

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE PREAQUECIMENTO EM SOLDAS FCAW AUTOPROTEGIDO E COM PROTEÇÃO GASOSA

José Hilton Ferreira da Silva¹, jhiltonsilva@yahoo.com.br
Roseana da Exaltação Trevisan², roseana@fem.unicamp.br

¹ Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Fone: (71) 3283-9701
Rua Aristides Novis, 02, Federação, Salvador – BA. CEP. 40210-630

² Faculdade de Engenharia Mecânica- Unicamp, Rua Mendeleiev, s/n - Cidade Universitária "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo - Campinas – SP, Caixa Postal: 6122 CEP: 13.083-970

Resumo: Neste trabalho propõe-se avaliar a influência da temperatura de preaquecimento sobre a morfologia de cordões de solda e microestrutura do metal de solda no processo FCAW e correlacioná-los com a suscetibilidade das soldas ao fenômeno trinca induzida pelo hidrogênio. Para o desenvolvimento do trabalho, o processo FCAW foi executado com dois tipos de arames tubulares: o arame autoprottegido E71T8-K6, com diâmetro de 1,7mm e o arame com proteção auxiliar de gás E71T-1, com diâmetro de 1,6mm. O desenvolvimento experimental foi realizado de forma totalmente aleatória, com o auxílio de um procedimento conhecido como planejamento fatorial 2²; foram utilizadas como variáveis de influência o tipo de arame tubular e a temperatura de preaquecimento, e como variáveis de resposta foram analisados a morfologia dos cordões de solda (penetração, largura, reforço e diluição) e a microestrutura dos metais de solda. Cinco réplicas foram realizadas para cada condição de ensaio e os resultados analisados para uma confiança de 95%. Os resultados mostraram que a temperatura de preaquecimento influenciou na morfologia dos cordões de solda, independentemente do processo; os resultados mostraram ainda que as microestruturas dos metais de solda foram influenciadas pelo tipo de arame e pela temperatura de preaquecimento, mas não são determinantes para avaliar a suscetibilidade dos metais de solda às trincas induzidas pelo hidrogênio.

Palavras-chave: Processo FCAW; Temperatura de preaquecimento; metal de solda, microestrutura.

1. INTRODUÇÃO

O processo de soldagem a arco com eletrodo tubular (FCAW) evoluiu do processo MIG/MAG com o objetivo de melhorar a ação do arco, a transferência do metal, as propriedades do metal de solda e a aparência da solda. Atualmente este processo representa uma excelente alternativa para alta produtividade com qualidade (Machado, 1996). A utilização do processo FCAW tem crescido muito nos últimos anos, principalmente nos Estados Unidos, Japão e na Europa, devido às suas características e ao desenvolvimento de novos tipos de consumíveis. O interesse por este processo de soldagem também aumentou no Brasil, a partir da década de 90 (Domingues & Ros, 1996).

Existem duas variações básicas do processo FCAW: uma em que toda a proteção necessária é obtida com a queima do fluxo contido no arame tubular, chamado de arame tubular autoprottegido; e outra em que a proteção é complementada por uma nuvem de gás, geralmente CO₂ puro ou misturas desse gás com argônio e algumas vezes, também com oxigênio.

Na seleção de um aço estrutural, a soldabilidade e propriedades mecânicas de juntas soldadas são itens tão importantes quanto às propriedades individuais do aço. Recentemente, fatores como elevada resistência mecânica do metal de base (MB), utilização de processos de soldagem caracterizados por alta taxa de diluição, uso generalizado de elementos microligantes e especificações cada vez mais restritivas no que concerne aos valores de impacto, deram ênfase à responsabilidade da operação de soldagem na integridade final da estrutura.

Na análise microestrutural do metal de solda e da zona afetada pelo calor, a formação de microestruturas susceptíveis à fragilização ocorre com facilidade devido à grande variação nas taxas de resfriamento. A microestrutura da zona afetada pelo calor (ZAC) e do metal de solda (MS) influenciam significativamente no surgimento de trincas induzidas pelo hidrogênio. Microestruturas martensíticas, bainíticas e ferrita de contornos de grão são mais sensíveis a este fenômeno. As estruturas mais susceptíveis às trincas a frio induzidas pelo hidrogênio são as microestruturas formadas a baixas temperaturas de transformação de fase no estado sólido e resultantes de altas taxas de resfriamento, como é caso das estruturas martensíticas. Entretanto, a ferrita acicular, por ser uma microestrutura constituída de grãos de tamanho muito reduzido, juntamente com seus contornos de alto ângulo e alta densidade de discordância, dificulta a

nucleação e propagação de trincas e, ao mesmo tempo, propicia uma excelente combinação de resistência e tenacidade, o que a torna uma microestrutura bastante desejável no controle das trincas induzidas pelo hidrogênio em metais de solda de aços de alta resistência. De modo geral, para aços C-Mn e de alta resistência, quanto mais frágil a microestrutura do MS e/ou da ZAC, maior a susceptibilidade às TIH (2,4).

