

ESTUDO DAS PROPRIEDADES DE UM AÇO 4140 ATRAVÉS DO ENSAIO DE DUREZA VICKERS

A.S.T.Penedo, E.C.Viana, F.J.V.Alcantara, J.P.Colafemina, A.P.Lima Filho.

Universidade Estadual Paulista, UNESP Ilha Solteira, Faculdade de Engenharia,

Departamento de Engenharia Mecânica, Av. Brasil n. 56, Centro

Ilha Solteira – SP, CEP15385-000

Palavras chaves: Dureza Vickers, Revenimento, Seleção de Materiais, Têmpera, Revenido.

RESUMO

A atuação do Engenheiro abrange duas grandes áreas. Uma trata de atividades que podem ser definidas como "correlacionamento de propriedades com o desempenho final", que se traduzem em realização ou melhoria de produtos e, por isso mesmo, incluem o processamento. Consequentemente, o escopo desse tipo de atividade se estende desde a adaptação de matérias-primas até a avaliação do desempenho final.

A outra grande área de ação do Engenheiro é a seleção de materiais (SM). Trata-se de atividade que envolve uma gama de conhecimentos técnicos, cuja amplitude dificilmente é abrangida por um só tipo de profissional por ser o ponto focal de uma série de especialidades tecnológicas. Essas vão desde a feitura do projeto até a análise de desempenho em campo e necessariamente reúnem profissionais de diversas especialidades. Em outras palavras, interdisciplinaridade e interatividade são particularmente exigidas em SM, da qual seleção de processo e *design* do produto também fazem parte, integrando assim engenheiros de produção, de materiais e mecânicos. A Figura 1 mostra esquematicamente as relações interativas ou de retroalimentação que juntam materiais, processo e projeto, evidenciando que o caminho que une a idéia ao produto final compõe-se de um certo número de etapas, cada uma necessitando de informações de diversas naturezas. Iniciando com os *requisitos de mercado*, tanto a faixa de custo como a escala de produção são definidos a partir de dados mercadológicos, que geram decisões referentes a seleção de processo e composição do custo provável (manufatura, material, manutenção, etc.). Ainda, do conhecimento das demandas ambientais depende o estabelecimento da expectativa de vida do produto, seu desempenho, os requisitos de manutenção e as condições de operação. Por exemplo, determinado ambiente industrial pode incentivar a corrosão sob tensão, o que deve ser levado em conta na análise de tensões e no dimensionamento. Em resumo a Figura 1 mostra os passos necessários para produzir determinado produto e ressalta quatro considerações principais: (i) a função – o que o objeto deve fazer; (ii) em que ambiente deverá operar; (iii) por quanto tempo, e (iv) qual o custo da solução encontrada e como este se compara com as expectativas do mercado.

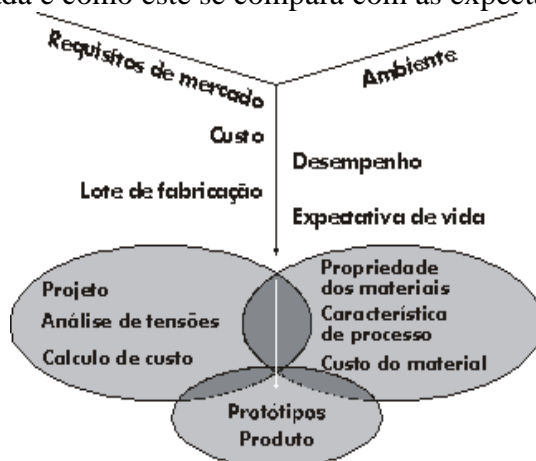


Figura 1. Fluxograma de desenvolvimento de um produto.

As atividades de SM podem ser executadas tendo múltiplos objetivos em mente, cada um caracterizado por um ou mais requisitos específicos. A lista a seguir fornece alguns exemplos:

- Redução de custo: as estratégias podem incluir troca do material de construção, por exemplo polímeros substituindo aços na indústria automotiva. Um exemplo é o conjunto de pedais em nylon reforçado com fibra de vidro, utilizado em um automóvel FIAT, que pesa 2,7 kg (cerca de metade do conjunto original em aço) e custa cerca de 20% menos.
- Novas condições de serviço: exemplificadas por aumento de pressão e temperatura em um equipamento de processo na indústria química.
- Materiais *versus* processo. Há casos em que é necessário proceder a substituição de materiais para permitir a adoção de um processo de fabricação mais econômico.
- Redução de peso: este é um requisito universal para qualquer produto que seja móvel. A indústria automotiva é especialmente sensível a este aspecto, pois está fortemente relacionado com o consumo de combustível.

Dessa forma, o presente trabalho, na tentativa de fornecer subsídios técnicos e aprimoramento da percepção na prática de seleção e especificação de materiais de engenharia, apresenta os resultados obtidos no ensaio de têmpera à 870°C e revenido à 200°C de uma barra de aço (32,0 mm de diâmetro por 62,0 mm de altura) ABNT 4140, de modo a correlacionar a dureza e a resistência mecânica deste componente para suportar um carregamento estático máximo em tração.

