TRATAMENTOS TÉRMICOS CRIOGÊNICOS EM AÇOS AISI 4140 E AISI 4340

Ana Caroline Demengeon (PIBIC/Fundação Araucária), Marcio Ferreira Hupalo (Orientador), e-mail: mfhupalo@uepg.br

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais.

Engenharia de Materiais e Metalúrgica / Metalurgia Física

Palavras-chave: Criogenia, transformação de fase, martensita, austenita retida, dureza Vickers.

Resumo

O tratamento criogênico é um tipo de tratamento térmico utilizado quando se deseja aumentar algumas propriedades do metal, como a dureza, resistência ao desgaste e a fadiga, estabilidade dimensional e, também, para a diminuição das tensões residuais. Este tratamento geralmente é realizado com o nitrogênio líquido, chegando em temperaturas como -184°C. Uma das finalidades deste tratamento é realizar a transformação de fase da austenita para martensita. O esperado é que toda a austenita retida desapareça, deixando o material apenas com outras fases. O tempo do resfriamento do material interfere diretamente nas suas propriedades e microestrutura. Quando mais controlado for esse resfriamento, mais homogeneidade terá a sua microestrutura e suas propriedades tenderão a ser mais constantes. Os aços AISI 4140 e AISI 4340 possuem a mesma porcentagem de carbono na sua composição, o que os diferencia são as quantidades de elementos de liga presentes em cada um deles, e a presença de níquel na composição do AISI 4340.

Introdução

O tratamento criogênico nos aços é um tratamento considerado como suplementar que é utilizado para a transformação de fase austenita em martensita. A partir disso, tende-se a melhorar propriedades como dureza, resistência ao desgaste, estabilidade dimensional, resistência a fadiga, entre outras. A diferença entre o tratamento a frio comum no aço do tratamento criogênico é a temperatura em que eles são submetidos, sendo o comum a temperaturas de -84ºC e o criogênico em -184°C. As temperaturas utilizadas são alcançadas por meio do nitrogênio líquido. Algumas teorias dizem que pode ocorrer a transformação praticamente completa da austenita retida em martensita, o aumento das propriedades do material com a precipitação de carbetos, além de também reduzir a energia livre da estrutura cristalina.

Materiais e Métodos

Materiais

Os aços AISI 4140 (aço ao Cr-Mo com 0,4 a 1,1% de Cr e 0,08 a 0,35% de Mo) e AISI 4340 (aço ao Ni-Cr-Mo com 1,65 a 2% de Ni, 0,4 a 0,9% de Cr e 0,2 a 0,3% de Mo).

Metodologia

As barras foram colocadas em um forno tipo mufla onde ficaram 1 hora e 20 minutos a 870ºC para a etapa de austenitização. Então foram resfriadas ao ar livre. Depois de normalizadas, cortaram-se as barras em fatias. Deu-se, então, inicio a caracterização com o processo de lixamento e então polimento. Em seguida se realizou o ensaio do perfil radial de microdureza Vickers e o ataque químico com uma solução de Nital a 2%. Depois do ataque, realizou-se a técnica de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (MEV/FEG). Para a têmpera criogênica, cotaram-se as amostras em fatias para serem cortadas em 4 pedaços. Após o corte, colocou-se as amostras durante 30 min no forno mufla a 870ºC e se realizou o resfriamento rápido das amostras em nitrogênio líquido. Depois deste processo, realizou-se a caracterização das amostras, com o mesmo procedimento das amostras normalizadas.

Resultados e Discussão

AISI 4140

A Figura 1a) representa a microestrutura do aço AISI 4140 na condição normalizada, já a Figura 1b. representa a microestrutura do mesmo aço na condição criogênica.

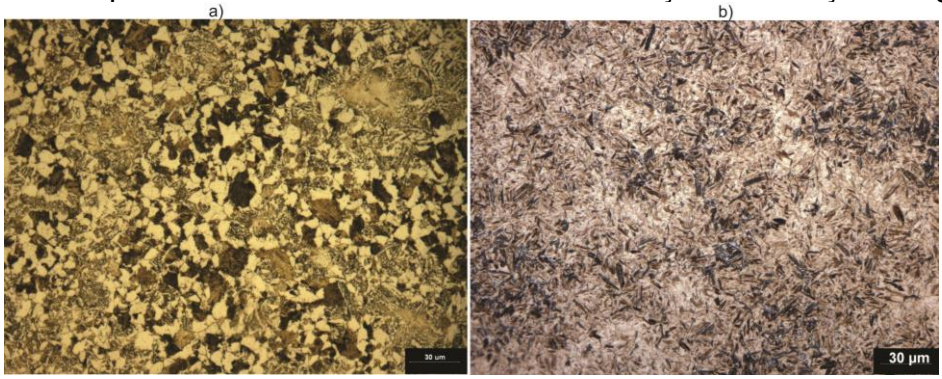


Figura 1 – Microestrutura do aço AISI 4140 na a) condição normalizada e na b) condição criogênica.

