

ESTUDO DE TRINCAS INDUZIDAS PELO HIDROGÊNIO NO METAL DE SOLDA DO AÇO API X80 ATRAVÉS DO TESTE G-BOP

José Hilton Ferreira da Silva

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP, Brasil

E-mail - jhilton@fem.unicamp.br

Robert Eduardo Cooper Ordoñez

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP, Brasil

E-mail - recooper@fem.unicamp.br

Roseana da Exaltação Trevisan

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. Campinas, SP, Brasil

E-mail - roseana@fem.unicamp.br

Resumo. *Um dos defeitos mais grave relativo à soldagem dos aços de Alta Resistência e Baixa Liga (ARBL) são as indesejáveis trincas induzidas pelo hidrogênio (TIH), também conhecidas como trincas a frio. Dentre os vários testes de soldabilidade utilizados para avaliar a susceptibilidade de juntas soldadas quanto ao trincamento induzido pelo hidrogênio, o teste G-BOP (Gapped Bead-on-Plate) apresenta-se com um grande potencial para avaliar trincas a frio no metal de solda. As principais vantagens deste teste são: simplicidade e segurança na quantificação da susceptibilidade a trincas na zona do metal de solda - MS, e aplicação para estabelecer níveis mínimos de temperaturas de preaquecimento. Recentemente, o processo de soldagem a arco com arame tubular (FCAW) começou a ser aplicado na soldagem de dutos; o uso de arames tubular, em particular os autoprotetidos, tem se mostrado bastante promissor para soldagem de dutos no campo, uma vez que, o arame tubular autoprotetido apresenta-se como a melhor opção à substituição do eletrodo revestido. Este trabalho tem como objetivo a aplicação do teste G-BOP para avaliar trincas de hidrogênio no metal de solda do aço API X80 e estudar a sua viabilidade para avaliar a influência da temperatura de preaquecimento na susceptibilidade à trinca induzida pelo hidrogênio de metais de solda do aço API X80 executados com o arame tubular autoprotetido E71T8-K6. Um Planejamento Aleatorizado por Níveis (PAN), foi usado para o desenvolvimento dos ensaios experimentais e análise dos resultados, correlacionando a presença e percentual de trincas no cordão de solda com a temperatura de preaquecimento. Os resultados mostraram que o teste G-BOP foi eficiente para avaliar a influência da temperatura de preaquecimento na formação de trincas no metal de solda e que o preaquecimento minimiza a susceptibilidade a trincas a frio de soldas do aço API X80, com o arame tubular autoprotetido.*

Palavras-chave: *Trinca a frio, Teste G-BOP, Aço API X80, Temperatura de Preaquecimento.*

1. INTRODUÇÃO

A importância do estudo da soldabilidade dos aços de alta resistência e baixa liga (ARBL), se deve à grande aplicação industrial destes materiais e ao comportamento microestrutural diferente quando submetidos a processos de soldagem. Um dos defeitos mais graves relativos à soldagem dos aços ARBL são as indesejáveis trincas induzidas pelo hidrogênio (TIH). Segundo Di-Jing, Hong & Jianming (1994), o trincamento por hidrogênio acontece entre -100 °C e 200 °C, por isto é

freqüentemente conhecido como trincamento a frio e depende basicamente de três fatores inter-relacionados: quantidade de hidrogênio difusível na solda, nível de tensão no material após o processo de soldagem e microestrutura suscetível.

As TIH podem ocorrer nas várias regiões da junta soldada (metal de base - MB, metal de solda - MS e zona afetada pelo calor - ZAC), dependendo do grau de restrição e da composição do metal de base e do metal de solda. Inúmeros estudos praticamente resolveram e eliminaram esse problema na ZAC, mas o melhor conhecimento e a elaboração de práticas preventivas para esta zona não impediram que essa indesejável trinca a frio se transferisse para o metal de solda. Além disso, a rápida expansão ocorrida nos últimos anos nas indústrias nuclear, química e petroquímica, proporcionou o desenvolvimento de aços com limite de escoamento superior a 600 N/mm^2 e teor de carbono menor que 0,1%. Segundo Davidson (1995), com esses melhoramentos na composição e processamento dos aços, o risco da ocorrência de TIH na ZAC está sendo reduzido e os estudos e pesquisas voltados para o impedimento da ocorrência de TIH no metal de solda têm se tornado cada vez mais importante.

