

A INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TERMOMECÂNICO NA MICROESTRUTURA DE UM AÇO ASSISTIDO PELO EFEITO TRIP¹

C. N. Santos²
C. M. L. Santos³
A. G. Vieira⁴
C. S. C. Viana⁵

Resumo

Estudou-se a influência de diferentes tratamentos termomecânicos na microestrutura final de um aço multifásico 0,2%C-1,5%Mn-1,5%Si, através da caracterização morfológica dos produtos de transformação. O objetivo do trabalho foi investigar a variação da fração volumétrica e distribuição das fases presentes na microestrutura, para permitir sua aplicação na indústria automobilística. Foram estudadas as influências de tratamentos de recozimento intercrítico (campo $\alpha+\gamma$) e do tempo de transformação bainítica nas frações volumétricas dos microconstituintes, em corpos de prova com e sem pré-deformação no campo austenítico. A caracterização das microestruturas foi feita através de microscopia ótica, microscopia eletrônica de varredura e difração de raios X. Os resultados de microscopia ótica mostram que as estruturas multiconstituídas obtidas correspondem às microestruturas típicas de aços multifásicos dos tipos “dual-phase” e TRIP e podem ser aplicados na indústria automobilística.

Palavras-chave: Aço TRIP; Dual phase; Microestrutura; Caracterização.

THE INFLUENCE OF THERMOMECHANICAL TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE OF A TRIP STEEL

Abstract

The influence of different thermomechanical treatments on the final microstructure of a multiphase steel (0.2%C-1.5%Mn-1.5%Si) was studied using morphologic characterization of the transformation products. The aim of the work was to investigate the variation of volume fraction and distribution of the phases present in the microstructure with a view to be used in automobile industry. The influence of the intercritical annealing temperature and bainitic transformation times on the volume fractions of the microconstituents was studied. The microstructures were characterized through optical and scanning electron microscopies and X-ray diffraction. The results show that the multiphase structures obtained were the typical microstructures of dual-phase and TRIP steels. In addition, the results from texture measurements show that this steel can possibly be used for structural components in the automobile industry.

Key words: TRIP steel; Dual phase; Microstructure; Characterization.

¹ Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² Doutoranda no Instituto Militar de Engenharia – IME. email: cnsantos05@gmail.com

³ Professor Substituto da Universidade Federal do Espírito Santo - ES

⁴ Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

⁵ Professor Emérito do Instituto Militar de Engenharia – IME, Professor da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda- UFF

1 INTRODUÇÃO

A metalurgia física de materiais ferrosos é um campo ativo, no qual o aço é uma liga metálica amplamente usada e objeto de estudo e desenvolvimento de intensas pesquisas, uma vez que uma compreensão completa das variáveis metalúrgicas que controla processos e propriedades desse material ainda não foi obtida. As diferentes formas alotrópicas e os mecanismos de transformação de fase conferem ao aço uma versatilidade tanto nos microconstituintes quanto nas propriedades a serem exploradas industrialmente.

Desde a década 70, observa-se uma preocupação crescente nas indústrias automobilísticas com o desenvolvimento de novos materiais visando à redução de peso dos veículos para economizar combustível.

Uma das formas de redução de peso nos veículos automotores é a substituição do aço-carbono convencional utilizado na carroceria, chassis e rodas por aços de alta resistência e baixa liga, conhecidos como aços ARBL, os quais possibilitam a utilização de chapas de menor espessura.⁽¹⁾ Dentre esta classe de aços, destacam-se os aços multifásicos, os assistidos pelo efeito TRIP (Plasticidade Induzida por Transformação), por exemplo, os quais são empregados como componentes estruturais.

O presente trabalho tem por objetivo o estudo de diferentes tratamentos termomecânicos, a fim de investigar a influência desses tratamentos na microestrutura de um aço Fe-C-Si-Mn assistido pelo efeito TRIP.

Os aços multifásicos oferecem boa combinação resistência/ductilidade, associada a uma microestrutura complexa formada por ferrita pró-eutetóide, produtos da transformação austenítica e frações significativas de austenita retida.⁽²⁾

A contribuição de cada microconstituinte ainda não é totalmente clara no comportamento mecânico desses aços, por isso, recentemente, tem sido enfocada a contribuição de cada fase, bem como a influência do tratamento termomecânico, na intenção de otimizar suas propriedades mecânicas sem comprometimento de sua conformabilidade.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi um aço Fe-C-Si-Mn cuja composição química pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do aço estudado.

