A ferrita poligonal de contorno de grão, em relação ao corpo de prova 1 (27%), sofreu uma redução de 71,7% no corpo de prova 2 (8%).

Já a ferrita de segunda fase alinhada, juntamente com a não alinhada, no corpo de prova 2 foram reduzidas praticamente em 100% em relação ao corpo de prova 1.

As mudanças percentuais citadas acima podem ser visualizadas nas micrografias da Figura 6.

Na Tabela 4 são mostrados os resultados dos valores médios das medidas obtidas nos ensaios de dureza dos metais como soldado com e sem alívio de tensão. Onde o corpo de prova 1 é o metal como soldado utilizando eletrodo sólido e sem alívio de tensão, o 1A é com alívio de tensão, o 2 é o metal como soldado utilizando eletrodo tubular e sem alívio de tensão, o 2A é com alívio de tensão.

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de dureza dos metais como soldado com e sem alívio de tensão.

Corpo de Prova	Dureza HV10
1	162
1A	154
2	238
2A	225

No metal como soldado 1 houve uma queda de 5,1% na dureza quando se fez o alívio de tensão. No metal como soldado 2 a queda foi de 5,3%.

Na Tabela 5 são mostrados os valores médios dos módulos de elasticidade (E) calculados a partir dos ensaios de tração de três corpos de prova de cada metal de solda, e os resultados do limite de resistência (σ_R), do limite de escoamento (σ_e) e alongamento.

Tabela 5 – Módulos de elasticidade calculados a partir do ensaio de tração e limites de resistência e de escoamento e alongamentos.

Corpo de Prova	1	1A	2	2A
Módulo de Elasticidade [GPa]	221	203	194	200
Limite de resistência [MPa]	450	452	638	581
Limite de escoamento [MPa]	293	287	435	477
Alongamento [%]	38	39	30	22

Observa-se que o módulo de elasticidade do metal como soldado do corpo de prova 1 teve uma queda de 8,1% em relação ao mesmo metal como soldado sem alívio de tensão.

Comparando o corpo de prova 2 (sem alívio de tensão) com o corpo de prova 2A (com alívio de tensão), observa-se que houve um aumento de 3,2% no módulo de elasticidade, quando houve o alívio de tensão.

O limite de resistência do metal como soldado 1A (com alívio de tensão) foi 0,5% maior do que o do 1 (sem alívio de tensão). Já o do 2A (com alívio de tensão), foi 8,9% menor do que o 2 (sem alívio de tensão).

O limite de escoamento do corpo de prova 1A (com alívio de tensão) foi 2,0% menor que o limite de escoamento do corpo de prova 1 (sem alívio de tensão). Já o corpo de prova 2A (com alívio de tensão), mostrou um limite de escoamento 9,8% maior do que o do corpo de prova 2 (sem alívio de tensão).

Quando se utilizou eletrodo sólido o alongamento do metal como soldado que sofreu alívio de tensão foi 2,1% maior do que o que não sofreu o tratamento térmico. Mas, quando se utilizou eletrodo tubular ocorreu uma diminuição de 2,6%.

Na Tabela 6 são mostrados os valores da energia média (3 corpos de prova) total absorvida nos ensaios Charpy. Observa-se que o metal como soldado utilizando eletrodo sólido, que não sofreu

alívio de tensão, absorveu maior energia (da ordem de 6,2%) do que sofrendo alívio de tensão, enquanto que utilizando eletrodo tubular, o metal como soldado, que não sofreu alívio de tensão, absorveu menor quantidade de energia (da ordem de 30,9%) do que o com alívio de tensão.

Tabela 6 – Energia média total absorvida nos ensaios Charpy.

Corpo de Prova	Energia Absorvida [J]
1	126,20
1A	118,77
2	68,36
2A	98,97

5. DISCUSSÕES

Da Tabela 4 verifica-se que a dureza sofreu um aumento da ordem de 46,5% quando a ferrita acicular aumentou de 54% para 89% (corpos de prova 1 e 2, respectivamente). Observou-se que quanto maior o percentual de ferrita acicular, maior foi a dureza. Este resultado concorda com Gomes e Dias^[14], que encontraram um aumento da dureza juntamente com um aumento no percentual de ferrita acicular. Nota-se, também, que quando se realizou alívio de tensão no metal como soldado, houve redução na dureza da ordem de 5%, quando comparado com o metal como soldado sem alívio de tensão.