Dentre os vários testes de soldabilidade utilizados para avaliar a susceptibilidade de juntas soldadas quanto ao trincamento induzido pelo hidrogênio, o teste G-BOP (Gapped Bead-on-Plate) apresenta-se com um grande potencial para avaliar trincas a frio no metal de solda. O teste G-BOP consiste de dois blocos, um dos quais tem um entalhe usinado. Em adição ao entalhe, as faces a serem unidas dos dois blocos são, também, usinadas para dar maior sustentação. Os blocos são fixados um ao outro para prevenir que não ocorra a rotação de um deles e um cordão de solda é depositado sobre os blocos na região do entalhe, conforme é mostrado na Fig (1). Após a soldagem, os blocos são mantidos fixos por no mínimo 48 horas. Para avaliar as trincas, a área da solda sobre o entalhe usinado é aquecida por uma fonte de calor até o rubro, sendo em seguida deixada resfriando até a temperatura ambiente, e então o corpo de prova é quebrado e aberto. Quando a secção transversal (região da quebra) do metal de solda apresentar duas superfícies, uma oxidada que corresponde à trinca de hidrogênio e outra resultante da fratura, significa que a trinca estava presente no cordão de solda antes do aquecimento. O aquecimento tem a função de revelar a região previamente trincada (Atkins et. al., 2002; Adonyi, 2000; Davidson, 1995, Chakravarti & Bala, 1989, McParlan & Graville, 1975).

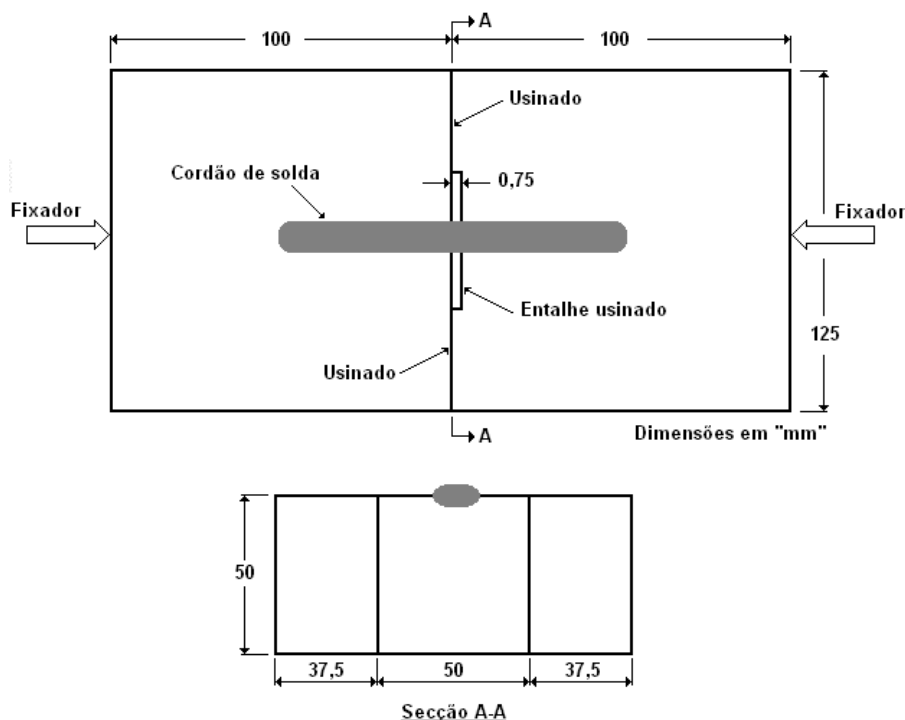


Figura 1. Esquema representativo do teste Gapped Bead-on-Plate (G-BOP) mostrando o cordão de solda depositado (McParlan & Graville, 1976)

O preaquecimento é o método mais largamente usado para eliminar as trincas induzidas por hidrogênio em soldas. Ele diminui a taxa de resfriamento da solda, reduz as chances para formação de microestruturas frágeis, conseqüentemente, influencia nas propriedades mecânicas da junta soldada e aumenta o tempo para o hidrogênio se difundir da solda. Porém, o preaquecimento é uma operação cara para montar, executar e supervisionar. A microestrutura do material é afetada por meio da taxa de resfriamento principalmente entre as temperaturas de 800 e 500°C (T_{8-5}), por outro lado o tempo de difusão do hidrogênio é fortemente influenciado na faixa de temperatura de 300 a 100°C (T_{3-1}). A temperatura de preaquecimento necessária para soldagem dos aços ARBL pode ser determinada por vários métodos. Porém, esses métodos estão baseados em diferentes modelos de cálculo do carbono equivalente (CE), gerando divergências sobre o método mais adequado. Além do que, segundo Davidson (1995), todas as fórmulas de carbono equivalente têm validade limitada em termos de composição química e conseqüentemente são apenas aplicáveis para a classe de aços para os quais elas foram planejadas.

