



XVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 02 a 06/08/2010 - Viçosa – MG
Paper CREEM2010-CM-12

TENSÕES RESIDUAIS E CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE AÇO AISI 4340 TRATADO POR TÊMPERA E RETIFICAÇÃO

Wallace Palmeira dos Reis, Maria Cindra Fonseca, Lincoln Cabral de Oliveira e Juan Manuel Pardal
UFF, Universidade Federal Fluminense, Curso de Engenharia Mecânica
Campus Praia Vermelha - São Domingos - CEP 24210-240 - Niterói – Rio de Janeiro
E-mail para correspondência: wallsoad@gmail.com

Introdução

O aço AISI 4340 é amplamente utilizado nas indústrias de construção de máquinas, automobilística e aeroespacial para aplicações onde são requeridas alta resistência à tração e tenacidade, podendo trabalhar nos mais variados tipos e níveis de solicitações. Este aço apresenta boa forjabilidade e usinabilidade, alta temperabilidade, além de boa resistência à fadiga e à corrosão. Usualmente é empregado na condição “temperado e revenido”, em que a temperatura e o tempo de revenimento da microestrutura predominantemente martensítica são escolhidos de acordo com o nível de dureza requerido (Pivato *et al.*, 2006).

O tratamento térmico de têmpera é de capital importância para a indústria metal-mecânica, proporcionando propriedades de dureza e resistência mecânica elevadas. Outro processo amplamente difundido, devido à necessidade de acabamento superficial da grande maioria das peças, é a retificação. Ambos os processos são capazes de induzir tensões residuais nos materiais trabalhados, devido às deformações plásticas mecânicas e térmicas ocasionadas.

As tensões residuais são tensões auto-equilibradas existentes nos materiais em condições de temperatura homogênea e sem carregamento externo (Macherauch e Kloos, 1987) e de acordo com Grum (2001), elas refletem os procedimentos de fabricação e as condições de usinagem do componente. As tensões residuais induzidas pelo processo de têmpera se caracterizam por serem compressivas na superfície de um dado componente, e trativas em direção ao centro do material. Estas tensões de natureza trativa possuem valor decrescente à medida que se penetra a seção do material, até que seu valor seja nulo.

Objetivos

O objetivo do presente trabalho é comparar os níveis de tensões residuais geradas e as microestruturas obtidas pelo processo convencional de têmpera, em relação ao processo de usinagem por retificação. A caracterização das microestruturas obtidas foi complementada através de ensaio de dureza Vickers.

Materiais e Métodos

No presente trabalho foi usado um aço AISI 4340, forjado e normalizado, cuja composição química está apresentada na Tab. 1.

Tabela 1– Composição química do aço AISI 4340 (% em peso).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu
0,40	0,69	0,29	0,018	0,022	0,89	1,73	0,22	0,038	0,31

Foram confeccionados corpos de prova Charpy, conforme a Norma ASTM A-3790 08a, para cada um dos seguintes regimes: duas amostras tratadas termicamente (temperadas), denominadas “TT1” e “TT2”, uma amostra retificada com fluido de corte, denominada “RCF”, uma amostra retificada sem fluido de corte, denominada “RSF”.

A têmpera das amostras foi realizada em forno de resistência elétrica, a uma temperatura de encharque de 850°C por 3 horas, seguido de resfriamento em óleo.

No processo de retificação das amostras, para caracterizar as diferenças ocasionadas pela aplicação ou não de fluido de corte, foram mantidos os mesmos parâmetros de velocidade e profundidade de corte. Foi empregado um rebolo AA60 (óxido de alumínio branco), de 225mm de diâmetro externo e 25,4mm de espessura.

As análises microestruturais foram realizadas em um microscópio ótico, no Laboratório de Metalografia e Tratamentos Térmicos. As tensões residuais foram medidas na superfície das amostras, por difração de raios-X, com radiação $CuK\alpha$, pelo método da dupla exposição no Laboratório de Análise de Tensões. A dureza de cada amostra foi medida pelo método Vickers, com penetrador piramidal, no Laboratório de Ensaio Mecânicos. Os laboratórios citados pertencem ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFF.

Resultados e Discussões

As medições das tensões residuais foram realizadas em duas direções: longitudinal (coincidente com a direção do corte na retificação) e transversal. Todas as medições foram realizadas em uma mesma face de cada amostra.

Todas as amostras estudadas apresentaram tensões compressivas, em ambas as direções, o que é considerado benéfico para a vida em serviço de qualquer componente. As amostras tratadas termicamente, TT1 e TT2, mostraram valores mais altos na direção longitudinal, enquanto que as retificadas, na direção transversal.

Na microestrutura do material na condição como-recebido foi encontrada martensita revenida a altas temperaturas, com dureza de 320HV, enquanto a microestrutura da amostra temperada apresentou agulhas de martensita não revenida, de elevada dureza (600HV).

As microestruturas das amostras retificadas, com e sem uso de fluido de corte, foram semelhantes entre si, predominantemente constituídas de martensita revenida a altas temperaturas, semelhante à microestrutura do material na condição como-recebido, denotando que o processo de retificação não causou alterações microestruturais no material.

Os resultados das medições de dureza Vickers estão apresentados na Tab. 2. O valor relativo à amostra como-recebido está conforme o certificado de usina do material.

Tabela 2 – Dureza das amostras.

Amostra	Condição da Amostra	Dureza (HV)
TT1	Temperada	643
RCF	Retificada com fluido de corte	318
RSF	Retificada sem fluido de corte	322
CR	Como Recebida	320

Pode-se verificar através da Tab. 2 que as amostras tratadas termicamente experimentaram um aumento significativo no valor de dureza, devido à martensita não revenida, conforme esperado. As amostras retificadas, com ou sem fluido de corte, praticamente não apresentaram modificação no valor de dureza em relação às amostras do material como-recebido, confirmando a ausência de transformação de fase.

Conclusões

O presente trabalho e seus resultados permitem-nos chegar às seguintes conclusões:

- 1) As amostras temperadas apresentaram tensão residual compressiva superficial, conforme esperado, além de microestrutura e dureza compatíveis com martensita não revenida.
- 2) O processo de retificação, com e sem o uso de fluido de corte, não ocasionou mudança microestrutural no material, não alterando significativamente os valores de dureza em relação ao material na condição como-recebido.
- 3) Novos ensaios estão sendo realizados, com maior número de amostras para cada condição estudada.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, CAPES e à FAPERJ pelo suporte financeiro que possibilitou a execução do presente trabalho.

Referências Bibliográficas

- Grum, J., "A review of the influence of grinding conditions on resulting residual stresses after induction surface hardening and grinding", *Journal of Materials Processing Technology* 114 (2001) 212-226.
- Macherauch, E., Kloss, K. H., "Origin, Measurements and Evaluation of Residual Stress in Science and Technology". Ed. by Macherauch, V. Hauk, DGM VERLAG, 1987.
- Pivato, P. R. N., Abdalla, A. J., Baptista, C. A. R. P., Hashimoto, T. M., Pereira, M. S., Anazawa, R. M., "Estudo comparativo do comportamento mecânico em tração e fadiga de aços com microestruturas multifásicas", 17º CBECiMat, 2006, Foz do Iguaçu - PR.