De acordo com o processo de soldagem, o tipo de metal de adição e as condições de soldagem utilizadas, pode haver uma maior ou menor diluição do metal de base na formação do cordão de solda. Estudos (Marianetti, 1998; Adonyi, 1998; Atkins et al., 2002) têm sido desenvolvidos utilizando apenas um tipo de material como metal de base na avaliação da susceptibilidade de MS ao fenômeno TIH. Chakravarti & Bala (1989) mostraram que a diluição do metal de base no MS exerce relevante influência sobre os resultados da susceptibilidade de metais de solda às TIH. Logo, a provável influência do metal de base e sua diluição sobre os resultados de TIH nas pesquisas não está sendo considerada.

As trincas induzidas pelo hidrogênio têm recebido mais atenção do que qualquer outro fenômeno na área de soldagem nos últimos anos e o preaquecimento permanece sendo o método mais largamente usado para eliminar as trincas induzidas por hidrogênio em juntas soldadas. A principal função do preaquecimento é reduzir a taxa de resfriamento e como consequência minimizar a formação de microestruturas susceptíveis, acelerar a difusão do hidrogênio e diminuir as tensões residuais causadas pela soldagem (Quesada & Zalazar, 2002). O preaquecimento afeta a microestrutura do material por meio da taxa de resfriamento entre as temperaturas de 800 e 500°C (ΔT_{8-5}), tem uma forte influência sobre o tempo disponível para difusão do hidrogênio da junta soldada, na faixa de temperatura de 300 até 100°C (Δt_{3-1}), e diminui a diferença de temperatura entre o metal de solda e o metal de base, a qual reduz a quantidade de deformações e esforços residuais que possam se apresentar na junta soldada.

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar a influência da temperatura de preaquecimento sobre a morfologia de cordões de solda e a microestrutura do metal de solda de dois diferentes tipos de arames tubulares; analisar estatisticamente a confiança nos resultados e correlacioná-los com a suscetibilidade das soldas ao fenômeno trinca induzida pelo hidrogênio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Metal de Base utilizado, para o desenvolvimento experimental deste trabalho, foi o aço API X80. A composição química fornecida pelo fabricante e o valor do carbono equivalente (parâmetro de trinca do metal de solda - Pcm), estão mostrados na Tab. (1).

Tabela 1. Composição química do aço API X80

Composição Química (% em peso)								
C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	V
0,04	0,17	1,75	0,019	0,004	0,032	0,01	0,073	0,005
Ti	Cr	Ni	Mo	N	B	Ca	Sb	CE (Pcm)
0,013	0,21	0,02	0,16	0,0035	0,0002	0,0014	0,01	0,156

Foram selecionados dois tipos de arames tubulares: o arame autoprottegido (FCAW-SS) do tipo E71T8-K6, com diâmetro de 1,7 mm e o arame com proteção auxiliar de gás (FCAW-SG) do tipo E71T-1, com diâmetro de 1,6 mm. A composição química dos arames foi fornecida pelo fabricante e estão apresentadas na Tab. (2).

Tabela 2. Propriedades mecânicas e composição química dos arames tubulares

Composição Química (% em peso)								
Arame	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Cr
E71T8-K6	0,04	0,24	0,91	0,006	0,003	0,77	0,92	0,03
E71T-1	0,04	0,59	1,41	0,012	0,006	-	-	-

O gás de proteção utilizado para a soldagem com arame E71T-1 foi o CO₂ com vazão de 15 l/min, conforme a recomendação do fabricante do arame.

As soldas foram realizadas no laboratório de soldagem da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), para tanto foi utilizada uma célula constituída por uma central de soldagem a arco micro processada, multiprocessos e sinérgica “MTE Digitec 450/600” e um carro motriz, Modelo 5302 BUG-O SYSTEM, para sustentação/translação da tocha.

A energia nominal de soldagem (Es) gerada pelo arco foi utilizada como parâmetro de controle. A corrente (I) e tensão (U) de soldagem foram monitoradas por um sistema de aquisição computadorizado, constituído de uma placa A/D e do Software Oscilos4. A energia nominal de soldagem foi calculada em função da corrente (I), da tensão (U) e da velocidade de soldagem (Vs), como mostrado na Eq. (1).

$$E_s = \frac{60 \cdot I \cdot U}{1000 \cdot V_s} \quad (1)$$

Os parâmetros de soldagem foram definidos a partir de recomendações do fabricante dos eletrodos, catálogos, livros (Welding Handbook - AWS, 1991; Machado, 1996). As condições de soldagem foram definidas de forma a se obter um arco estável, cordões de solda homogêneos e com qualidade superficial. Com base nestes requisitos e em ensaios preliminares realizados foi verificado que, devido às diferenças entre os arames, as condições de soldagem não poderiam ser as mesmas para os dois arames tubulares. A partir daí decidiu-se manter constante, também, além da energia nominal de soldagem, a constante de deposição (K_D), que é calculada em função da velocidade de alimentação do arame (V_a) e da velocidade de soldagem, conforme mostrado na Eq. (2).

$$K_D = \frac{V_a}{V_s} \quad (2)$$

A constante de deposição K_D , isto é, a relação entre a velocidade de alimentação do arame e a velocidade de soldagem foi sempre igual para os dois arames tubulares.

Esse procedimento teve como objetivo, também, manter mais um referencial constante entre os testes, bem como para diminuir a interferência de qualquer diferença na quantidade de material depositado por comprimento de solda na análise dos resultados.

