

ANÁLISE MICROESTRUTURAL E ENSAIO MECÂNICO DE AÇO SAE 4140 SUBMETIDO A TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA

Gustavo Kohl Patan¹

Ana Claudia Costa De Oliveira²

Resumo:

As propriedades mecânicas dos aços estão diretamente ligadas à microestrutura do material. Um controle adequado na composição química e microestrutura é capaz de otimizar as propriedades de um aço. Muitos aços de baixa e média liga são submetidos a tratamentos térmicos com o intuito de serem utilizados para determinada aplicação estrutural. Assim, estes aços sofrem ciclos de aquecimento e resfriamento a partir da temperatura de austenitização. Quase todos os aços de alto carbono ou com elementos de liga, são obrigatoriamente submetidos a tratamentos térmicos antes de serem colocados a serviço. Os principais objetivos dos tratamentos térmicos são: remoção de tensões internas, aumento ou diminuição da dureza, aumento da resistência mecânica, melhora da ductilidade, melhora da usinabilidade, melhora da resistência ao desgaste, entre outras. Os aços de baixa liga em função de sua considerável temperabilidade, proporcionada pelos elementos de liga, que pode chegar a até 5% em peso quando somados, geralmente são aplicados na condição temperado e revenido, devido aos bons resultados em relação às propriedades mecânicas. O aço SAE 4140 enquadra-se nesta classificação, apresentando em sua composição adições de cromo e molibdênio que lhe proporcionam boa temperabilidade, ou seja, maior homogeneidade de propriedades mecânicas entre núcleo e superfície de um mesmo componente após tratamento térmico de têmpera e revenimento. A ABNT classifica os aços segundo a NBR NM 172/2000. O aço SAE 4140, também chamado de aço-cromo-molibdênio é classificado como aço para construção mecânica, ligado e especial. Este aço apresenta boa resistência à torção e à fadiga. Este trabalho foi realizado durante período de estágio de Engenharia Mecânica na empresa Grefortec - Solução em Aquecimento, empresa essa que trabalha com Tratamento Térmico, Equipamentos e Molas, localizada na cidade de São Leopoldo no estado do Rio Grande do Sul. Tem por objetivo estabelecer parâmetros adequados para tratamento de têmpera em roletes de aço SAE 4140, e realizar análise da microestrutura e propriedades mecânicas após tratamentos de revenimento sob três diferentes temperaturas. O material utilizado para o desenvolvimento da pesquisa são roletes em aço SAE 4140. Estes roletes são fabricados pelo processo de estampagem a frio, e utilizados para a fabricação de correntes de transporte para máquinas. Foram realizados dois testes para verificação dos parâmetros adequados para o processo de têmpera para este material. Os processos de preparação da peça para análise microscópica foram: corte do rolete, desbaste preliminar, embutimento, lixamento, polimento e ataque químico. Para análise das propriedades mecânicas: desbaste preliminar, ensaio de

dureza superficial e dureza de núcleo. A partir dos resultados obtidos durante a realização deste trabalho observou-se a baixa dureza do material recebido para tratamento, característico do aço SAE 4140. E com a realização do tratamento de têmpera, a dureza teve uma variação significativa, devido a formação da estrutura martensítica. A semelhança entre os resultados de dureza superficial e dureza de núcleo das amostras demonstram que as amostras não possuem descarbonetação. O tratamento térmico de têmpera e revenido realizado na Grefortec apresenta excelentes resultados, condizentes com características estabelecidas em tabelas técnicas de fabricantes de aço.

