



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
30 de Agosto a 3 de Setembro de 2004

Paper CRE04 – MT04

Relação entre a Dureza e a Microestrutura da Ferrita observada em Aços Microligados

Rodrigo de Freitas Roldão¹ e Juno Gallego²

Departamento de Engenharia Mecânica – UNESP-Ilha Solteira
CP 31, 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

¹ rodrigoroldao@dem.feis.unesp.br; ² gallego@dem.feis.unesp.br

Os aços microligados podem ser considerados um dos mais importantes materiais usados na construção mecânica, empregados em componentes estruturais das indústrias automobilística, aeronáutica e petroquímica. Suas propriedades mecânicas são ajustadas pelo controle da composição química e pelo processamento termomecânico [1]. O refino de grão ferrítico e o endurecimento por precipitação de carbonitretos de nióbio, titânio e/ou vanádio são tidos como os principais responsáveis pelos elevados níveis de resistência mecânica observados. No presente trabalho a relação entre microestrutura e a dureza de quatro aços microligados, processados sob condições industriais como tiras a quente, foi investigada na condição recebida após o bobinamento a quente. A Tabela 1 apresenta alguns dados quantitativos e qualitativos destes aços. Corpos-de-prova foram usinados para a realização de ensaios de tração e dureza, bem como preparadas amostras para análise metalográfica. Fez-se a preparação de superfícies da seção longitudinal das chapas laminadas, sendo as peças embutidas em uma resina de cura a frio (poliéster). A preparação das superfícies foi feita de modo convencional, na qual empregaram-se lixas para o desbaste mais grosseiro e em seguida um polimento abrasivo com alumina. Para a revelação da microestrutura foi empregado nital 2%. O ensaio de tração foi realizado uma única vez em cada aço, enquanto que 10 medidas de dureza Vickers (HV) foram feitas em cada material. A carga padrão neste ensaio foi de 20 kgf (196 N). A microestrutura foi documentada por micrografias em, no mínimo, cinco áreas distintas, as quais foram posteriormente digitalizadas em tons de cinza (8 bits) com resolução de 300 d.p.i., como pode ser visto na Figura 1. Empregando-se o *freeware* ImageTool [2] foram determinadas as intersecções dos contornos de grão da ferrita com linhas-teste, o que possibilitou a obtenção da medida das cordas e a dispersão de tamanhos entre os grãos de ferrita [3]. A análise das imagens mostrou que os aços tinham uma microestrutura constituída por ferrita e perlita, sendo a quantidade desta última inferior a 12%. Os grãos ferríticos tinham tamanho médio (TGF) bastante reduzido, cujos valores (4,2 a 5,5 μm) são característicos para as tiras a quente. A dispersão dos tamanhos de grão aparentou ser bem regular em todos os aços, como pode ser observado na Figura 2. A Figura 3 permite verificar que o refino de grão contribuiu para o aumento do limite de escoamento (L.E.) e da dureza dos aços microligados investigados. Apesar da pequena variação no tamanho médio dos grãos houve mudanças significativas das propriedades mecânicas e foi encontrada uma excelente correlação linear ($R = 0,97$) entre o limite de escoamento e a dureza dos aços microligados investigados.

REFERÊNCIAS

- [1] Gladman, T. *The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels*. The Institute of Materials, London (1997).
- [2] Disponível para download em: <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html> (2004).
- [3] American Society for Testing and Materials: ASTM E112 standard method (1992).

Tabela 1. Microestrutura e propriedades mecânicas dos aços investigados.

aço	C	Mn	Nb	Ti	V	T.G.F. [μm]	L.E. [MPa]	HV [MPa]
A	0,09	0,91	0,021	0,074	0,004	4,4	646	2437 \pm 48
B	0,10	0,91	0,021	0,074	0,004	4,5	583	2046 \pm 43
C	0,09	0,91	0,025	-	-	5,5	419	1604 \pm 16
D	0,14	1,38	0,041	0,044	0,031	4,2	600	2227 \pm 34