As condições de soldagem selecionadas utilizadas nos ensaios experimentais, para os arames tubulares E71T-1 e E71T8-K6, são apresentadas na Tab. 3.

Tabela 3. Parâmetros de soldagem para os diferentes arames tubulares

Arame	I (A)	U (V)	V_a (m/min)	V_s (mm/min)	DBCP (mm)	E_s (kJ/mm)	K_D (V_a/V_s)
E71T-1	200	25	3,5	150	19	~2	23,33
E71T8-K6	220	22	3,5	150	25	~2	23,33

Comparando-se as condições de soldagem apresentados na Tabela 4.1, para cada arame tubular, observa-se que os parâmetros de soldagem utilizados para os arames tubulares E71T-1 e E71T8-K6 apresentaram diferenças. O arame E71T8-K6 usou maior corrente de soldagem e distância bico de contato peça (DBCP), enquanto o arame E71T-1 foi usado com maior tensão do arco. Esse comportamento dos parâmetros de soldagem deve-se, principalmente, às características peculiares de cada tipo de arame, tais como tipo de fluxo, tipo de proteção e polaridade da corrente.

Para a seleção das temperaturas de preaquecimento utilizadas foi usado o estudo de Yurioka (2002), que realizou uma comparação entre quatro métodos utilizados para o cálculo da temperatura de preaquecimento em aços estruturais de conteúdo de carbono entre 0,034% até 0,234%.

Os arames tubulares utilizados nesta pesquisa possuem hidrogênio difusível entre 10 e 15ml/100g, para as condições de soldagem usadas neste estudo. Assim, foram selecionadas e utilizadas nos ensaios experimentais as seguintes temperaturas:

⇒ Temperatura ambiente (T_{amb}) – no caso das condições ambientais desse trabalho, essa temperatura oscilou entre 18 e 25°C.

⇒ Temperatura de 100°C (T_{100}) – correspondente ao método BS 5135, que é o mais conservador dos quatro métodos analisados, e fornece o valor mais alto dos apresentados no estudo de Yurioka (2002).

O preaquecimento foi realizado com chama de oxigás. O monitoramento e aquisição dos ciclos térmicos de soldagem foram realizados por um sistema composto com um microcomputador, um programa Aqdados da Lynx Technology, com uma placa de conversão A/D, e um termopar mineral “Tipo K” com um diâmetro de 1,6 mm.

Um planejamento fatorial 2^2 foi utilizado no desenvolvimento dos ensaios. As variáveis de influência foram a temperatura inicial dos corpos de prova: temperatura ambiente (entre 25 e 28 °C) e preaquecimento a 100 °C, e dois tipos de arames tubulares (E71T-1 e E71T8-K6). As variáveis de resposta foram a morfologia dos cordões de solda e a microestrutura dos metais de solda.

Foi definida previamente a realização de 5 réplicas para cada condição, resultando num total de 20 ensaios. Os ensaios experimentais foram realizados numa seqüência totalmente aleatorizada objetivando, além de minimizar o erro aleatório das condições ambientais sobre os resultados dos ensaios e diminuir os erros provocados por vícios inerentes às práticas experimentais. A metodologia adotada para avaliar os resultados obtidos consistiu de uma análise de variância com nível de significância de 5%, o que indica uma confiabilidade de 95% (Montgomery, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados em função da morfologia dos cordões de solda e da microestrutura do metal de solda para as temperaturas de preaquecimento e diferentes tipos de arames tubulares.

3.1. Análise da morfologia dos cordões de solda

Durante a apresentação dos resultados da morfologia dos cordões de solda executados com os diferentes arames tubulares e temperaturas de preaquecimento, o arame tubular E71T-1 é identificado como T1amb quando o ensaio foi realizado à temperatura ambiente e como T1100 quando foi executado com preaquecimento de 100°C. Já o arame tubular autoprotégido E71T8-K6 é identificado como T8amb quando o ensaio for realizado à temperatura ambiente e por T8100 quando for realizado com preaquecimento, também, de 100°C.

São apresentados na Tab. 4 os valores médios para os resultados da morfologia dos cordões de solda, ou seja, os parâmetros geométricos: penetração (p), largura (b), reforço (r) e diluição (D) dos cordões de solda.

Tabela 4. Parâmetros geométricos dos cordões de solda

Arame / Temperatura	Parâmetros geométricos			
	p (mm)	b (mm)	r (mm)	D (%)
T1amb	0,7	14,9	2,9	23,5
T1100	1,1	16,9	2,7	25,4
T8amb	3,5	11,7	3,2	43,4
T8100	4,1	12,2	3,0	54,2

Para uma melhor visualização dos resultados apresentados na Tab. 4, são mostradas na Fig. 1 macrografias representativas das seções transversais dos cordões de solda.

Analisando-se a Tab. 4 e a Fig. 1, pode ser observado que, mesmo quando se mantêm constantes a energia nominal de soldagem e a constante de deposição, os cordões de solda apresentaram variações nas suas morfologias.