Palavras-chave: Tratamentos térmicos, Têmpera, Revenimento

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ANÁLISE MICROESTRUTURAL E ENSAIO MECÂNICO DE AÇO SAE 4140 SUBMETIDO A TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA

¹ Aluno de graduação. gustavopatan@gmail.com. Autor principal

² Docente. anaccdo@unipampa.edu.br. Orientador



ANÁLISE MICROESTRUTURAL E ENSAIO MECÂNICO DE AÇO SAE 4140 SUBMETIDO A TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA E DIFERENTES TEMPERATURAS DE REVENIMENTOS

1. INTRODUÇÃO

As propriedades mecânicas dos aços estão diretamente ligadas à microestrutura do material. Um controle adequado na composição química e microestrutura é capaz de otimizar as propriedades de um aço. Muitos aços de baixa e média liga são submetidos a tratamentos térmicos com o intuito de serem utilizados para determinada aplicação estrutural. Assim, estes aços sofrem ciclos de aquecimento e resfriamento a partir da temperatura de austenitização.

Quase todos os aços de alto carbono ou com elementos de liga, são obrigatoriamente submetidos a tratamentos térmicos antes de serem colocados a serviço. Os principais objetivos dos tratamentos térmicos são: remoção de tensões internas, aumento ou diminuição da dureza, aumento da resistência mecânica, melhora da ductilidade, melhora da usinabilidade, melhora da resistência ao desgaste, entre outras [2].

Os aços de baixa liga em função de sua considerável temperabilidade, proporcionada pelos elementos de liga, que pode chegar a até 5% em peso quando somados, geralmente são aplicados na condição temperado e revenido, devido aos bons resultados em relação às propriedades mecânicas [2]. O aço SAE 4140 enquadra-se nesta classificação, apresentando em sua composição adições de cromo e molibdênio que lhe proporcionam boa temperabilidade, ou seja, maior homogeneidade de propriedades mecânicas entre núcleo e superfície de um mesmo componente após tratamento térmico de têmpera e revenimento.

A ABNT classifica os aços segundo a NBR NM 172/2000 [1]. O aço SAE 4140, também chamado de aço-cromo-molibdênio é classificado como aço para construção mecânica, ligado e especial. Este aço apresenta boa resistência à torção e à fadiga e a dureza superficial na condição temperado varia de 54 a 59 HRC.

Este trabalho foi realizado durante período de estágio de Engenharia Mecânica na empresa Grefortec – Solução em Aquecimento, empresa essa que trabalha com Tratamento Térmico, Equipamentos e Molas, localizada na cidade de São Leopoldo no estado do Rio Grande do Sul. Tem por objetivo estabelecer parâmetros adequados para tratamento de têmpera em roletes de aço SAE 4140, e realizar análise da microestrutura e propriedades mecânicas após tratamentos de revenimento sob três diferentes temperaturas.

2. METODOLOGIA

O material utilizado para o desenvolvimento da pesquisa são roletes em aço SAE 4140, apresentado na Figura 1. As dimensões do rolete são $\varnothing 38 \times 15 \times 19,2$ mm. Estes roletes são fabricados pelo processo de estampagem a frio, e utilizados para a fabricação de correntes de transporte (Figura 2) para máquinas.



Figura 1 – Roletes em Aço SAE 4140
(Fonte do autor).



Figura 2 – Corrente de transporte.
(Fonte do autor).

Foram realizados dois testes para verificação dos parâmetros adequados para o processo de têmpera para este material. O último com resultados satisfatórios, com o objetivo de atingir dureza superficial de 58 HRC. Para cada teste foi utilizado 16 roletes.

O primeiro teste foi realizado colocando os roletes no forno em banho de sal com temperatura de austenitização de 860°C, onde permaneceu durante 15 minutos, tempo este conhecido como tempo de encharque, e após resfriado em Martêmpera até a temperatura de 170°C durante aproximadamente 10 minutos. Os roletes foram então lavados em água e após resfriado ao ar livre. Os parâmetros usados para o primeiro teste estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros de Tratamento Teste 1.

Teste 1		
Tratamento	Austenitização	Martêmpera
Temperatura	860°C	170°C
Tempo	15 min	10 min

Fonte do autor.