Yurioka (2002) realizou uma comparação de quatro métodos utilizados para o cálculo da temperatura de preaquecimento em aços estruturais de conteúdo de carbono entre 0,034% até 0,234%, incluindo aços ARBL para dutos. A Figura (2) mostra o resultado do estudo para o aço API X80. Como pode ser observado na Fig. (2), para metais de adição com hidrogênio difusível entre 5 e 10 ml/100g, de acordo os métodos da AWS e CE_N , para soldagem do aço X80 não é necessário à utilização de temperatura de preaquecimento, enquanto para os métodos British Standard Institution (BS) e CET é necessário o preaquecimento do aço. Ainda segundo Yurioka (2002), os métodos AWS e CE_N são mais apropriados para a soldagem do aço API X80, enquanto os métodos BS e CET são mais conservadores.

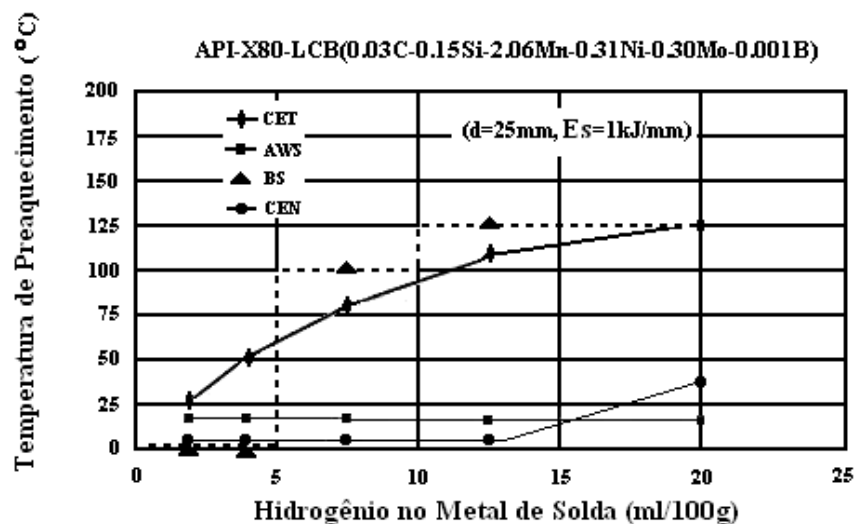


Figura 2. Temperaturas de preaquecimento baseadas no conteúdo de hidrogênio difusível no metal de solda do aço API X80 (Yurioka, 2002)

O aço da classe API X80 tem sido desenvolvido pela indústria Brasileira como um aço de Alta Resistência e Baixa Liga (ARBL), bainítico de baixo carbono na condição de laminado. Estudos têm sido realizados objetivando o desenvolvimento do aço API X80, bem como da sua soldabilidade (Silveira e Silva & Carvalho, 2000). No entanto, a literatura ainda é bastante restrita e poucos trabalhos foram publicados sobre a soldagem deste aço.

O processo de soldagem a arco com arame tubular (FCAW – Flux Cored Arc Welding) tem se mostrado uma alternativa bastante promissora para a soldagem de aços para dutos, em substituição à soldagem a arco com eletrodos revestidos (Mota, 1998).

Esta pesquisa propõe a aplicação do teste G-BOP para avaliar trincas de hidrogênio no metal de solda do aço API X80 executados com o arame tubular autoprotetido E71T8-K6. Este estudo

tem como objetivo, também, estudar a viabilidade do teste G-BOP para avaliar a influência da temperatura de preaquecimento na susceptibilidade à trinca induzida pelo hidrogênio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Metal de Base utilizado, para o desenvolvimento experimental deste trabalho, foi o aço API X80 (API 5L, 2000). O material foi recebido na forma de anéis de tubos com as seguintes dimensões: diâmetro de 762 mm e espessura de 15,8 mm. A composição química fornecida pelo fabricante e o valor do carbono equivalente (parâmetro de trinca modificado ou parâmetro de trincamento do metal de solda - Pcm) calculado segundo a API 5L, estão mostrados na Tab. (1).

Tabela 1. Composição química e parâmetro de trinca modificado (Pcm) 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

O arame tubular autoprotetido E71T8-K6 (AWS A5.29, 1998), com diâmetro de 1,7 mm, foi utilizado como metal de adição para avaliação de trincas a frio no metal de solda. Sua composição química e hidrogênio difusível, fornecidos pelo fabricante, estão mostrados na Tab. (2).