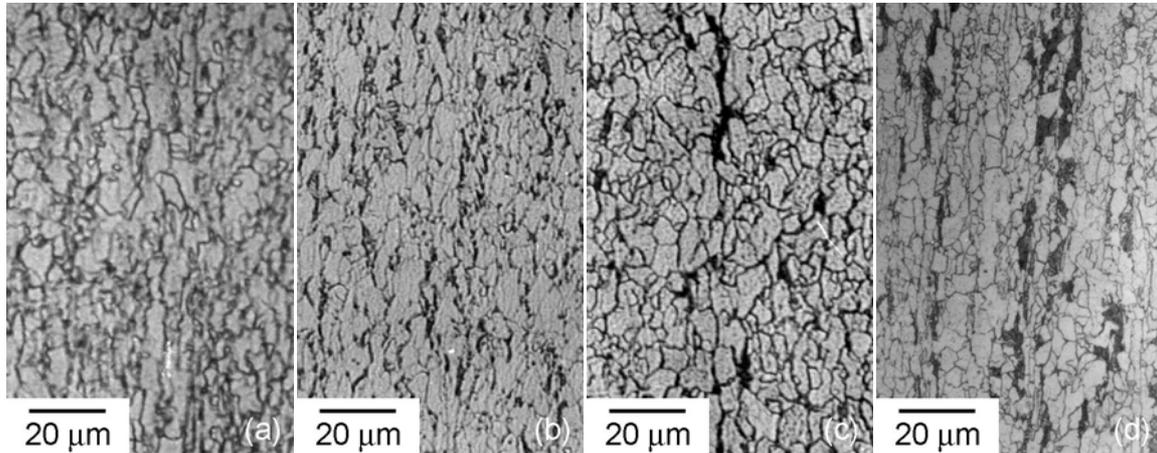


Figura 1. Micrografias obtidas por microscopia ótica, mostrando a microestrutura da ferrita e perlita observadas nos aços microligados A (a), B (b), C (c) e D (d). Aumento padrão: 500 X.

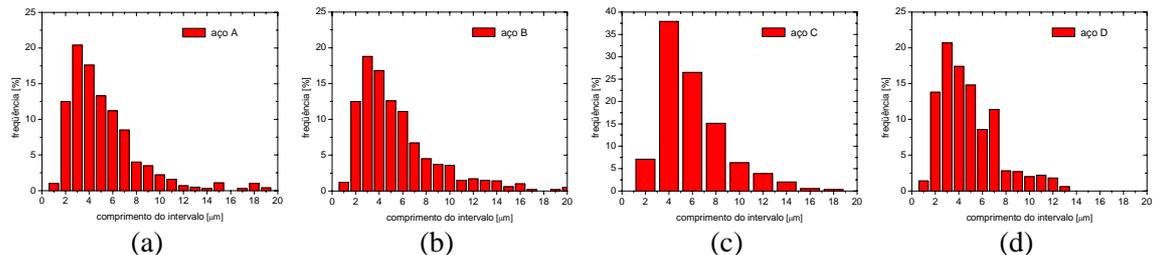


Figura 2. Distribuição de frequência do comprimento dos intervalos medidos (cordas) durante a análise da estrutura ferrítica dos aços A em (a), B em (b), C em (c) e D em (d).

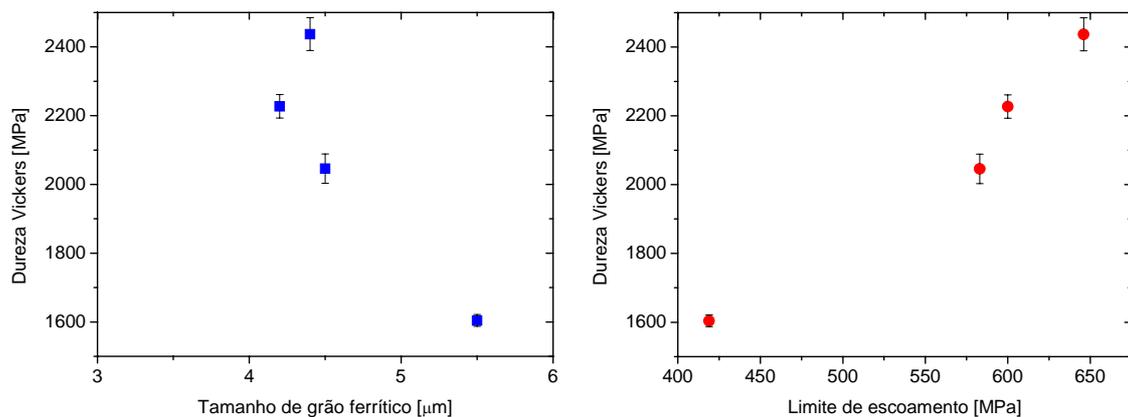


Figura 3. Relação entre o tamanho de grão ferrítico (a) e o limite de escoamento (b) com a dureza Vickers medida nos aços microligados em estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer as empresas COSIPA e USIMINAS, que gentilmente cederam amostras dos aços utilizados neste trabalho.