

# CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DO METAL DE SOLDA DO AÇO API X-70

**T.B. Uchôa, V.A. Ventrella**

Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira,  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”  
Av. Brasil Centro, 56, Ilha Solteira – SP, CEP 15385-000

**Palavras – chaves:** Microestrutura, soldagem, aço API X-70, eletrodo revestido

## RESUMO

Na fabricação de tubos de grande espessura, há necessidade de uso de aços de alta resistência mecânica à tração, como por exemplo, os aços da série API 5L X-70 (limite de escoamento mínimo de 70000 psi ou 480 MPa). Especificações internacionais requerem elevadas propriedades de impacto para este aço e, naturalmente, também para as suas juntas soldadas; segundo Kirkwood e Tait (1992), o metal de solda deve absorver 56 J a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  e 40 J a  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . No caso do Brasil, os projetos da PETROBRAS, por exemplo, requerem que o metal de solda do aço API 5L X-70 absorva uma energia de impacto de 76 J a  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Estas exigências refletem não apenas a necessidade dos aços e das juntas soldadas possuírem uma temperatura de transição mais baixa possível, o que é uma característica essencial para usos em regiões frias, mas também um elevado patamar superior de energia de impacto, particularmente em gasodutos, onde as elevadas tensões de serviço podem contribuir para a ocorrência de falha no modo dúctil de propagação de trincas.

Neste trabalho, estudou-se a microestrutura do metal de solda ferrítico do aço API X-70, soldado através do processo de eletrodo revestido, com o objetivo de identificar os seus constituintes microestruturais e avaliar a influência do aumento do aporte térmico e da variação da taxa de resfriamento sobre a microestrutura do metal de solda.

Desse modo, o material utilizado neste estudo foi composto por chapas de aços API 5L X-70, com 10,3 mm de espessura, cuja designação é realizada pela American Petroleum Institute (API), mais especificamente a API 5L. As chapas possuem três condições iniciais diferentes de temperatura - ambiente ( $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), aquecido ( $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e resfriado ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) - para cada variação de corrente elétrica nos parâmetros de soldagem.

Como consumíveis de soldagem foram utilizados eletrodos revestidos celulósicos AWS E8010G com 4 mm de diâmetro, designados sob a norma da American Welding Society (AWS), respectivamente AWS A5.5. Este eletrodo é indicado para a soldagem de tubulações de aços API, pois apresenta um arco suave que proporciona cordões de excelente aparência, com mínimo de respingos e fumaça, além de escória autodestacável e ótima soldabilidade, principalmente na posição vertical descendente.

Os parâmetros de soldagem adotados para a obtenção dos diversos corpos de prova foram os seguintes: posição de soldagem plana, corrente contínua com eletrodo positivo (polaridade inversa, CC<sup>+</sup>), soldagem de juntas de topo com chanfro em “X” com  $60^{\circ}$ , velocidade de soldagem ( $V \cong 80\text{ mm/min}$ ) e correntes elétricas ( $I_1 = 80\text{ A}$ ,  $I_2 = 100\text{ A}$ ,  $I_3 = 120\text{ A}$ ).

As juntas soldadas foram cortadas transversalmente em relação à direção de soldagem em pequenos corpos de prova para que se facilite o manuseio posterior destes no microscópio. O procedimento de lixamento dos corpos de prova, feito a úmido com lixas 120 (mais áspera), 220, 320, 400 e 600 (mais lisa), consiste em se lixar o corpo de prova sempre na mesma direção e, em seguida, fazer o lixamento com uma lixa imediatamente mais lisa na direção

perpendicular aos riscos deixados pela lixa usada na operação anterior. O polimento é feito em duas etapas, com alumina de 1,0 e 0,3  $\mu\text{m}$ , para se garantir uma superfície bem espelhada. Para se revelar a microestrutura é feito um ataque químico da superfície polida com uma solução com reagente nital 2% (solução de ácido nítrico a 2 % em álcool etílico).

A caracterização dos constituintes microestruturais via microscopia ótica foi obtida com aumentos de 500X, utilizando-se um banco metalográfico NEOPHOT-21. Os constituintes microestruturais, segundo Dolby (1986), foram classificados em Ferrita Primária (PF), Ferrita Acicular (AF), Ferrita com Segunda Fase (FS) e Agregado Ferrita-Carboneto (FC), seguindo a terminologia adotada pelo Instituto Internacional de Soldagem (IIW / IIS). A contagem por microscopia ótica, em determinados casos, pode ser suscetível a erros de interpretação, mesmo para observadores experientes. Deste modo, em casos onde existam resultados anômalos na relação tenacidade-microestrutura, seria de extrema utilidade uma análise por microscópio eletrônico de varredura, no entanto este procedimento não é proposto pelo IIW, segundo Cochrane (1983). As figuras 1, 2 e 3 mostram algumas microestruturas obtidas.

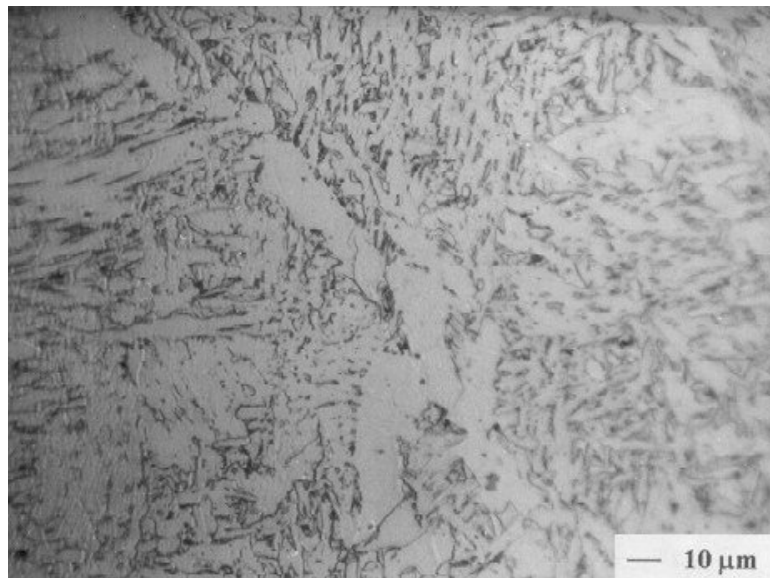


Figura 1 – Microestrutura do metal de solda. Corrente: 100 A. Temperatura: 300 °C.

