

8 - Bibliografia

1. JÚNIOR, E.H.; "Avaliação de defeitos planares em dutos através de metodologia micromecânica"; Boletim Técnico Petrobras, Rio de Janeiro, 46(1/2):1-20, Jan./Jun. 2003
2. OLIVEIRA FORTES, C.J.F – "Estudo das metodologias de Integral J e CTOD Aplicadas a Aço ao NiCrMo de Especificação HY-80", Tese de M.Sc. Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, R.J, 1993
3. API 5L – "API Specification for Line Pipe", American Petroleum Institute, Forthly – Second Edition, July, 2000
4. FASAL "Site na internet www.fasal.com.br"
5. TANAKA, T. – "Controlled Rolling of Steel Plate and Strip", International Metals Review, 1981, Vol. 4, pp. 185-212
6. SAGE, A.M. – "A Rewiew of the Physical Metallurgy of High Strength, Low Alloy Line Pipe and Pipe Fitting Steels", Steels for Line Pipe and Pipeline Fittings; Proceedings of an International Conference; 1981, London, 21-23 Oct., pp. 39-50
7. TENARIS CONFAB "Site na internet www.confab.com.br".
8. PARANHOS R. P. R.; e SOUZA, A.C.; "Soldagem a arco submerso", Coleção Soldagem, Firjan/Senai, Rio de Janeiro, 1999.
9. PARGETER, R.; "What is 'Weldability'?" TWI (Site na internet www.twi.co.uk).

10. BERNARD, G. – “A View-Point on the Weldability of Carbon-Manganese and Microalloyed Structural Steels”, *Microalloying* 75, pp. 52-66.
11. PARGETER, R.; “Arc weldability of microalloyed steels” TWI (Site na internet www.twi.co.uk)
12. BRAZ, M.H.P.; “Propriedades de fadiga de soldas de alta resistência e baixa liga com diferentes composições microestruturais”, Tese de Mestrado, USP,S.P 1999.
13. The Welding Institute – “Metallografy of welds in Carbon-Manganese Steels (Introductory Notes), 1984.
15. SAXENA, A.;”Nonlinear Fracture Mechanics for Engineers”, CRC Press, 1998.
16. SANFORD, R.J. – “Principles of Fracture Mechanics”, Ed. Prentice Hall, 2003
17. STROHAECKER, T. R.; “Mecânica da fratura”, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
18. NIJHOFF, M. – “Elementary Engineering Fracture Mechanics”, 4th ed., D.Broek, 1987
19. TARNOWSKI, G.A.;” Determinação da Pressão de Colapso em Tubos API 5L X56 Aplicando o Método R6”, Tese de M.Sc. UFRGS, Porto Alegre, R.S, 2003.
20. DIETER, G.E.;”Mechanical Metallurgy”, SI Metric ed., Editora Mc Graw Hill, 1988.
21. BUENO, E.M.R.; BITTENCOURT, T.N.; “Introdução aos conceitos da Mecânica da Fratura Elasto-Plástica”, LMC, USP, São Paulo.

22. SILVA, R.V., - “Avaliação da Tenacidade à Fratura de Soldas de Alta Resistência e Baixa Liga pelo Método da Integral-J”, Tese de M.Sc. USP, São Carlos, S.P, 1998.
23. DA SILVA, S.M. – “Determinação da Tenacidade à Fratura de Aços para Dutos API X60 Utilizando A metodologia de Integral J com Determinação do Tamanho da Trinca por Queda de Potencial”, Tese de M.Sc. Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, R.J, 2002
24. H.L. EWALDS, R.J.H. WANHILL, - “Fracture Mechanics”, ed. Edward Arnould, 1984.
25. CLARKE, G.A e LANDES, J.D., - “Toughness Testing of Materials by J Integral Techniques”, Conference Proceedings –Toughness Characterization and Specifications for HSLA and Structural Steels, ed. P.L. Mangonon, J.R., The Metallurgical Society of AIME, pp. 79-111.
26. ASTM E-1820(01) – Standard Test for Measurement of Fracture Toughness, 2001
27. SCHWALBE, K. H., HELLMAN, D., HEERENS, J., KNAACK, J. and MULLER-ROSS, J., - “Measurement of Stable Crack Growth Including Detection of Initiation of Growth Using the DC Potential Drop and the Partial Unloading Methods”, ASTM STP 856, pp. 338-362, 1985.
28. BOTT, I.S., SOUZA, L.F.G., TEIXEIRA, J.C.G. AND RIOS, P.R., “High-Strength Steel Development for Pipelines: A Brazilian Perspective”, Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 36A, pp.443-454, 2005.
29. BURGET, W. and BLAUDEL, J.G., 1987, “Fracture toughness of welding procedure qualification and component welds tested in SENB AND C-specimens”, The fracture Mechanics of Welds, EGF Pub.2, London, pp.19-42.

30. SILVA, M. de C.; “Caracterização das propriedades mecânicas e metalúrgicas do aço API 5L X80 e determinação experimental de curvas J-R para avaliação da tenacidade a fratura”, Tese de M.Sc. USP, S.P, 2004.

