AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TEMPO DE AUSTENITIZAÇÃO NA MICROESTRUTURA DE UM FERRO FUNDIDO NODULAR SUBMETIDO AOS TRATAMENTOS DE TÊMPERA E PARTIÇÃO

Gabriel Eichelbaum (PIBIC/Fundação Araucária/UEPG), Selauco Vurobi Júnior (Orientador), e-mail: selaucojunior@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais

Engenharia de Materiais e Metalúrgica. Metalurgia de Transformação; Metalurgia Física.

Palavras-chave: Tratamentos térmicos, Metalurgia de Transformação, Ferro fundido.

Resumo

O projeto possuiu como principal objetivo estudar a influência do tempo de austenitização no tratamento térmico de têmpera e partição do ferro fundido nodular analisando sua microestrutura e algumas propriedades mecânicas. Para realizar estas análises, necessitou-se da realização do tratamento térmico de têmpera e partição. A partir destes tratamentos realizados utilizando 4 temperaturas de têmpera e dois tempos de austenitização diferentes, pôde-se proceder para a caracterização do material, utilizando técnicas de microscopia ótica e eletrônica de varredura, bem como obtenção de propriedades mecânicas como dureza Vickers e Rockwell C. O principal resultados obtidos foram as diferenças na quantidade de fases presentes no material se comparado as amostras nas duas condições diferentes, devido ao abaixamento no valor de Ms na condição de maior tempo de incubação.

Introdução

Comumente, os ferros fundidos nodulares são tratados termicamente utilizando -se o tratamento térmico de austêmpera. Este processo traz para o material uma microestrutura formada basicamente por ferrita bainítica e austenita rica em carbono. Graças a esta microestrutura, o material consegue adquirir um acréscimo na resistência mecânica, ductilidade e tenacidade em comparação aos materiais que não foram tratados através da austêmpera. Este tipo de ferro fundido nodular austemperado, também conhecido como ADI (Austempered Ductile Iron). Esta substituição é benéfica, pois o material costuma possuir propriedades mecânicas semelhante à alguns aços, mas possui uma redução no seu custo de processamento [1-4]. Os estudos para o melhoramento das propriedades das ligas ferrosas foram ampliados nas últimas décadas e um resultado destes estudos foram os aços TRIP. Estes aços são produzidos a partir do tratamento térmico de têmpera e partição. Neste tratamento, ocorre a partição do carbono da martensita parcialmente transformada para a austenita retida, evitando a precipitação de carbetos de ferro.

O material será isento de carbetos e possuirá grandes quantidades de austenita retida, devido aos teores de sílicio presentes nestes materiais. Como os ferros fundidos nodulares também possuem elevados teores de sílicio, a aplicação deste tratamento térmico pode ser uma alternativa tecnológica para estes materiais

[5-7]. Na têmpera e partição, o material deve ser resfriado a uma temperatura abaixo da temperatura em que se inicia a transformação martensítica (Mi), ao contrário do que ocorre na austêmpera. Inicialmente, deve-se resfriar o material abaixo de Mi para que ocorra a formação de martensita no material. Posteriormente, o material deve ser aquecido acima desta temperatura, para que ocorra a partição do carbono da martensita para a austenita retida [1,5,8].

Ao variar o tempo de austenitização, haverá uma alteração na quantidade de carbono que solubilizado pela austenita. Ao permanecer um tempo maior de incubação, maior será a quantidade de carbono solubizado na austenita, o que fará esta se estabilizar-se. Este efeito da estabilização levará com que a temperatura Mi seja reduzida, uma vez que a estabilização da austenita faz com que as transformações de fase ocorram em tempos mais longos e temperaturas menores. [1,5,7].

Materiais e Métodos

Preparação de amostras e tratamentos térmicos.

Para a realização dos tratamentos térmicos, foram cortadas com uma máquina de corte quatro amostras com dimensões de tamanhos 15x10x10mm a partir de uma peça de maior dimensão de ferro fundido nodular. O material foi marcado com punções numéricos e alfabéticos para identificação. Procedeu-se então para os tratamentos térmicos. Para a realização da têmpera, inicialmente foi realizada uma austenitização do material a 900°C durante 1 hora. Foi realizada então, a têmpera dos exemplares em um banho de sal fundido, sendo variada a temperatura para cada um deles, sendo estas :150°C, 170°C, 190°C e 210°C, durante 2 minutos. O material então foi particionado em um banho de uma liga chumbo-estanho fundida, a 370°C por 1 hora. Resfriou-se então as mesmas ao ar na temperatura ambiente. Repetiu-se este mesmo processo com outras amostras, desta vez variando o tempo de austenitização para 3 horas.