Tabela 2. Composição química e hidrogênio difusível (Hd) do arame E71T8-K6

Composição Química (% em peso)							Hd (ml/100g)
C	Si	Mn	P	S	Mo	Ni	7,6
0,04	0,24	0,91	0,019	0,003	0,003	0,81	

As soldas foram realizadas no LabSolda da UNICAMP, para tanto foi utilizada uma célula constituída por uma central de soldagem a arco microprocessada, multiprocessos e sinérgica “MTE Digitec 450/600” e um carro motriz, Modelo 5302 BUG-O SYSTEM, para sustentação/translação da tocha. A central de soldagem foi ajustada em tensão constante e no modo corrente contínua em polaridade direta (CC⁺) para soldar o arame autoprotetido.

A energia nominal de soldagem (Es) gerada pelo arco foi utilizada como parâmetro de controle. A corrente e tensão de soldagem foram monitoradas por um sistema de aquisição computadorizado, constituído de uma placa A/D e do Software Oscilos4. A energia de soldagem (Es = 2 kJ/mm) foi calculada em função da corrente (I = 230 A), da tensão (U = 22V) e da velocidade de soldagem (Vs = 150 mm/min), como mostrado na Eq. (1).

$$Es = \frac{60 \cdot I \cdot U}{1000 \cdot Vs} \quad (1)$$

O preaquecimento foi realizado com chama de oxiacetileno. 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. O registro da temperatura foi obtido diretamente durante a soldagem, por imersão do termopar na poça metálica em solidificação. Este método é denominado “in situ” (Alcântara, 1983).

Um planejamento aleatorizado por níveis (PAN) com um modelo de efeitos fixo foi utilizado no desenvolvimento dos ensaios. A variável de influência foi a temperatura inicial dos corpos de

prova: temperatura ambiente (entre 25 e 28 °C) e preaquecimento a 100 °C. A variável de resposta foi a presença e o percentual de trincas no cordão de solda. Foram realizadas 3 réplicas para cada condição, resultando num total de 6 ensaios. 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).

A área total da seção transversal do cordão de solda e a área correspondente ao percentual de trinca na seção transversal do metal de solda foram medidas usando o analisador de imagens GLOBAL LAB-IMAGEM/2 e o Software AutoCAD 2000i. As trincas de hidrogênio avaliadas pelo teste G-BOP são quantificadas pela relação entre a área trincada e área total (da seção transversal) do metal de solda, conforme mostrado na Eq. (2).

$$T_H = \frac{A_T}{A_{CS}} \cdot 100 \quad (2)$$

Sendo: T_H = Trincas de Hidrogênio (%);

A_T = Área da Trinca (mm²);

A_{CS} = Área Total do Cordão de Solda (mm²).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como pode ser observado na Fig. (1), os corpos de prova do teste G-BOP são constituídos por dois blocos com dimensões de 125 x 100 x 50 mm. Por ser um teste auto-restritivo, essa espessura se faz necessária para impor ao cordão de solda uma taxa de resfriamento que resulte numa contração brusca e, conseqüentemente, gere a tensão necessária para induzir o metal de solda ao trincamento por hidrogênio. Já as placas de aço API X80, extraídas dos tubos, possuíam espessura de 13 mm, portanto, para que este teste pudesse ser viabilizado no material com espessura menor, foi realizada uma montagem de blocos composta com placas (Adonyi, 2003). Os blocos consistiram de aço ABNT 1020 com 37 mm de espessura e placas de aço API X80, com 13 mm de espessuras. As placas foram montadas e presas por um sistema parafuso, arruela de pressão e porca. Na fixação dos blocos para montagem do corpo de prova foi utilizado um grampo. Esse sistema de fixação, com um aperto de 4 kgf.m, foi aplicado em todos os corpos de prova ensaiados. A Figura (3) apresenta um corpo de prova montado com o grampo fixando dois blocos e um cordão depositado durante o ensaio.