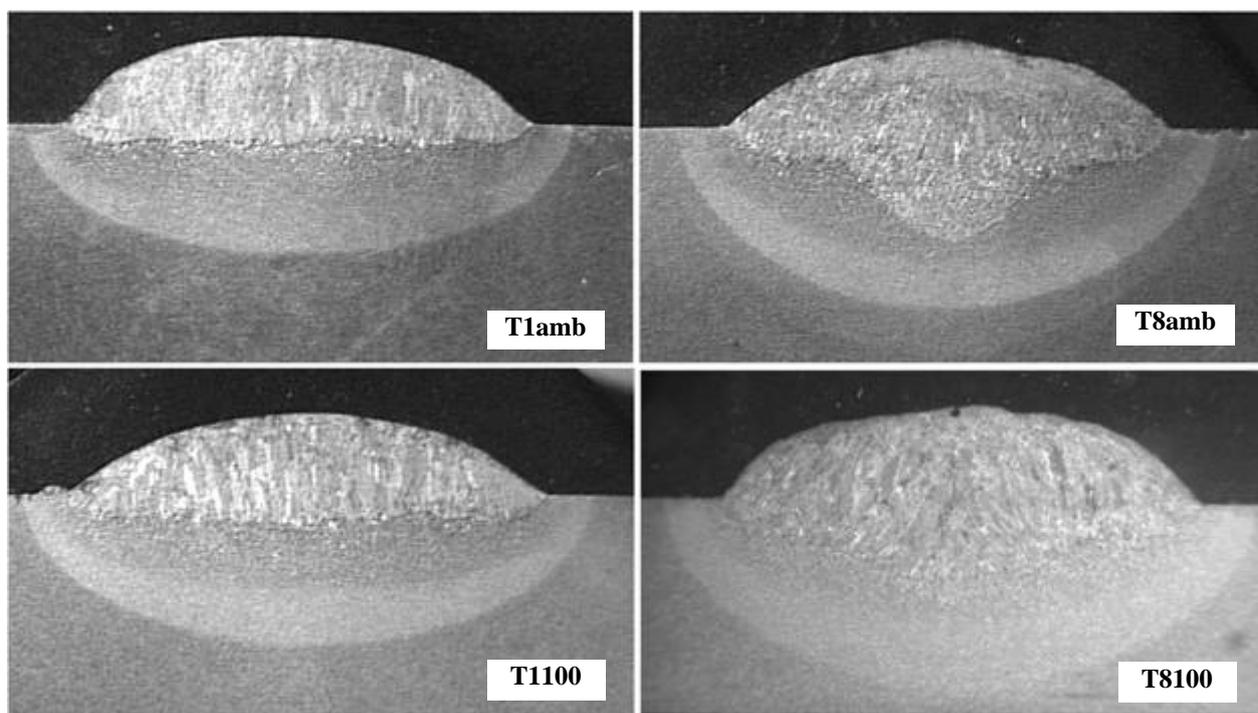


Figura 1. Macrografias das seções transversais dos cordões de solda ensaiados

Os cordões de solda executados com o arame E71T8-K6 apresentaram maiores penetração, reforço e diluição, independentemente da temperatura de preaquecimento. Os cordões soldados com o arame E71T-1 apresentaram maior largura também, independentemente da temperatura de preaquecimento.

Ainda, analisando a Tab. 4 e a Fig. 1, observa-se que os cordões de solda executados com preaquecimento de 100°C apresentaram variações nas suas morfologias para os dois tipos de arames tubulares. Nota-se também que todos os parâmetros geométricos dos cordões de solda aumentaram com o preaquecimento do material, com exceção do reforço que diminuiu.

Os resultados apresentados na Tab. 4 foram submetidos a uma análise de variância, para comprovar a influência do tipo de arame tubular e da temperatura de preaquecimento sobre a morfologia dos cordões de solda. A análise

comprovou que, mesmo quando se mantêm constantes a energia nominal de soldagem e a constante de deposição, todos os parâmetros (penetração, largura, reforço e diluição) foram influenciados pelo tipo de arame tubular e pela temperatura de preaquecimento. Geralmente, a polaridade inversa (CCEP) produz maior penetração; segundo Machado (1996), a penetração do cordão de solda é reduzida quando são usados arames tubulares autoprotetidos em comparação com arames tubulares que usam proteção auxiliar de gás, principalmente CO₂, para o mesmo nível de corrente. No entanto, a análise de variância dos resultados permite observar que, independentemente do preaquecimento, o arame autoprotetido E71T8-K6 apresentou um maior poder de penetração axial que o arame com proteção auxiliar de gás E71T-1. Este resultado corrobora com estudos (Cooper Ordoñez, Silva & Trevisan, 2004; Silva, Arantes & Trevisan; 2003), realizados com arames tubulares.

Os cordões de solda executados com o arame tubular autoprotetido E71T8-K6 apresentaram maior diluição do metal de base, independentemente da temperatura de preaquecimento. Os cordões executados com preaquecimento de 100°C também apresentaram maior diluição quando soldados com os dois tipos de arames tubulares. Assim, é significativa a diluição do metal de base no metal de solda. No entanto, a provável influência da diluição do metal de base sobre os resultados de TIH nas pesquisas não está sendo considerada por muitos pesquisadores. A diluição do metal de base no cordão de solda é, provavelmente, relevante para os resultados de TIH em metais de solda. E, conseqüentemente, deve ser considerada nos resultados dos diversos testes de suscetibilidade de metais de solda ao fenômeno trincas induzida pelo hidrogênio.