Análise microestrutural e caracterização de dureza

Para caracterizar a microestrutura dos materiais após os tratamentos térmicos, realizou-se uma preparação metalográfica do material, para que fosse possível observar-se a microestrutura por microscopia ótica. A microscopia ótica revelou as fases presentes neste material após a realização dos tratamentos térmicos e obteve-se as fotomicrografias do material. Através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), obteve-se imagens do material de maior resolução. Realizou-se por último, para uma determinação de propriedades mecânicas, ensaios de dureza Vickers e Rockwell C. Por último, comparou-se os resultados obtidos entre os tratamentos realizados com 1 e 3 horas de austenitização.

Resultados e Discussão

A microestrutura inicial do material é constituída de uma matriz essencialmente ferrítica-perlítica com nódulos de grafita, caracterizando o ferro fundido nodular. As imagens da figura 1 e 2 abaixo mostram fotomicrografias comparando microestruturas obtidas após os tratamentos térmicos, utilizando-se de duas temperaturas de autenitização diferentes. Nas imagens apresentadas na figura 1, as duas microestruturas possuem fases iguais, mas em proporções diferentes. Estas fases são: matriz de austenita retida, placas de martensita e nódulos de grafita. Há ainda entre elas, uma certa proporção da microestrutura que é formada

por blocos. Estes blocos são constituídos de feixes formados por subunidades de ferrita bainítica com filmes finos de austenita retida, enriquecida em carbono particionado a partir da martensita, entre eles. Esta morfologia microestrutural é comumente chamada de ausferrita e está representada pelos círculos verdes nas imagens da figura 2. Já os círculos vermelhos representam as placas de martensita encontradas no material [1-4,8].

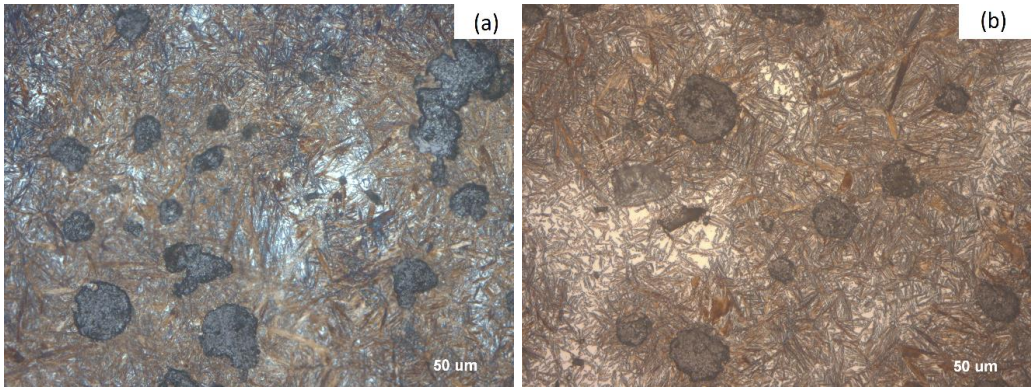


Figura 1 – Fotomicrografias obtidas por microscopia ótica para amostras tratadas à: (a)150ºC (1 hora de austenitização) e (b)150°C (3 horas de austenitização).

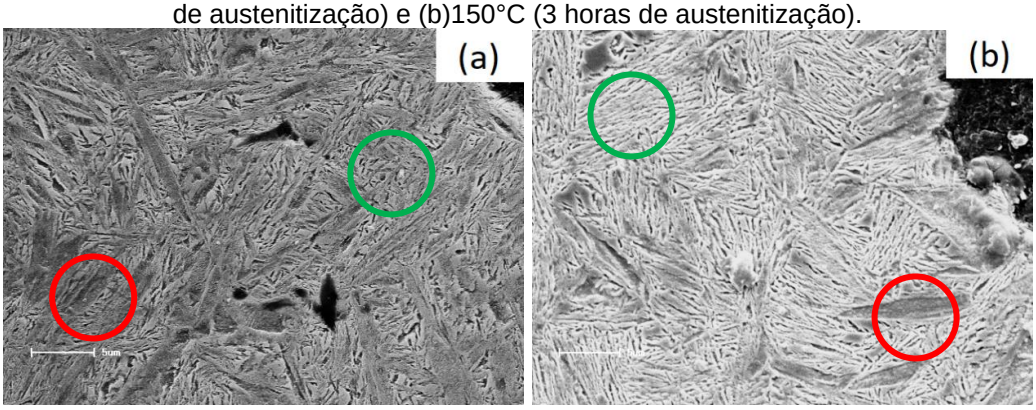


Figura 2 – Fotomicrografias obtidas por MEV para amostras tratadas à: (a)150ºC (1 hora de austenitização) e (b)150°C (3 horas de austenitização).