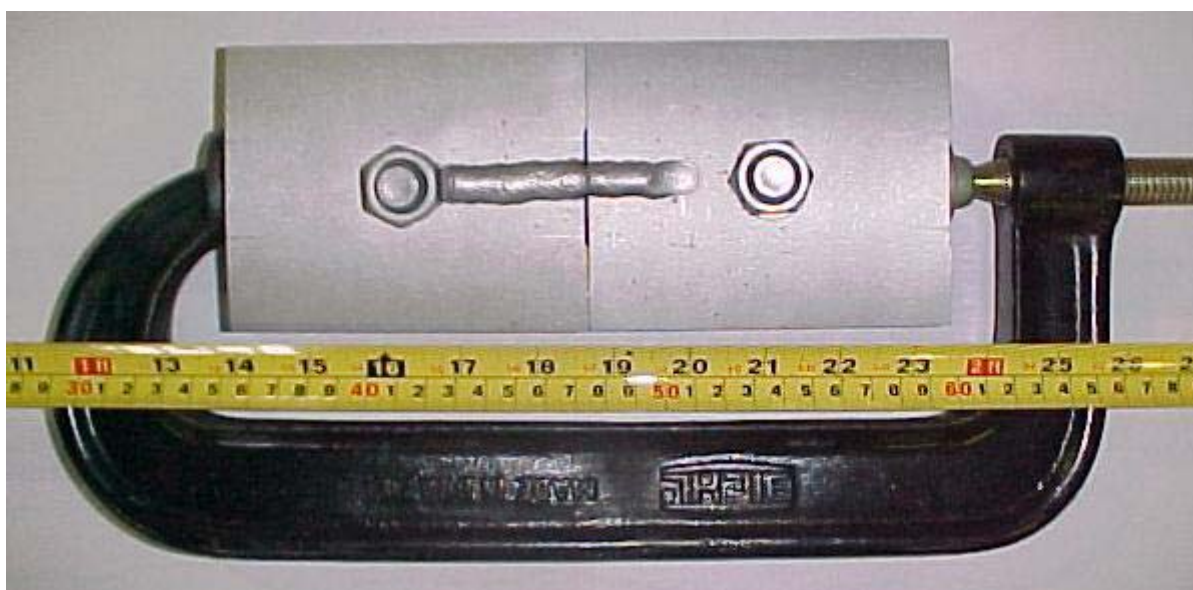


Figura 3. Corpo de prova do teste G-BOP montado e ensaiado

Para seleção das temperaturas de preaquecimento utilizadas nos ensaios foi considerado o estudo de Yurioca (2002), conforme a Fig. (1). O arame tubular E71T8-K6 possui 7,6 ml/100g de hidrogênio difusível. Assim, a temperatura ambiente (T_{amb}) foi escolhida considerando os métodos CE_N e da AWS, como a recomendada para este tipo de aço. A seleção da temperatura de 100 °C (T_{100}) correspondente ao método BS.

Na Figura (4) são mostrados os ciclos térmicos obtidos no metal de solda pelo método “in situ”, para as amostras soldadas a temperatura ambiente e com preaquecimento de 100 °C. Pode-se observar nesta figura que houve uma maior temperatura de pico (1452 °C), no MS executado com preaquecimento de 100°C. Esse maior pico de temperatura deve-se ao aumento de energia provocado pelo preaquecimento do material antes da soldagem.

Ainda na Fig. 5, analisando os dois ciclos térmicos observa-se, também, que o intervalo de tempo, entre as temperaturas de 800°C e 500°C (Δt_{8-5}) foi maior para o MS que utilizou preaquecimento de 100°C, ou seja, 14,16s para T_{100} e 2,5s para T_{amb} , mostrando, assim, a forte influência exercida pelo preaquecimento do material sobre o resfriamento do cordão de solda. Os intervalos de tempo, entre as temperaturas de 300°C e 100°C (Δt_{3-1}), também foram fortemente influenciados pelo preaquecimento. Estes intervalos de tempo duraram 0,9min (54s) para T_{amb} e 31,7min (1902s) para T_{100} . Segundo Chakravarti & Bala (1989) é mais interessante usar Δt_{3-1} ao invés de Δt_{8-5} para determinar o tempo de difusão de hidrogênio. Ele fez a comprovação usando o teste G-BOP e determinou também que aumentando o Δt_{3-1} , existe uma diminuição da porcentagem de trincas ocorridas no metal de solda.

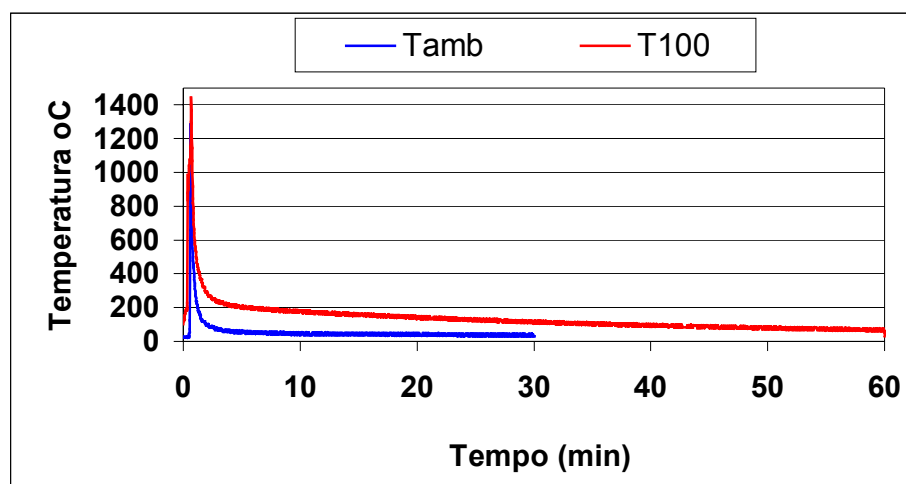


Figura 4. Ciclos térmicos no MS a temperatura ambiente e preaquecido a 100 °C

Depois de realizar as soldas, aguardar 48 horas, tirar a fixação e aquecer o corpo de prova na região do entalhe e aguardar por mais 24 horas, os corpos de prova foram abertos (quebrados).