A dureza Vickers foi introduzida em 1925 por Smith e Sandland. Levou o nome Vickers devido a Companhia Vickers-Armstrong Ltda. A máquina de dureza consiste no penetrador em forma de pirâmide de diamante indeformável de base quadrada, com um ângulo de 136° entre as faces opostas. Esse ângulo produz valores de impressões no metal ensaiado e, existem tabelas que fornecem diretamente o valor da dureza Vickers para cada carga usada e o correspondente valor da diagonal L medido na impressão. A norma ASTM padroniza este ensaio.

Assim sendo, a comparação entre a dureza antes e depois do ensaio de têmpera, e revenido através da seção transversal da peça, fornece dados importantes a respeito da característica mecânica da peça.

A têmpera consiste em resfriar o aço, após a austenitização, a uma velocidade suficientemente rápida para evitar as transformações perlíticas e bainíticas na peça em questão. Deste modo, obtém-se uma estrutura metaestável martensítica, que após o revenimento obtém-se combinações ótimas de resistência e tenacidade.

Como os diferentes aços apresentam curvas de resfriamento contínuo (CCT – Contínuos Cooling Transformation) diferentes, a taxa mínima de resfriamento necessário (denominada velocidade crítica) para evitar as transformações perlítica e bainítica, varia em uma faixa bastante larga. Deve-se ainda observar que aumentado-se o teor de carbono de aço, diminui-se a temperatura para início e fim da formação da martensítica. Também a dureza martensítica aumenta com o teor de carbono, por isso, os aços para construção mecânica precisam ter teor de carbono acima de 0,3%.

Para o controle da taxa de resfriamento utilizam-se diversos meios de têmpera, com diferentes capacidades de extração de calor (severidade). Os meios de têmpera mais comuns são: água, óleo e ar.

Na têmpera há gradientes bastantes acentuados entre o centro e a superfície. Para uma mesma peça, estes gradientes serão tanto maiores quanto mais severo for o meio de têmpera. Essa presença, faz surgir tensões internas, associadas à:

- Contração do aço durante o resfriamento;
- Expansão associada com a transformação martensítica e;
- Mudanças bruscas de secção e outros concentradores de tensão.

Dependendo da magnitude das tensões resultantes podem ocorrer: deformação plástica (empeno da peça), ruptura (trincas de têmpera) e tensões residuais.

Dessa forma, um corpo de prova cilíndrico de aço ABNT 4140, foi utilizado para fazer o tratamento térmico de têmpera (870°C) e revenido a baixa temperatura (200°C). Preliminarmente, este corpo de prova foi usinado em sua face, e logo após com objetivo de melhorar o acabamento superficial lixou-se com os seguintes tipos de lixas: 80, 220, 320, 400, 600 e 800, e em seguida foi polido na politriz com alumina, obtendo uma superfície plana, polida com bom acabamento para efetuar o ensaio de dureza.

O procedimento de obtenção dos valores de dureza anteriormente descrito foi realizado no centro, a 1/4, 1/2, 3/4 do raio e na superfície do corpo de prova.

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos de dureza Vickers antes e depois do processo de têmpera e revenido.

Tabela 1: Dureza Vickers em diferentes pontos da peça na condição como recebido, temperado e revenido.

Posição	Posição (mm)	Condição como Recebido		Condição após têmpera		Condição após revenido	
		Dureza média* (HV)	Tensão média* (MPa)	Dureza média* (HV)	Tensão média* (MPa)	Dureza média* (HV)	Tensão média* (MPa)
Centro	0	330,9 ± 1,8	1210 ± 60,2	707 ± 31,2	2265 ± 92,4	634 ± 30,4	2040,8 ± 64,2
1/4	4	347,8 ± 9,5	1152 ± 61,2	729,8 ± 38,3	2307 ± 88,7	643 ± 31,2	2070,0 ± 61,3
1/2	8	351,5 ± 13,8	1145 ± 48,9	742,3 ± 37,5	2310 ± 67,2	650 ± 41,5	2093,3 ± 77,5
3/4	12	353,7 ± 15,9	1132 ± 53,9	763,4 ± 52,5	2421 ± 73,2	662 ± 37,8	2133,3 ± 69,3
Superfície		372,9					
	16		1078 ± 55,9	1031,9 ± 28,9	2860 ± 77,5	880 ± 55,5	2330,0 ± 71,3

* 95% de confiabilidade.

Após tratamento de têmpera e revenido, nota-se o ganho de dureza do metal e de resistência mecânica, isto é importante no projeto de componentes mecânicos, cuja resistência específica é maior no aço com tratamento térmico. Esta vantagem é importante para engenharia, pois redução de peso traduz numa peça mais esbelta e economia de combustível.

Agradecimentos: Os autores agradecem o Departamento de Engenharia Mecânica da FEIS/UNESP pelo apoio prestado na execução do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Silva, A.S.L.C., *Aços e ligas especiais*, 2 edição, Sumaré – Sp, 1988

Davis, J.R., *Metals handbook*, vol. 1, 10 edição, 1990

Souza, S.A., *Ensaaios mecânicos de materiais metálicos*, Editora Edgard Blucher Ltda, 5 edição, 1982

Maurizio Ferrante - *Departamento de Engenharia de Materiais* - Universidade Federal de São Carlos.