A principal mudança entre as amostras que foram austenitizadas por 3 horas e as que foram austenitizadas por 1 hora está na quantidade de cada fase apresentada por cada amostra. Observou-se, que nos corpos de prova tratados com 3 horas de austenitização houve uma diminuição do número de placas da fase de martensita. Ao permanecer 3 horas no forno de austenitização, a austenita tem a possibilidade de solubilizar uma quantidade de carbono maior, que torna-a mais estável. Esta estabilidade têm influência direta na temperabilidade do material, principalmente nas temperaturas de início (Ms) e fim da transformação (Mf) austenita-martensita. Com o aumento da estabilidade da austenita, a temperatura (Ms) diminui, ou seja, a temperatura em que a transformação ocorre é mais baixa. Portanto, materiais que possuam a sua fase de austenita mais estável, terão uma temperatura (Ms) menor. Este efeito, faz com que têmperas realizadas em temperaturas próximas de (Ms) formem uma menor quantidade de martensita, mais grosseira e com comprimento maior. [1-4,7].

Medidas de dureza

Ao realizar as medidas de dureza Vickers e Rockwell C, pôde-se avaliar como cada temperatura de têmpera influenciou a dureza do material. Para as medidas de

dureza Vickers, o valor da amostra temperada a 150ºC e 1 hora de austenitização, teve o seu valor médio de 526 HV. Já para a amostra com 3 horas, o valor médio foi de 504 HV. Nas medidas de dureza Rockwell C, o valor da amostra com 1 hora foi de 40 HRC e da amostra com 3 horas de 35 HRC. Estes valores condizem com os resultados esperados, já que houve um decréscimo da quantidade de martensita com o aumento do tempo de incubação.

Conclusões

Com base nos estudos realizados, pode-se comprovar experimentalmente a diferença que o tempo de austenitização possui influência direta na microestrutura e nas propriedades dos ferros fundidos que foram submetidos à têmpera e partição. Observou-se que, as microestruturas das amostras tratadas com 1 e 3 horas de austenitização tiveram, basicamente, as mesmas fases. Constatou-se que a microestrutura é bem complexa constituída de inúmeras fases. A principal diferença entre os tempos de austenitização residiu na quantidade e na forma das fases. Após ser submetida por 3 horas de tratamento, a amostra final possuiu placas de martensita em menor quantidade. Este fato se deve a capacidade que a austenita adquire de solubilizar mais carbono, bem como o efeito do carbono na estabilização desta fase. Por estar mais estável, a temperatura de ínicio da transformação austenita-martensita (Ms) diminui, ou seja, esta transformação passa a ocorrer em temperaturas mais baixas. Este efeito causa com que têmperas realizadas próximas a esse valor de (Ms) tenham uma quantidade final menor de martensita. Ao alterar essa quantidade de martensita, a dureza final do material também foi alterada, uma vez que uma proporção menor de martensita proporciona uma dureza mais baixa.

Agradecimentos

À Fundação Araucária pela bolsa de Iniciação Científica cedida.

Referências

[1] PUTATUNDA, S.K.; KESANI, S; TACKETT, R.; LAWES, G. Development of austenite free ADI (austempered ductile cast iron). Materials Science and Engineering. V.435-436, p. 112-126. July 2006.

[2] PUTATUNDA, S.K.; RAO, P. Investigations on the fracture toughness of austempered ductile irons austenitized at different temperatures. Materials Science and Engineering. V., n., p 136 - 149, 2002.

[3] HAYRYNEN, K.L.; BRANDENBERG, K.R. Agricultural applications of austempered ductile iron. World Conference on ADI. U.S.A, p. 135-142, set 2002.

[4] SCHUTT, K. H. Atualização de projetos e aplicações de componentes fundidos. Revista Fundição e Serviços. N 236 p. 38-70, Agosto 2012.

[5] SPEER, J.G., ASSUNÇÃO, F.C.R., MATLOCK, D.K., EDMONDS, D.V. The “Quenching and Partitioning” Process: Background and Recent Progress. Materials Research, v.8, n.4, p.417-423, 2005.

[6] GOLDENSTEIN, H. Bainita em aços. In: Aços: Perspectivas para os próximos 10 anos, 2002. Rio de Janeiro, Rede Aços, novembro 2002.

[7] TORRALBA, J. M., NAVARRO, A., CAMPOS, M. From the TRIP effect and Quenching and Partitioning steels concepts to the development of new high-performance, lean powder metallurgy steels. Materials Science and Engineering A, v.573, p.253-256, 2013.