A Figura (5) mostra macrografias representativas para cada condição de preaquecimento (T_{amb} e T_{100}). Nesta mesma figura pode-se observar que apenas o cordão soldado a temperatura ambiente (T_{amb}) apresentou trinca no metal de solda. Já o cordão ensaiado com temperatura de preaquecimento de 100°C (T_{100}), não apresentaram trincas. Esse comportamento se repetiu em todas as réplicas. Este resultado mostra que o teste G-BOP apresentou repetitividade.

Ainda na Fig. (5) pode ser observado, também, que os cordões de solda executados a temperatura ambiente apresentam duas regiões: uma área oxidada, correspondente às trincas de hidrogênio, e uma região de fratura, ocasionada pela quebra ocorrida durante a abertura do corpo de prova. Os corpos de prova executados com preaquecimento (T_{100}) apresentam apenas uma região de fratura, também resultante da quebra do cordão de solda durante a abertura do corpo de prova, logo se pode observar que não existe trinca de hidrogênio nas amostras.

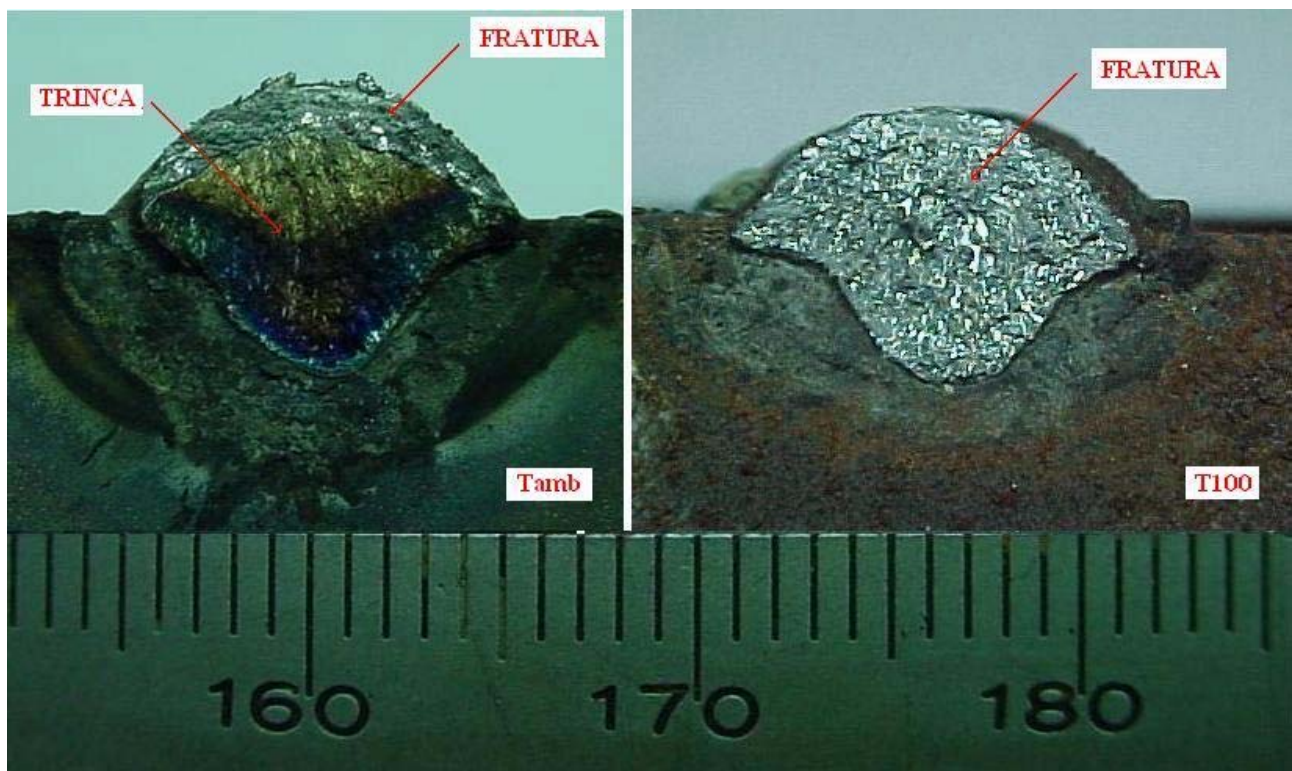


Figura 5. Corpos de prova mostrando as superfícies das fraturas dos cordões de solda para as diferentes temperaturas de preaquecimento

Os resultados obtidos para o percentual de trincas no metal de solda, em função do preaquecimento do material, estão apresentados na Tab. (3). Para uma melhor visualização estes resultados são também apresentados de maneira gráfica na Fig. (6).