3.2. Análise da caracterização microestrutural do metal de solda

A caracterização microestrutural dos cordões de solda foi realizada com referência a terminologia dos constituintes do metal de solda recomendada pelo International Institute of Welding – IIW (Alé, Jorge & Rebello, 1993; Svensson, 1994). A Fig. (2) apresenta uma micrografia representativa, realizada por microscopia óptica (MO) do metal de solda executado com o arame E71T-1 à temperatura ambiente, em que pode ser observado que o metal de solda apresenta uma microestrutura fina com grande diversidade de fase, produto da transformação austenita-ferrita.

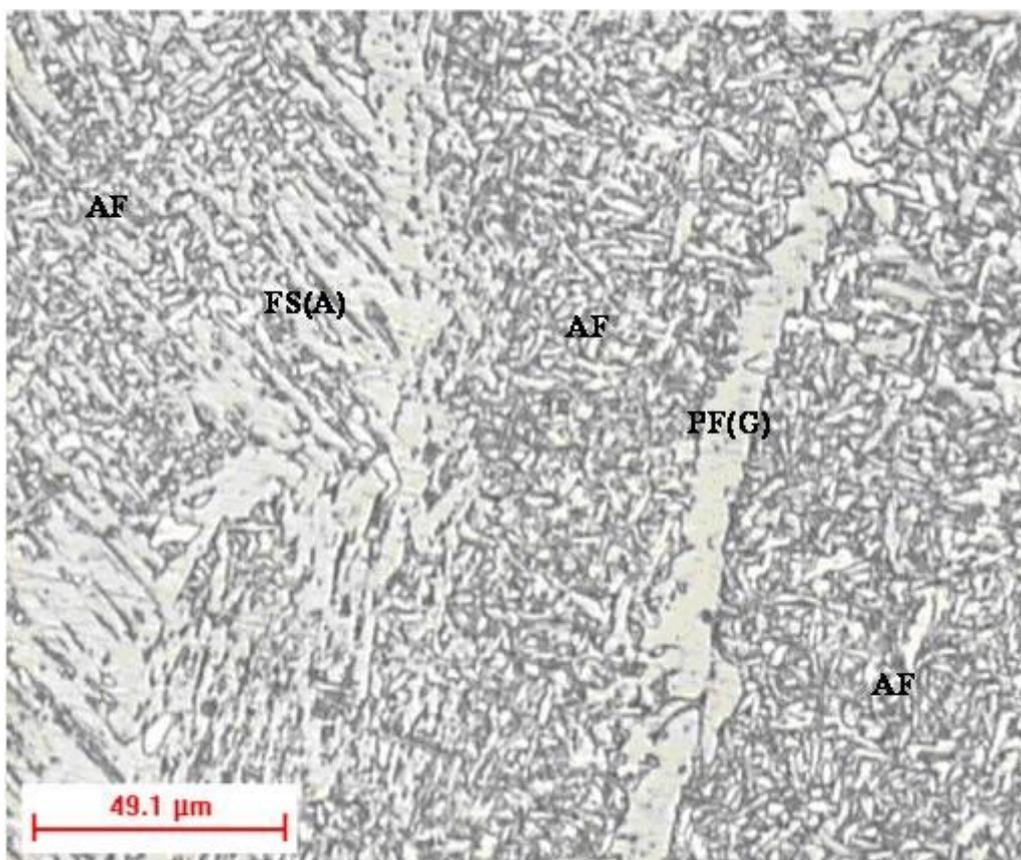


Figura 2. Micrografia do metal de solda obtido com o arame E71T-1 à temperatura ambiente

Na Fig. (2) pode ser observado, fundamentalmente, ferrita intragranular de grão fino, com uma morfologia de emaranhado e com grãos se entrecruzando (Ferrita Acicular – AF). Observam-se, também, ripas de ferrita paralelas (Ferrita de segunda fase alinhada – FS(A)), e veios de ferrita associados a contornos de grão austenítico (Ferrita de Contorno de Grão – PF(G)).

A ferrita acicular é o constituinte mais desejável para prevenir trincas induzidas pelo hidrogênio, pois os grãos finos da AF e os contornos de alto ângulo favorecem uma excelente resistência à ocorrência do fenômeno. A PF(G), embora não seja inteiramente frágil, é considerado um sítio de nucleação de trincas de hidrogênio, por ser um microconstituente geralmente circundado por microestruturas de maior resistência e maior fragilidade que não resistem às deformações impostas pela concentração de tensão. Logo as trincas podem ser nucleadas nessa fase. A PF(G) ao lado da Martensita (M) e Bainita (B) é considerada o microconstituente mais susceptível ao trincamento por hidrogênio.

A Fig. (3) apresenta uma micrografia representativa do metal de solda obtido com o arame E71T8-K6 à temperatura ambiente. Na figura pode ser observado que o metal de solda apresenta uma microestrutura composta com bastante FS(A), observa-se também AF e PF(G). Quando se analisa as Fig. (2) e Fig. (3), observa-se uma grande semelhança qualitativa dos microconstituintes, mas quantitativamente é verificado que o metal de solda do arame E71T-1 apresenta mais AF, o que favorece a sua resistência ao trincamento por hidrogênio; no entanto a presença da PF(G) é mais acentuada e prejudicial ao trincamento a frio. O metal de solda do arame E71T8-K6 apresenta mais FS(A), que favorece a nucleação de trincas.