Observando a Figura 1a), percebe-se a existência de ferrita como fase mais clara e arredondada, perlita como região mais escura e martensita com tons de marrom e formato de agulhas. Já na Figura 1b) há um refinamento da microestrutura, tendo mais martensita e uma homogeneidade microestrutural. A Figura 2 representa o FEG na Figura 2a) meio raio da amostra já na Figura 2b) no centro da amostra.

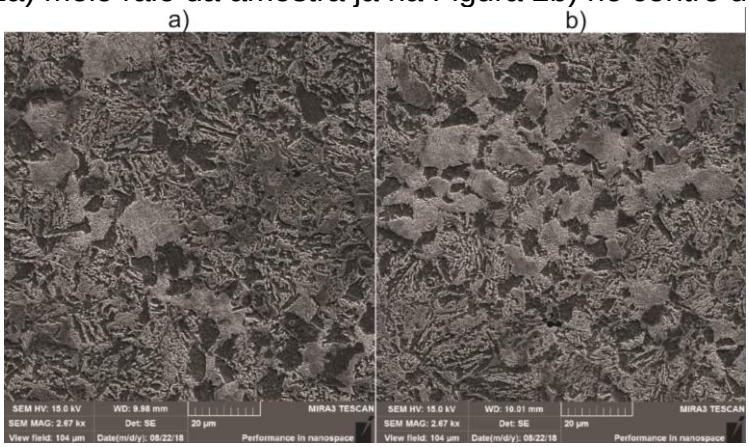


Figura 2 - Microestrutura, obtida pelo FEG, da amostra do aço AISI 4140 na condição normalizada no a) meio raio da amostra e no b) centro da amostra.

Analisando ambas as imagens, nota-se que na Figura 2a), a existência de perlita (colônias das regiões mais claras e densas) se mostra muito mais aparente que na Figura 2b), já que na Figura 2b) a quantidade de martensita é bem maior. Isso esta relacionado com o controle do resfriamento no centro e extremidade das amostras.

AISI 4340

A Figura 3a) representa a microestrutura do aço AISI 4340 na condição normalizada, já a Figura 3b) representa a microestrutura do mesmo aço na condição criogênica.

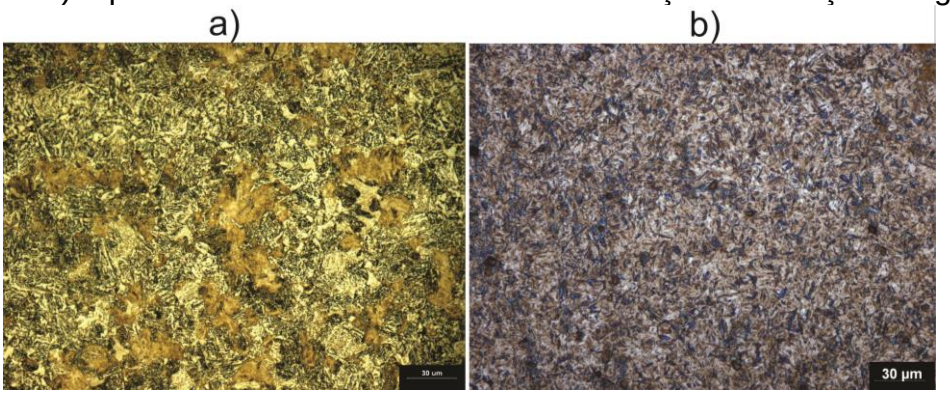


Figura 3 – Microestrutura do aço AISI 4340 na a) condição normalizada e na b) condição criogênica.

Pela Figura 3a) é possível observar que, há a presença de grãos de ferrita (região clara), regiões mais escuras em formato lamelar se encontram a perlita e uma maior quantidade de martensita (tons amarelados). Já na Figura 3b), percebe-se que houve um refinamento e maior homogeneidade da microestrutura da amostra, na qual existe mais martensita. A Figura 4a) representa o FEG do meio raio da amostra do aço AISI 4140, já a Figura 4b) o FEG no centro da amostra.