O segundo teste seguiu o mesmo do primeiro, variando apenas o tempo de encharque, que neste segundo teste foi de 30 minutos. Os parâmetros usados para o segundo teste estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de Tratamento Teste 2.

Teste 2		
Tratamento	Austenitização	Martêmpera
Temperatura	860°C	170°C
Tempo	30 min	10 min

Fonte do autor.

Dos 16 roletes do teste que obteve resultados satisfatórios, 1 foi separado para análise da microestrutura da peça com têmpera, os outros 15 foram divididos em três lotes, com 5 roletes em cada, para realizar o tratamento térmico de revenimento. Após a têmpera os lotes foram separados e distribuídos da seguinte forma:

- Primeiro lote: Tratamento de revenimento a 190°C durante 2 horas, com 5 amostras;

- Segundo lote: Tratamento de revenimento a 170°C, durante 2 horas, com 5 amostras;
- Terceiro lote: Tratamento de revenimento a 250°C, durante 2 horas, com 5 amostras.

Os processos de preparação da peça para análise microscópica foram: corte do rolete, desbaste preliminar, embutimento, lixamento, polimento e ataque químico. Para análise das propriedades mecânicas: desbaste preliminar, ensaio de dureza superficial e dureza de núcleo.

As medições de dureza superficial foram realizadas pelo método de Dureza Rockwell escala C em todos os roletes após os tratamentos de revenimento e também em 5 roletes sem tratamento térmico. Para este ensaio foi necessário um desbaste superficial nos roletes para limpeza da superfície e eliminar possíveis impurezas, para isso utilizou-se uma lixadora de cinta.

O ensaio de dureza de núcleo foi realizado pelo método de Dureza Vickers – HV, convertida para escala HRC usando tabela de equivalência das diversas escalas de dureza (ASTM E-41). Para este ensaio o rolete foi cortado ao meio utilizando uma poli corte, seguido de um desbaste da superfície que será analisada, e lixamento com lixas abrasivas (granulometrias 220, 400, 600 e 1200) e finalizando com o polimento da superfície utilizando uma politriz automática e alumina.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Para validar e selecionar os parâmetros adequados para o tratamento de têmpera, foi realizado ensaio de dureza superficial HRC em 5 amostra de cada teste. A Tabela 3 apresenta os resultados do ensaio de dureza.

Tabela 3 – Resultados Ensaio de Dureza dos testes de parâmetros.

Resultados Ensaio de Dureza Testes de Parâmetros - HRC			
Teste 1	Dureza Sup.	Teste 2	Dureza Sup.
1	56	1	57
2	54	2	59
3	55	3	57
4	53	4	58
5	54	5	59
Média	54,4	Média	58

Fonte do autor.

Devido à baixa dureza superficial (54,4 HRC) encontrada nas amostras do Teste 1 com tempo de encharque de 15 minutos, este foi reprovado e as amostras foram descartadas. Utilizou-se as peças do Teste 2, que teve tempo de encharque de 30 minutos para dar continuidade ao trabalho, visto que a dureza superficial encontrada atingiu o esperado (58 HRC).

Os resultados do ensaio de dureza superficial das amostras são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados ensaio de Dureza Superficial.

Ensaio de Dureza Superficial - HRC				
Amostra	Sem Tratamento	Temperatura de Revenido		
		170°C	190°C	250°C
1	24	57	56	52
2	26	56	55	51
3	25	57	54	52
4	22	56	55	51
5	25	56	54	51
Média	24,4	56,4	54,8	51,4

Fonte do autor.

Os resultados do ensaio de dureza superficial de núcleo das amostras são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado Ensaio de Dureza de Núcleo.

Ensaio de Dureza de Núcleo - HRC				
Amostra	Sem Tratamento	Temperatura de Revenido		
		170°C	190°C	250°C
1	26	57	55	52
2	24	55	54	52
3	25	57	55	51
4	24	57	54	50
5	25	56	55	51
Média	24,8	56,4	54,6	51,2

Fonte do autor.