Elemento	C	Mn	Si	P	S	Al	Cr	Ni	Nb	N
(p/p)%	0,20	1,5	1,5	0,020	0,006	0,026	0,020	0,006	0,029	0,0039

Este aço foi produzido nos laboratórios do Centro de Pesquisa da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em um forno de indução a vácuo, seguido de laminação controlada em um laminador duo reversível (segundo um esquema de reduções predeterminado), atingindo em cada material tamanhos de grão austeníticos semelhantes (ASTM-8). Os elementos de liga tais como Mn, Ni e Si

foram adicionados em fases diferentes do processo. Os pontos críticos A_{R1} e A_{R3} respectivamente $620,6^{\circ}\text{C}$ e $752,7^{\circ}\text{C}$, foram determinados por dilatomia de t mpera.⁽³⁾ Dois esquemas de lamina o controlada foram simulados em um laminador duo revers vel FENN-153, o primeiro consistia no recozimento de dois est gios⁽⁴⁾ e o segundo esquema teve por objetivo produzir a os multiconstituídos laminados a quente, conforme mostram as Figuras 1 e 2.

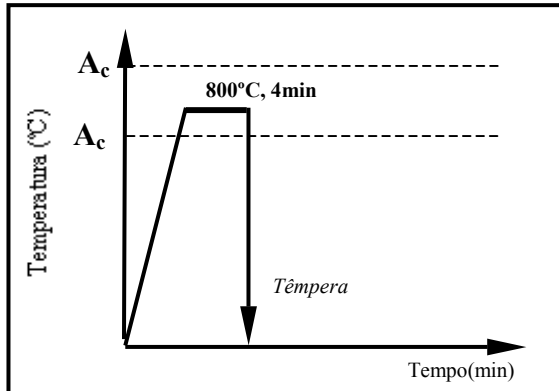


Figura 1: Primeiro esquema de lamina o.

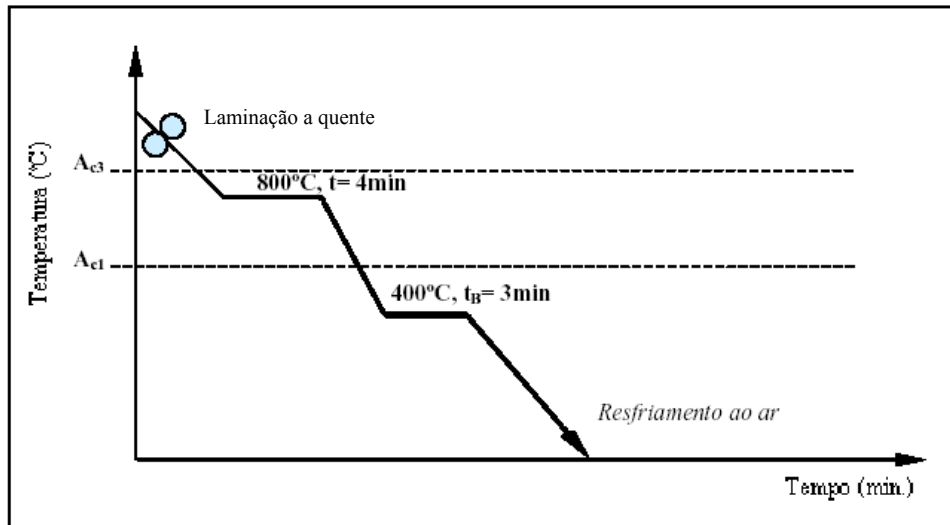


Figura 2: Segundo esquema de lamina o.

No primeiro esquema utilizou-se 800°C como temperatura intercr tica (T_i), tempo de recozimento (t_R) de 240 segundos; temperatura de transforma o bain tica (T_B) de 400°C e tempos de transforma o bain tica (t_B) de 180 segundos. No segundo esquema, os tr s  ltimos passes foram feitos com grau de deforma o vari vel abaixo da temperatura normal de recristaliza o ($T_{NR}=984^{\circ}\text{C}$), para avaliar os efeitos da precipita o induzida por deforma o e da subestrutura de deforma o resultante, na fra o volum trica de austenita retida.

Em ambos os esquemas, o resfriamento consistiu em dois tratamentos isot rmicos consecutivos. O primeiro deles foi feito no campo bif sico ($\gamma + \alpha$), em um forno mufla a 800°C por 240s, com o objetivo de controlar a fra o de ferrita pr -

eutetóide, precipitada nos contornos de grão da austenita anterior. Posteriormente, os corpos de provas foram temperados. As medidas da fração volumétrica de cada produto de transformação foram feitas através de metalografia quantitativa.