31. NAKANISHI, M.; KOMIZO, Y., FUKADA, Y. – “Study on the Critical CTOD Properties in the Heat Affect Zone of C-Mn Micro Alloyed Steel”, The Sumitomo Search, 1986, Nov., Nº 33, pp.22-34.

34. ASTM E-647 – “Standard Test Method for Measurement of Fatigue Crack Growth Rates”, 1991.

35. BRITISH STANDARD INSTITUTE. BS7448:Part 1:1991 “Fracture mechanics toughness tests”. London, 1991.

36. COURTNEY, T.H.; “Mechanical behavior of materials”. Ed. McGraw Hill, 1990.

37. ASTM E 1737-98: “Standard Test Methods for J-Integral Characterization of Fracture Mecha

9- Apêndice^[1]

9.1. Método para medida de CTODi: Método do perfil da trinca

O método do perfil da trinca foi apresentado por Tetelman e Robinson e aprimorado pelo Electric Power Research Institute (EPRI), e se aplica a materiais que apresentam crescimento estável de trinca. Neste caso, o valor de CTOD para iniciação é obtido a partir de medidas realizadas no perfil da trinca no plano central (em relação a espessura) de um corpo de prova solicitado mecanicamente, descarregado, cortado, embutido e polido naquela superfície central, conforme a Figura 40. A partir do desenho da projeção do perfil, traçam-se retas coincidentes ao perfil da superfície da trinca de fadiga, e no ponto em que estas retas deixam de tangenciar este perfil, são definidos os pontos R e S. O valor de δ_i , então é estimado como:

$$\delta_i = H - h$$

Onde H é a distância RS e h a distância OP. Esta última se refere a altura do rasgo (Fig.41).

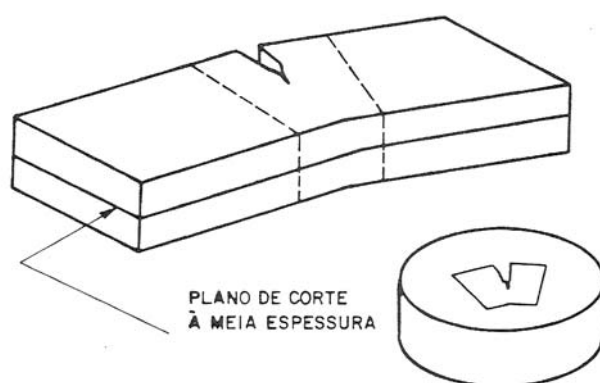


Figura 40 – Perfil da trinca do corpo de prova CTOD – Integral J, no plano de corte

As medidas de H e h, juntamente com os valores de δ_i , são apresentados na Tabela 5

Corpo de prova	H	h	δ_i
A3	0,257	0,249	0,008
B3	0,279	0,277	0,002
B5	0,249	0,243	0,006
B6	0,242	0,235	0,007

Tabela 5 – Valores de CTODi (δ_i) pelo método do perfil

9.2. Correlação entre δ_i e J_{IC}

Sendo δ_i e J_{IC} dois parâmetros que caracterizam a iniciação na fratura, os mesmos podem ser correlacionados na totalidade da faixa de deformação elasto-plástica, para materiais com características distintas de escoamento e sob diferentes condições de carregamento (tensão plana e deformação plana).

Utilizando o método de elementos finitos, McMeeking relacionou o valor de CTOD com o da integral J, para materiais não encruáveis, no regime elasto-plástico e no modo I de carregamento. Os resultados obtidos por McMeeking têm sido modelados pela relação:

$$\delta = 0,58 \left[\frac{2}{\sqrt{3}} (1 + \nu) (1 + n) \frac{\sigma_0}{nE} \right]^n \frac{J}{\sigma_0}$$

Onde σ_0 representa o limite de escoamento do material.

Outro método de relacionar δ a J , também baseado no método de elementos finitos, foi proposto por Tracey na seguinte forma:

$$\delta = 0,54(1 + n) \left[\frac{2}{\sqrt{3}} (1 + \nu) (1 + n) \frac{\sigma_0}{nE} \right]^n \frac{J}{\sigma_0}$$

Os valores de δ_i obtidos podem ser utilizados para calcular J_{IC} . A Tabela 6 apresenta os valores de σ_0 , ϵ_0 , n , J_{IC} e δ_i .

Corpo de Prova	σ_0 (MPa)	ϵ_0	n	δ_i (mm)	Método de McMeeking	Método de Tracey
					J_{IC} (KN/m)	J_{IC} (KN/m)
A3	585	0,00293	0,005878	0,008	8,083	6,678
B3	602	0,00301	0,0679	0,002	2,484	2,499
B5	602	0,00301	0,0679	0,006	7,452	7,495
B6	602	0,00301	0,0679	0,007	8,694	8,745

Tabela 6 – Propriedades mecânicas e parâmetros da tenacidade

Usando o método do perfil e o de medidas da largura da zona de estiramento realizadas neste perfil, foi possível estimar os valores de CTOD para iniciação da fratura para as espessuras envolvidas.

9.3. Referência Bibliográfica

[1] SCHWERTNER, SIMONE S., “Avaliação da Tenacidade dos Aços Inoxidáveis Austeníticos 316-L e F-318 Utilizados em Implantes Cirúrgicos”, Dissertação de Mestrado, PUC-RIO, 1996.