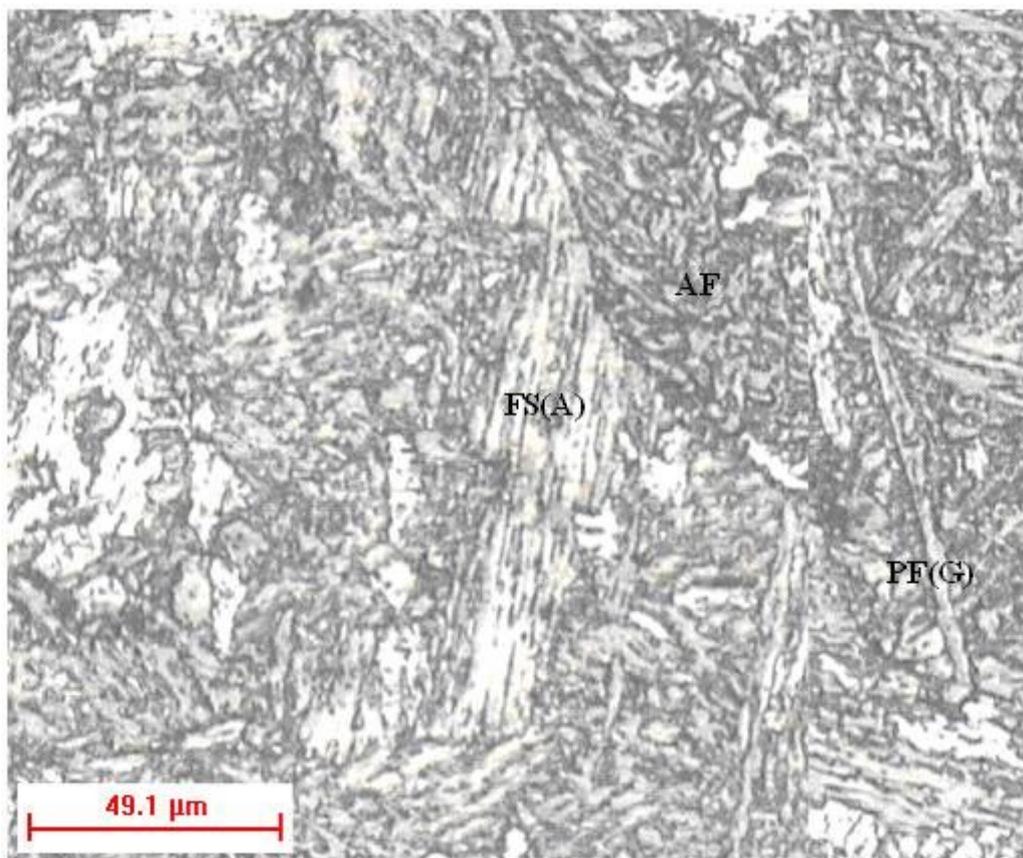


Figura 3. Micrografia do MS obtido com o arame E71T8-K6 à temperatura ambiente

A análise microestrutural dos metais de solda mostra que não existem mudanças microestruturais significativas entre os arames, quando soldados a temperatura ambiente. Do ponto de vista do trincamento por hidrogênio, o MS do arame E71T-1 se beneficia da grande presença de AF, mas é prejudicado pela presença mais acentuada da PF(G). O metal de solda do arame E71T8-K6, por sua vez, tem a desvantagem de ter menos AF e mais FS(A), no entanto a presença da PF(G) é menos acentuada, favorecendo sua resistência à ocorrência do fenômeno. Portanto, verifica-se que as microestruturas não devem, provavelmente, exercer influências significativas nas susceptibilidades dos metais de solda ao trincamento por hidrogênio. Logo, o teor de hidrogênio difusível e a intensidade das tensões residuais no metal de solda serão determinantes na susceptibilidade dos arames tubulares analisados.

As micrografias representativas das microestruturas dos metais de solda obtidos com o preaquecimento do aço API X80 à temperatura de 100°C são mostradas na Fig. (4), para o arame E71T-1 e na Fig. (5), para o arame E71T8-K6. Na análise das figuras pode ser observado que o MS está constituído com muita AF e alguns veios de PF(G). No entanto, a composição microestrutural dos metais de solda que sofreram preaquecimento apresenta uma formação de microestruturas menos frágeis, tornando, conseqüentemente, os metais de solda mais resistentes a nucleação de trincas induzidas pelo hidrogênio, conforme observou Silva (2005).