3 RESULTADOS

3.1 Microestrutura

A Figura 3 mostra as micrografias ópticas correspondentes às amostras dos dois esquemas de laminação.

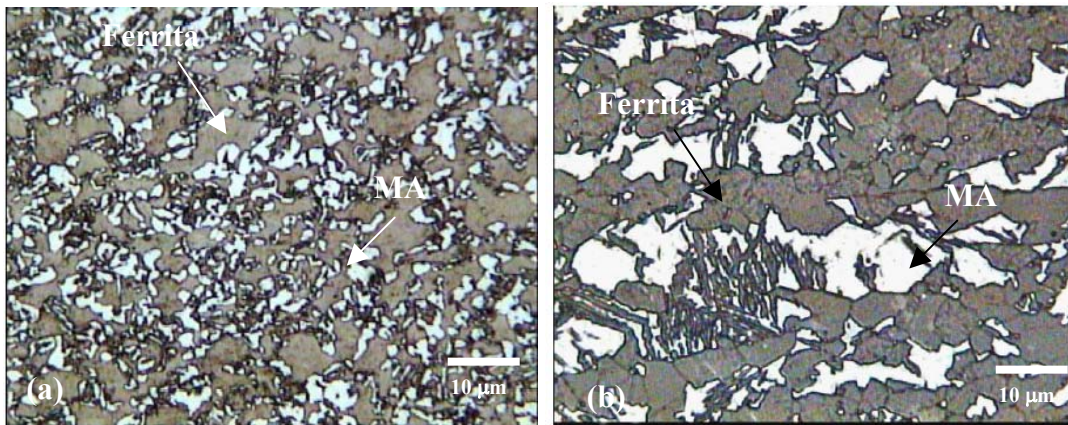


Figura 3: Micrografias ópticas dos dois esquemas de laminação (a) primeiro (b) segundo. Ataque: Metabisulfito de sódio 1%. (MA: *martensita/austenita retida*)

A técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) também foi usada para a caracterização da microestrutura. A Figura 4 mostra as micrografias eletrônicas de varredura do material produto dos dois esquemas de laminação.

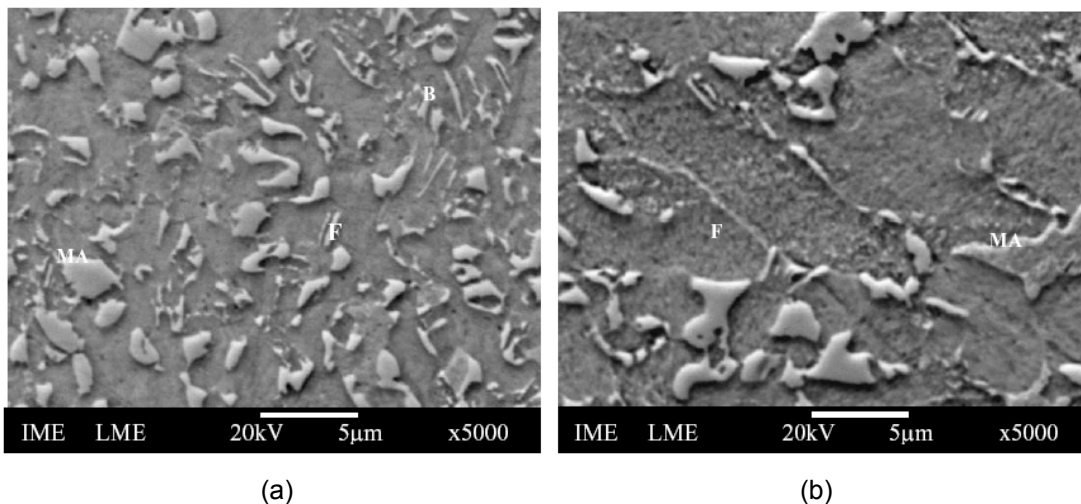


Figura 4. Micrografias obtidas por MEV das amostras (a) primeiro e (b) segundo esquema de laminação. (F: *ferrita*, MA: *martensita/austenita retida*)

3.2 Fração Volumétrica do Microconstituente MA

A fração volumétrica dos microconstituintes foi obtida pela técnica de metalografia quantitativa. A Tabela 2 mostra a porcentagem encontrada para os microconstituintes presentes, V_{α} corresponde a fração volumétrica de ferrita, V_B , corresponde a fração volumétrica de bainita e V_{MA} correspondem a fração volumétrica do microconstituente MA (martensita/austenita retida).