Na Tabela 5 observa-se que o valor do módulo de elasticidade dos corpos de prova 1 e 1A (54% de ferrita acicular) mostrou um valor maior do que o dos corpos de prova 2 e 2A (89% de ferrita acicular), indicando que um aumento no percentual da ferrita acicular provocou uma diminuição no módulo de elasticidade do metal como soldado da ordem de 12,5% sem sofrer alívio de tensão e, de 1,8% com alívio de tensão.

Quanto ao limite de resistência (Tabela 5), verifica-se que o metal como soldado 2, quando sofreu alívio de tensão, teve uma queda no seu limite de resistência de 8,9%, já o metal como soldado 1 ficou praticamente inalterado (variação menor que 0,5%).

Observa-se que o aumento no percentual de ferrita acicular de 54% (corpos de prova 1 e 1A) para 89% (corpos de prova 2 e 2A) acarretou em um aumento no limite de resistência do metal como soldado da ordem de 41,9% sem alívio de tensão e, de 28,6% com alívio de tensão.

Ainda na Tabela 5, observa-se que quando o metal como soldado sofreu alívio de tensão, o limite de escoamento do 2 sofreu um aumento da ordem de 10%, enquanto que no 1 teve uma queda da ordem de 2%. E que um aumento no percentual de ferrita acicular provocou um aumento no limite de escoamento da ordem de 48,5% sem alívio de tensão e, de 66,5% com alívio de tensão.

A Tabela 5 mostra, também, pelas medidas de alongamento, que a ductilidade diminuiu com o aumento no percentual de ferrita acicular. O alongamento sofreu uma redução da ordem de 22,3% sem alívio de tensão e, de 43,8% com alívio de tensão.

O aumento nas propriedades de elasticidade e resistência nos corpos de prova 2 e 2A em relação ao 1 e 1A, concordam com Evans^[9], quando ele encontrou um aumento nestas propriedades com o aumento no percentual de Mn, o que pode ser visualizado na Tabela 2, pois este aumenta de 1,80% (corpo de prova 1) para 2,25% (corpo de prova 2).

Quanto a energia média total absorvida nos ensaios de impacto Charpy (Tabela 6), observou-se que houve uma queda nesta energia quando ocorreu o aumento no percentual de ferrita acicular, sendo esta queda da ordem de 45,8% nos corpos de prova sem alívio de tensão (1 e 2), e menos acentuada, da ordem de 16,7%, quando se compara os corpos de prova que sofreram alívio de tensão (1A e 2A).

Esta redução na energia total absorvida no corpo de prova 1 em relação ao 2, também concorda com Evans^[9], quando ele encontrou que as condições mais favoráveis para as propriedades de impacto são obtidas com o Mn na faixa de 1,5%.

6. CONCLUSÕES

O eletrodo AWS E71T-5 (tubular) produziu uma microestrutura com maior percentual de ferrita acicular do que o eletrodo AWS EM12K (sólido).

O percentual de ferrita acicular no conjunto utilizando eletrodo tubular (89%) é relativamente alto quando comparado com o conjunto utilizando eletrodo sólido (54%).

Quando se utilizou eletrodo tubular, os níveis de ferrita de segunda fase ficaram praticamente desprezíveis.

A dureza do metal como soldado aumentou com o crescimento do percentual de ferrita acicular.

A dureza do metal como soldado diminuiu com o alívio de tensão.

O limite de resistência cresceu com o aumento do percentual de ferrita acicular.

O limite de escoamento aumentou com o crescimento no percentual de ferrita acicular.

Houve uma redução nos valores do módulo de elasticidade e do limite de escoamento nos corpos de prova que sofreram alívio de tensão para o percentual de ferrita acicular mais baixo. Para o percentual de ferrita acicular mais alto, ocorreu um aumento.

O limite de resistência aumentou quando ocorreu o alívio de tensão para o percentual de ferrita acicular menor, e diminuiu para o percentual de ferrita acicular maior.

O alongamento diminuiu com o aumento no percentual de ferrita acicular.

Com o aumento no percentual de ferrita acicular observou-se uma diminuição na energia absorvida no ensaio de impacto Charpy.

A energia total absorvida diminuiu com o alívio de tensão no nível de ferrita acicular menor e aumentou no nível de ferrita acicular maior.

7. AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo auxílio financeiro e bolsa concedida, à CALDEMA pelo apoio e fornecimento de materiais, à ESAB pelo fornecimento de materiais, ao Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística da EESC-USP pela estrutura.

8. REFERÊNCIAS

1. Wainer, E.; Brandi, S.D. et. al, Soldagem - Processos e Metalurgia, **Editora Edgard Blücher Ltda**, São Paulo, Brasil, 1992.
2. Paranhos, R. e Souza, A.C., Soldagem a Arco Submerso, **Coleção Soldagem 2000**, 77 pp, volume 2, FIRJAN/SENAI, Rio de Janeiro, 1999.
3. Gehring, M. and Studholme, S., Fabricators Pleased with Increased Submerged Arc Productivity from Cored Wires, **Svetsaren**, nº 1 - 2, pp. 70-72, 1999.
4. Grong, O. and Matlock, D.K., Microstructural development in mild and low-alloy steel weld metals, **International Metals Reviews**, Vol. 31, nº 1, pp. 27-48, 1986.
5. David, S.A. and Vitek, J.M., Correlation between solidification parameters and weld microstructures, **International Materials Reviews**, pp. 213-245, Volume 34, Nº 5, 1989.
6. Machado, I.G., Soldagens & Técnicas Conexas: Processos, **Laboratório de Soldagem & Técnicas Conexas (LS&TC)**, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 1996.
7. Blake, P.D., Oxygen and nitrogen in weld metal, **Welding Research International**, Volume 9, Number 1, pp. 23-56, 1979.
8. Fiore, S.R. and Amata, M., The basics of self-shielded flux cored arc welding, **Svetsaren**, nº 1 - 2, pp. 57-62, 1997.
9. Evans, G.M., Effect of Manganese on the Microstructure and Properties of All-Weld Metal Deposits, **Welding Journal**, pp. 67s-75s, March, 1980.
10. IIW - International Institute of Welding, Guide to the Light Microscope Examination of Ferritic Steel Weld Metals, **Doc. Nº IX-1522-88 IXJ-123-87 Revision 2**, June, 1988.

11. ASTM, Norma **E92-82**, Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials, 1997.
12. British Standards Institution, Norma **BS709:1983**, Methods of destructive testing fusion welded joints and weld metal in steel, 1983.
13. ASTM, Norma **E23-96**, Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, 1996.
14. Gomes, S.I.N e Dias, M.F.M., Efeito da austenita retida nas propriedades mecânicas de metais de solda depositados com e sem adição de pó metálico em aço de resistência ambiental, **In: Anais do 2º Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Matérias**, CD-ROM, ABM, São Paulo, 1997.

9. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EFFECT IN THE SOLID BY CORED WIRE REPLACEMENT ON THE MECHANICAL PROPERTIES IN THE SUBMERGED ARC WELDING

Samuel Irati Novaes Gomes

USP; Materials, Aeronautics and Automobilitic Engineering Department; Av. Trabalhador São-carlense 400, São Carlos-SP, CEP: 13566-590, Fone (16)33739576 – irati@sc.usp.br.

Kléber Mendes de Figueiredo

USP; Materials, Aeronautics and Automobilitic Engineering Department; Av. Trabalhador São-carlense 400, São Carlos-SP, CEP 13566-590, Fone (16)33739592 e CEFET-MA, Materials and Mechanics Department, Fone (98)32189044 – kleber@cefet-ma.br.

***Abstract.** A single and economical mode of to increase the productivity in the submerged arc welding is the solid by cored wire replacement. The cored wire utilization promotes microstructural variation in the weld metal which changes their mechanical properties, such as hardness, stretching and impact toughness. The aim of this work is to study these changes when cored wire is utilized. The steel ASTM-A516 was utilized as base plate with SFA/AWS A5.17F6A4 flux. The weld metal made with AWS EM12K solid wire with 4(four) mm of diameter and the weld metal with AWS E71T-5 cored wire with 4(four) mm of diameter was compared. The heat input was kept similar. The hardness, tensile and Charpy test were carried out in weld metals with and without stress relief. The hardness, the yield stress and the tensile strength were increased and the modulus of elasticity, the elongation and the total absorbed energy in the impact test were decreased.*

Keywords: submerged arc welding, cored wire, mechanical properties, microstructure.