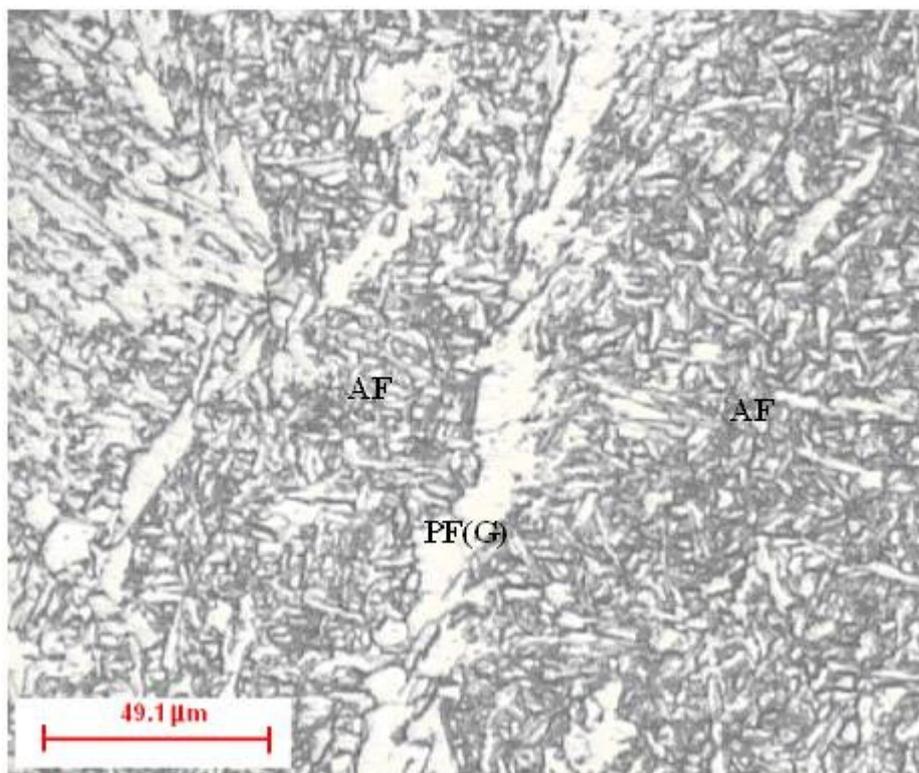


Figura 4. Micrografia do metal de solda obtido com o arame E71T-1 a 100 °C

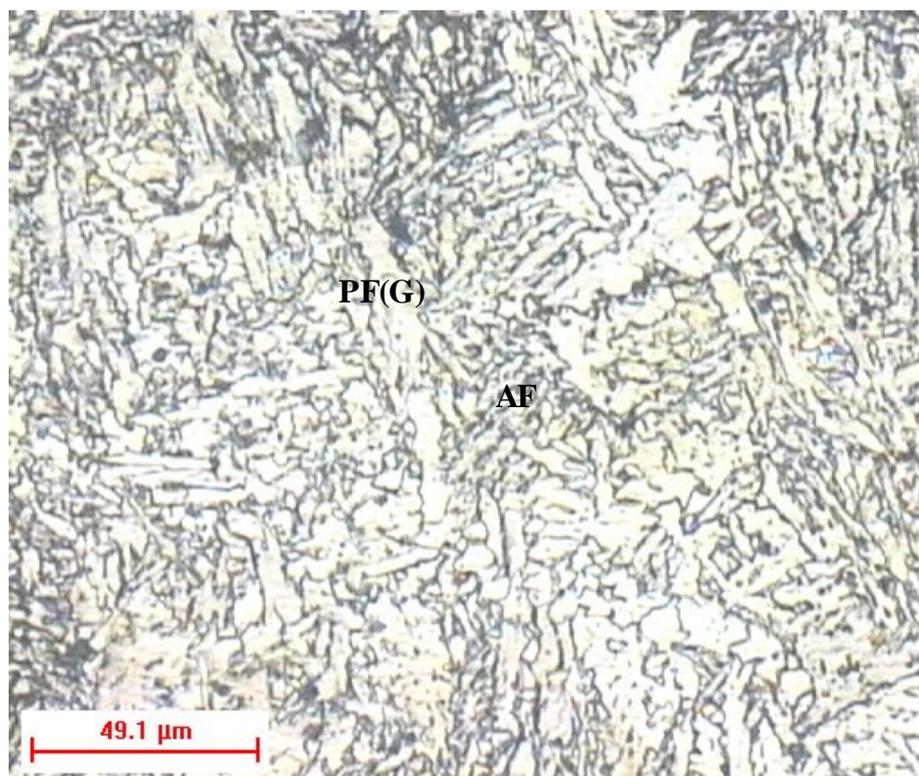


Figura 5. Micrografia do metal de solda obtido com o arame E71T8-K6 a 100 °C

Estes resultados corroboram com a literatura, que o preaquecimento ao diminuir a taxa de resfriamento do cordão de solda as chances para formação de trincas induzidas pelo hidrogênio são menores, pois o preaquecimento reduz a possibilidade de surgimento de uma microestrutura frágil, aumenta o tempo para o hidrogênio se difundir do metal de solda e diminui os níveis de tensões nas juntas soldadas.

4. CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos, na metodologia experimental usada e nos resultados obtidos e discutidos, algumas conclusões podem ser pressupostas.