Tabela 2. Fração volumétrica dos microconstituintes.

Esquema de laminação	V_{α} (%)	V_B (%)	V_{MA} (%)
Primeiro	63 ± 1,6	32,0 ± 4,3	4,9 ± 1,7
Segundo	65 ± 1,2	26,2 ± 2,3	8,7 ± 1,6

4 DISCUSSÃO

As micrografias ópticas correspondem às amostras dos dois esquemas de laminação. Acredita-se que foram processadas microestruturas multifásicas constituídas por ferrita, bainita e microconstituente MA (martensita/austenita retida), porém o ataque com metabisulfito de sódio não permite distinguir ferrita de bainita. A temperatura de recozimento intercrítico, o teor de carbono, a maior quantidade e temperabilidade da austenita formada são fatores que facilitam a transformação da austenita em estruturas martensíticas ou não⁽⁵⁾. Para as amostras em questão, a temperatura de recozimento intercrítico foi 800°C (240s), o que conferiu às microestruturas uma homogeneidade.

As microestruturas das amostras multifásicas apresentaram diferença na distribuição das fases evidenciando que após a laminação confere ao material uma conservação dos contornos de grão anteriores.⁽⁶⁾ As microestruturas apresentam um bandeamento, consequência do alto teor de manganês presente na composição química do aço.

As micrografias das amostras obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), Figura 4, também apresentam a microestrutura do material após tratamento térmico. As regiões claras correspondem ao microconstituente MA e a matriz em cinza corresponde as ferritas α . De acordo com Girault et al.,⁽⁷⁾ com um tempo de ataque maior é possível revelar alguns microconstituintes presentes na microestrutura de um aço multiconstituído. Por ter sido adotado um maior tempo de ataque para as amostras foi possível distinguir os microconstituintes ferrita e MA.

A influência do processamento na microestrutura final do material foi observada pela fração volumétrica dos microconstituintes.⁽⁸⁾ Foi determinada também a fração volumétrica dos microconstituintes das amostras, Tabela 2.

5 CONCLUSÃO

Foi possível observar que a amostra do segundo esquema de laminação apresentou uma maior fração volumétrica do microconstituente MA na microestrutura, evidenciando uma diferença na cinética da transformação para os dois processos termomecânicos estudados. As técnicas de metalografia quantitativa e microscopia eletrônica de varredura foram eficazes na caracterização do material.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Centro de Pesquisas da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) pelo material cedido, ao Instituto Militar de Engenharia (IME), a Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pela análise de metalografia quantitativa e ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT) pelas análises de difração de raios-X.

REFERÊNCIAS

- 1 BRITO, R. M. et al.. Aços planos de alta resistência mecânica – alternativa para redução de peso de carrocerias de automóveis”. Metalurgia e materiais ABM, São Paulo, 1995, 316-323.
- 2 BLECK, WOLFGANG. Using the TRIP effect – the dawn of a promising group of cold formable steels. International Conference on TRIP-aided High Strength Ferrous Alloys, Bélgica (2002), 29-43.
- 3 FERRER, M. H.. Estudo das transformações de fase de aços TRIP ao Si-Mn microligados com Nb. São Paulo: USP, 2003. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
- 4 MEYER, M. Empirical microstructure prediction method for combined intercritical annealing and bainitic transformation of TRIP steel. Materials Science and Technology, Vol 18 (2002), 1121-1132.
- 5 MATSUMURA, O. Retained austenite in 0.4C-Si-1.2Mn steel sheet intercritically heated and austempered. ISIJ International, Vol. 32 (1992), nº 9 1014-1020.
- 6 GIRAULT, E. Study of the temperature dependence of bainitic transformation rate in a multiphase TRIP-assisted steel. Materials Science and Engineering A, 273-275 (1999), 471-474.
- 7 GIRAULT, E.. Metallographic methods for revealing the multiphase microstructure of TRIP-assisted steels. Materials Characterization, Vol. 40 (1998), 111-118.
- 8 VIEIRA, A. G.. Influência da microestrutura inicial na fração volumétrica de austenita retida e nas propriedades mecânicas de aços multiconstituídos. Belo Horizonte: UFMG, 1999. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.