Tabela 3. Resultados do percentual de trinca no metal de solda do aço API X80

Arame	Temperatura Ambiente (25 °C)			Temperatura de Preaquecimento 100 °C		
	Amostra	Área total (mm ²)	Total de Trincas (%)	Amostra	Área Total (mm ²)	Total de Trincas (%)
E71T8-K6	01	48,9	75,5	04	48,2	0
	02	47,3	78,8	05	46,8	0
	03	46,7	70,2	06	47,5	0

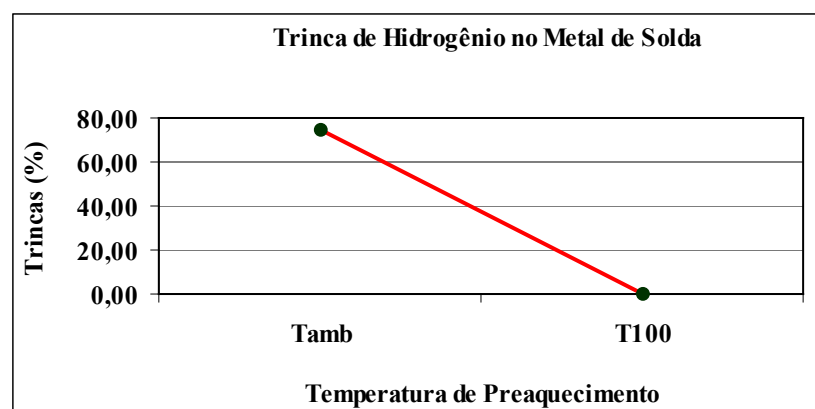


Figura 6. Percentual de trincas no MS em função da temperatura de preaquecimento

Os resultados apresentados na Tab. 3 e no gráfico da Fig. 6, mostram que, os corpos de prova soldados na temperatura ambiente apresentam um percentual de trincas de hidrogênio de 74,8%, enquanto aqueles soldados com preaquecimento de 100 °C não sofreram trincamento (0% de trinca). Estes resultados estão de acordo com o estudo de Chakravarti & Bala (1989), ao comprovar que a grande diminuição ocorrida na taxa de resfriamento, principalmente no aumento do Δt_{3-1} devido ao preaquecimento do material, se refletiu na eliminação da ocorrência de trincas no metal de solda do aço API X80. Quando os resultados são confrontados com o estudo de Yurioka (2002), observa-se uma divergência quanto ao método de determinação da temperatura de preaquecimento mais apropriado para o aço API X80, pois segundo ele para o aço API X80, os métodos da AWS e CE_N são mais apropriados, não sendo necessário à utilização de temperatura de preaquecimento e os métodos British Standard Institution e CET são extremamente conservadores quando recomendam que para a soldagem do aço API X80 se faz necessário o preaquecimento. Os resultados aqui apresentados mostraram que o metal de solda do aço API X80 mostrou-se susceptível a trincas de hidrogênio quando soldados com o arame tubular E71T8-K6 a temperatura ambiente, ou seja, os métodos British Standard Institution e CET são, nessas condições, mais recomendados para definição do preaquecimento do aço API X80.

4. CONCLUSÕES

Em função dos resultados apresentados e analisados para a soldagem do aço API X80 com o arame tubular E71T8-K6, conclui-se que:

- ✓ O arame tubular autoprotetido E71T8-K6 mostrou-se susceptível ao trincamento por hidrogênio quando soldado à temperatura ambiente.
- ✓ O preaquecimento do aço API X80 a temperatura de 100 °C influencia fortemente na susceptibilidade do metal de solda as trincas induzidas pelo hidrogênio.
- ✓ O teste G-BOP produziu uma alta taxa de resfriamento e induziu a formação de trincas, mostrando-se eficiente para avaliar a susceptibilidade à trinca de hidrogênio do arame E71T8-K6 e a influência do preaquecimento no trincamento a frio do metal de solda do aço API X80.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp e ao CNPq pelo auxílio financeiro, que foram de fundamental importância para a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adonyi, Yoni, 2000, “Weldability of High Performance Steels”, Conference Proceedings, Steel Bridge Design and Construction for the New Millennium with emphasis on High Performance Steel. Disponível em <http://www.nabro.unl.edu/articles/20002012/download/Adonyi1.pdf>
- Adonyi, Yoni. (adonyi@letu.edu). (08/04/2003), “Montagem de corpos de prova para o teste G-BOP compostos com placas de materiais diferentes”. E-mail to: José Hilton Ferreira da Silva (jhilton@fem.unicamp.br).
- Alcântara, Nelson G., 1983, “Influência do ciclo térmico nas trincas a frio causadas pelo hidrogênio”, Metalurgia ABM, São Paulo, V. 39, n. 311, p. 545-550.
- American Petroleum Institute. API 5L, 2000, “Specification for line pipe”, 42nd ed. Washington, D. C., 153p.

- American Welding Society. AWS A5.29, 1998, "Specification for low-alloy steel electrodes for flux cored arc welding". Miami, USA, 39p.
- Atkins, G., Thiessen, D., Nissley, N. & Adonyi, Y., 2002, "Welding process effects in weldability testing of steel". Welding Journal, n. 11, pp 61s-68s. Disponível em <http://www.aws.org/wj/supplement/04-2002-ATKINS-s.pdf>
- Chakravarti, A. P. & Bala, S. R., 1989, "Evaluation of weld metal cold cracking using the G-BOP test". Supplement to the Welding Journal, n. 01, pp 1-s – 8-s.
- Davidson, J. L., 1995, "Hydrogen-induced cracking of low carbon – Low alloy steel weldments", Materials Forum, 19, pp. 35-51.
- Di-Jing, X., Hong, Q. & Jianming, J., 1994, "Investigation on susceptibility to hydrogen assisted cracking in HSLA steel weldments". Welding Journal, n. 12, pp. 286s.
- McParlan, M. & Graville, B. A., 1976, "Hydrogen cracking in weld metals". Welding Journal 55 (4), 95-s – 102s.
- Montgomery, D. C., 1996, "Design and analysis of experiments". 4th ed. New York: John Wiley and Sons, 428pp
- Mota, C. A. M., 1998, "Níquel e manganês como controladores da tenacidade na soldagem com arames tubulares autoprotégidos", Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 182p.
- Silveira e Silva, J. M. & Carvalho, R. N., 2000, "Desenvolvimento de aços API 5L X70 e X80 na Vallourec e Mannesmann Tubes" Rio Oil & Gas Expo and Conference, 16-19 de outubro, Rio de Janeiro, RJ.
- Yurioka, N., 2002, "Comparison of Preheat Predictive Methods". IIW, Doc. IX-2025-02, 18p.

STUDY OF HYDROGEN INDUCED CRACKING IN THE WELD METAL OF THE API X80 STEEL THROUGH THE G-BOP TEST

José Hilton Ferreira da Silva

State University of Campinas, Ability of Mechanical Engineering. Campinas, SP, Brazil

E-mail - jhilton@fem.unicamp.br

Robert Eduardo Cooper Ordoñez

State University of Campinas, Ability of Mechanical Engineering. Campinas, SP, Brazil

E-mail - recooper@fem.unicamp.br

Roseana da Exaltação Trevisan

State University of Campinas, Ability of Mechanical Engineering. Campinas, SP, Brazil

E-mail - roseana@fem.unicamp.br

Abstract. *Hydrogen Induced Cracking (HIC), also called cold cracking, is one of the most serious problems in HSLA steel welding. Among a variety of tests used for studying the weld metal susceptibility to HIC, the G-BOP (Gapped Bead-on-plate) test is becoming an excellent option. The main advantages of the G-BOP test are: 1) to be a relatively simple and inexpensive weld metal*

cracking test, 2) to allow the establishment of minimum preheat temperatures levels. The use of Flux Cored Arc Welding (FCAW) process is increasing in pipeline applications. Self-shielded flux-cored wires have a great potential for welding in the field and promise to be a good replacement to the SMAW process. The scope of the present work is the cold cracking behavior of E71T8-K6 self shielded tubular wire, as a function of preheating temperature on API 5L-X80 pipeline steel welds. Statistical analysis (analysis of variance) was used for the test design and the result interpretation, which showed particularly useful when correlating the cracking area in the weld metal to the preheating temperatures. Results showed that the G-BOP test was efficient to estimate the preheating temperature effect on weld metal cracking formation. Results also showed that preheating minimize the weld susceptibility to cold cracking, when applied on API 5L-X80 pipeline steel by self-shielded flux-cored wire.

Key words. Cold Cracking, G-BOP test, API 5L- X80, Preheating Temperature.