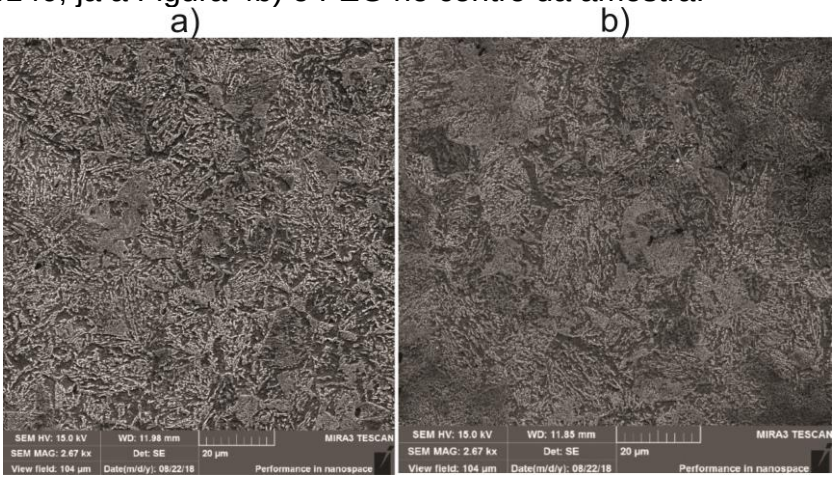


Figura 4 - Microestrutura, obtida pelo FEG, da amostra do aço AISI 4340 na condição normalizada no a) centro da amostra e no b) meio raio da amostra.

A amostra do aço AISI 4340 na condição normalizada apresenta uma maior quantidade de perlita na Figura 4a), referente ao seu centro, e na Figura 4b) a quantidade de martensita é maior.

Microdureza Vickers

Após a caracterização das amostras por meio do ensaio de microdureza Vickers (realizada em direção radial), pode-se analisar o comportamento das normalizadas na Figura 5a) e das amostras criogênicas na Figura 5b).

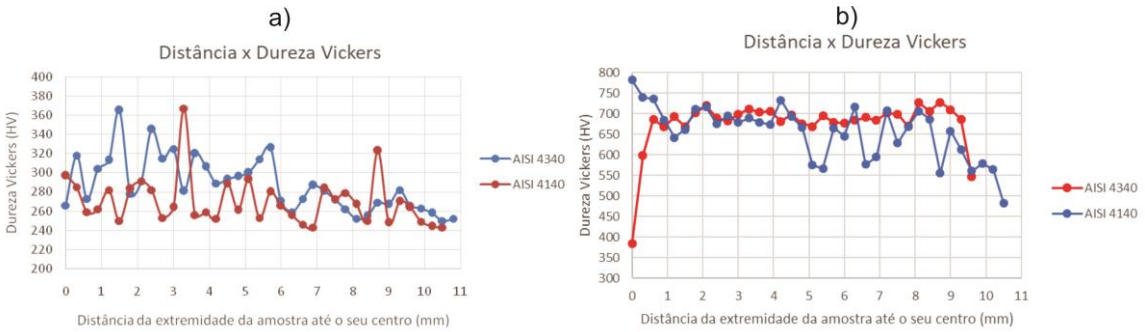


Figura 5 - Relação da distância da extremidade até o centro da amostra com a dureza Vickers (HV) para as amostras AISI 4140 e AISI 4340 na condição a) normalizada e b) criogênica.

A partir da Figura 5, percebe-se que quando mais próximo ao centro, mais linear é o comportamento das amostras. Isso está relacionado com o resfriamento descontrolado das amostras e da não homogeneidade da microestrutura. Comparando a Figura 5a) e Figura 5b, nota-se um aumento nas durezas que está relacionado com a transição de fase que houve nas amostras.

Conclusões

Conclui-se que após o tratamento criogênico das amostras dos aços AISI 4140 e AISI 4340 houve aumento significativo dos valores de dureza em relação às amostras na condição normalizada. O controle no resfriamento das amostras também se mostra muito importante, não só em relação a dureza, mas também na microestrutura, considerando que nas regiões onde não houve um resfriamento controlado nos aços, houve diferença nas fases formadas em relação as regiões controladas.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Marcio Ferreira Hupalo por ter acreditado no meu potencial e ter me dado a oportunidade da iniciação científica. A Fundação Araucária por ter me disponibilizado a bolsa. A Universidade Estadual de Ponta Grossa e ao Departamento de Engenharia de Materiais por terem me disponibilizado o espaço para a realização das minhas pesquisas. Aos técnicos de laboratório por todo o apoio e ajuda que recebi durante a minha pesquisa. Agradeço a todos que, de alguma forma, acreditaram em mim e estiveram comigo durante este ano.

Referências

ZUPPO, R. M. **Análise Comparativa do Efeito da Têmpera e Revenimento e da Austêmpera Seguida ou não de Conformação a Frio na Microestrutura e nas Propriedades do Aço SAE 4140H.** 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

RIOS, C. T.; AMARAL M. P. do.; SOUZA, E. S. **Influência de Tratamentos Térmicos na Microestrutura e Propriedades Mecânicas do Aço SAE 4140**. 12 f. Natal: CBECIMat. 2016.

Metallography and microstructures, vol 9, ASM Hanbook, ASM International, 2004.

Steel Heat Treating Fundamentals and Processes, vol 4A, ASM Handbook, 2004.

TEIXEIRA, L. B. **O Efeito do Tratamento Criogênico nas Propriedades Mecânicas e Estruturais do Aço SAE 4340**. 77 f. Monografia – Curso de Engenharia Automotiva, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.