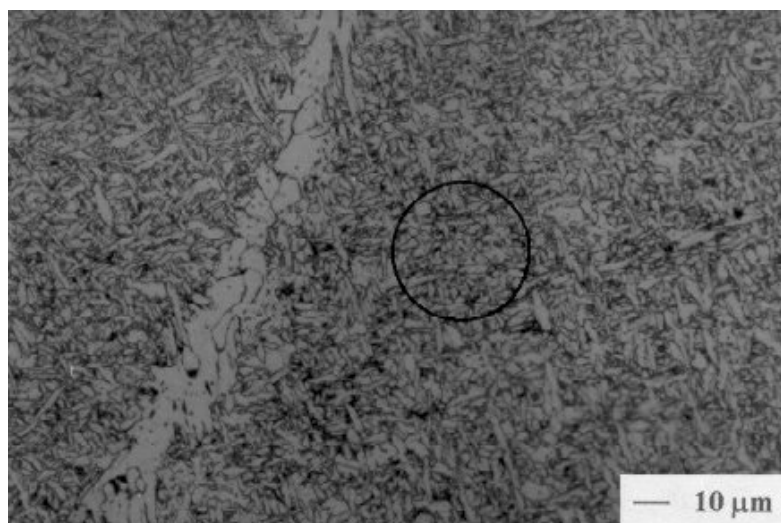


Figura 2 – Microestrutura do metal de solda. Corrente: 120 A. Temperatura: ambiente (28 °C).  
No detalhe, ferrita acicular.

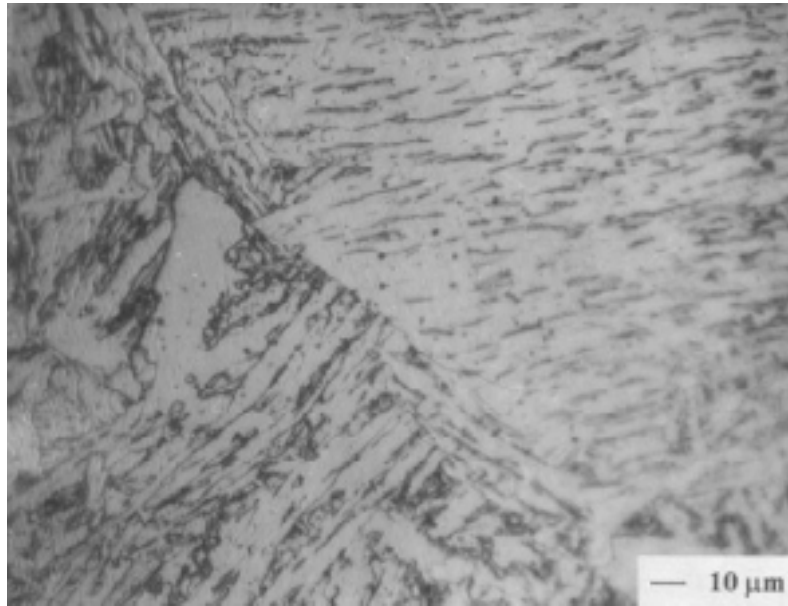


Figura 3 – Microestrutura do metal de solda. Corrente: 80 A. Temperatura: 0 °C.

Os resultados das análises microestruturais mostraram que na soldagem do aço API X-70 pré-aquecido a 300° C houve a formação de um alto teor de ferrita primária e na temperatura de 0°C houve a formação de um alto teor de ferrita com segunda fase. A maior incidência destas microestruturas reduz significativamente a tenacidade da junta soldada. Por outro lado, as micrografias das amostras obtidas do aço em temperatura ambiente apresentaram o maior teor de ferrita acicular, como, por exemplo, na amostra soldada com 120 A, que apresentou 78% de ferrita acicular, sendo este um microconstituente desejável ao metal de solda por conferir uma boa tenacidade.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem a FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte financeiro e pela bolsa de Iniciação Científica. Dedicado em memória de Severino Barros Brandão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KIRKWOOD, P.R.; TAIT, W.P.; “Developments in welding consumables for the seam welding of high strength X70 line pipe”; Paper 33 IIW; 1992.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE; “Specification for Line Pipe 5L”; API; Washington; 1995.
- DOLBY, R.E.; “Guidelines for classification of ferritic steel weld metal microstructural constituents using the light microscope”, *Welding in the World*, Vol. 24, No 7/8, 1986.
- AMERICAN WELDING SOCIETY; “Welding Handbook”; vol. 1; 8 ed.; Miami, 1992.
- COCHRANE, R.C.; “Weld metal microstructures: a state of the art review”; *Welding in the World*, vol.21, nº1/2; 1983.
- ALÉ, R.M.; JORGE, J.C.F.; REBELLO, J.M.A.; “Constituintes microestruturais de soldas de aços C-Mn baixa liga – Parte II: Metal de solda”; *Soldagem e Materiais*, Arquivo Técnico vol. 1 nº2; 1993.