- ✓ A morfologia dos cordões de solda foi influenciada pela temperatura de preaquecimento, independentemente do tipo de arame tubular.
- ✓ Os cordões de solda executados com o arame tubular autoprotetido E71T8-K6 apresentaram maior diluição do metal de base, independentemente da temperatura de preaquecimento.
- ✓ A análise microestrutural dos metais de solda mostrou que não existem mudanças microestruturais significantes entre os arames, quando soldados a temperatura ambiente.
- ✓ A composição microestrutural dos metais de solda que sofreram preaquecimento apresenta uma formação de microestruturas menos frágeis, tornando, conseqüentemente, os metais de solda mais resistentes a nucleação e propagação de trincas induzidas pelo hidrogênio.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp e ao CNPq pelo auxílio financeiro, que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho. A faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP pela infra-estrutura indispensável de seus laboratórios

6. REFERÊNCIAS

- Adonyi, Y. **Weldability of High Performance Steels**. In: Conference of high performance steel, 2000, Baltimore, Maryland. Pp. 1-15, 2000. Disponível em <<http://www.nabro.unl.edu/articles/20002012/download/Adonyi1.pdf>> Acesso em: maio 2002.
- Alé, R. M., Jorge, J.C., Rebello, J.M. Constituintes microestruturais de soldas de aço C-Mn baixa liga. Parte II: Metal de Solda. **Soldagem & Materiais**, Arquivo Técnico, v. 1, n. 2, pp. 18-25, 1993.
- Atkins, G. et al. Welding process effects in weldability testing of steel. **Welding Journal**, **81** (4), pp. 61-s – 68-s, April 2002. Disponível em <<http://www.aws.org/wj/supplement/04-2002-ATKINS-s.pdf>> Acesso em: Fevereiro 2003.
- Chakravarti, A. P., Bala, S. R. Evaluation of weld metal cold cracking using the G-BOP test. **Welding Journal**, 68 (1), pp. 1s-8s, January 1989.
- Cooper Ordoñez, R. E., Silva, J. H. F., Trevisan, R. E. **Propriedades mecânicas de juntas de tubos de aço API X80 soldadas com arames tubulares**. In: Rio Pipeline Expo and Conference, 2000, Rio de Janeiro, RJ. Copyright 2003, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás – IBP. 22-24 de outubro, 2003. CD-ROM.
- Domingues, J. R., Ros, D. A. **Fatores que afetam o teor de hidrogênio difusível na soldagem com arame tubular**. In: Encontro de Tecnologia da Soldagem, 22, 1996, Blumenau, SC. Anais... Associação Brasileira de Soldagem, Julho, 1996, p. 815-822.
- Machado, I. G. **Soldagem & Técnicas Conexas: Processos**. Porto Alegre, RS: Editado pelo Autor, 1996; 447p.
- Marianetti, B. S. C. **The development of the G-BOP test and the assessment of weld metal hydrogen cracking**. Ohio, USA: The Ohio State University, 1998, 184 p. Thesis (Master).
- Montgomery, D. C., Runger, G. C. **Applied statistics and probability for engineers**. New Yory, John Wiley & Sons, 1996.
- Quesada H. J., Zalazar, M. Evaluación a la fisuración en frío de un acero de alta resistencia. **Soldar Conarco**, n 117, pp. 5-8, 2002.
- Silva, J. H. F., Arantes, F. M. L., Trevisan, R. E. **Comparação das características econômicas de eletrodos tubulares e arame sólido em soldas de revestimento**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2003, Uberlândia, MG. ABCM – Associação Brasileira de Ciências Mecânicas. 18-21 maio, 2003. CD-ROM.
- Silva, José Hilton Ferreira da, Proposta de um Novo Ensaio para Avaliar a Susceptibilidade de Metais de Solda ao Fenômeno de Trincas Induzidas pelo Hidrogênio em Diferentes Ambientes, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 160 p. Tese (Doutorado).

Svensson; L. E. **Control of Microstructures and Properties in Steel arc Welds**. The ESAB Group, Esab AB, Gothenburg, Sweden: CRC Pres, Inc., 1994. 240p.

Yurioka, N. **Comparison of Preheat Predictive Methods**. IIW, Doc. n. IX-2025, 2002, 18p.

7. DIREITOS AUTORAIS

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

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PREHEAT TEMPERATURE IN FLUX CORED ARC WELDING PROCESS SELFSHIELDED AND GAS SHIELDED

José Hilton Ferreira da Silva¹, josehiltonfs@cefetba.br
Roseana da Exaltação Trevisan², roseana@fem.unicamp.br

¹ Federate University of the Bahia (UFBA), Salvador, Ba, Brazil
E-mail – josehiltonfs@cefetba.br

² State University of Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brazil
E-mail - roseana@fem.unicamp.br

Abstract. *The objective of the present work is the evaluation the influence of the preheat temperature on the morphology of weld beads and microstructures of the weld metals in the Flux Cored Arc Welding process (FCAW) and to correlate them with the susceptibility of weld metals to the phenomenon hydrogen induced cracking. The FCAW process was executed by two types of flux cored wires: selfshielded flux cored wire E71T8-K6, with diameter of 1,7mm and the wire with auxiliary gas shielding E71T-1, with diameter of 1,6mm. The experimental were carried out with a random factorial design 2²; The input variables were the type of cored wire and the preheat temperature, and the output variable the morphology of weld wire (penetration, width, reinforcement and dilution). Results were submitted to a variance analysis and a 95% confidence interval was utilized. The results showed that the weld wires obtained with the selfshielded FCAW process presented bigger penetration, dilution and reinforcement; what the temperature of preheating influenced the morphology of the weld wires, independently of the process. It can be concluded that the microstructures from the metal of solder were influenced by the type of wire and by the temperature of preheating.*

Keywords: *FCAW Process; Preheat temperature; Weld metal, microstructure.*