As amostras tratadas, após os revenidos apresentam em sua microestrutura martensita revenida, que consiste em partículas de cementita extremamente pequenas e uniformemente distribuídas. A martensita revenida pode ser quase tão dura e resistente quanto a martensita, porém com ductibilidade e tenacidade aprimoradas.

A dureza e resistência são explicadas pelo grande número de contornos entre as fases ferrita e cementita devido às numerosas e finas partículas de cementita. A fase cementita, dura, reforça a matriz de ferrita ao longo dos contornos e atuam como barreiras de discordâncias durante a deformação plástica. A fase ferrita, é muito dúctil e relativamente tenaz, o que responde pela melhoria dessas duas propriedades na martensita revenida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os testes de parâmetros para o tratamento de têmpera para o aço SAE 4140 é possível concluir que os parâmetros utilizados para o Teste 2 devem ser adotados para garantir que o material obtenha as propriedades mecânicas desejadas. Qualquer alteração dos parâmetros influenciará nos resultados.

A partir dos resultados obtidos durante a realização deste trabalho observou-se a baixa dureza do material recebido para tratamento, característico do aço SAE 4140. E com a realização do tratamento de têmpera, a dureza teve uma variação significativa, devido a formação da estrutura martensítica. A semelhança entre os

resultados de dureza superficial e dureza de núcleo das amostras (Figura 3) demonstram que as amostras não possuem descarbonetação.

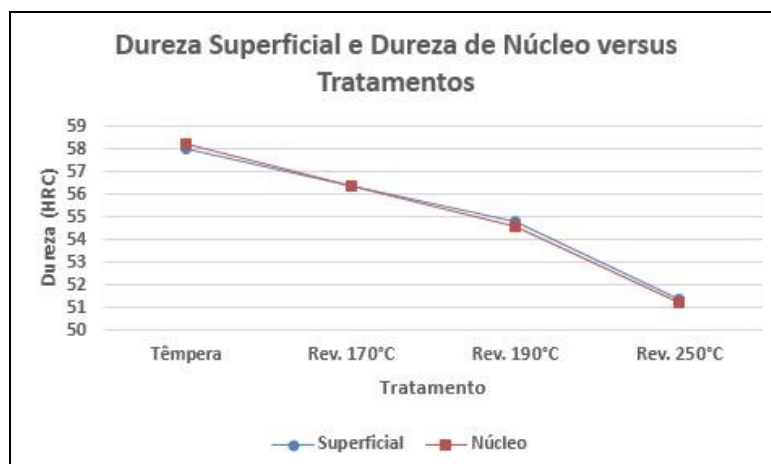


Figura 3 – Gráfico com resultados da dureza de núcleo e dureza superficial. (Fonte do autor)

O tratamento térmico de têmpera e revenido realizado na Grefortec apresenta excelentes resultados, condizentes com características estabelecidas em tabelas técnicas de fabricantes de aço.

O tratamento de revenido a 170°C é o indicado para este material, pois quando revenido a esta temperatura, não ocorre perda significativa das propriedades mecânicas do material tratado.

Todos os processos de obtenção, análise e processamento dos dados, permitiram uma ampla visão dos tipos de ensaios utilizados para avaliar as características mecânicas de um material. Foi possível observar as peculiaridades de cada etapa, desde a preparação das peças para o tratamento térmico, evidenciando a necessidade de devidos cuidados para que os resultados fossem obtidos com qualidade e condizentes com a literatura.

Por fim, deixo aqui meus sinceros agradecimentos à empresa Grefortec e seus responsáveis, que contribuíram e permitiram a realização deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ALEXANDER, Estudo da influência da criogenia na resistência ao desgaste abrasivo do aço ASTM 743 tipo CA6NM, UNICAMP, 2009.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 172/2000; Critérios de Classificação dos Aços. Rio de Janeiro, 2000. 8p.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 87/2000; Aços Carbono e Ligados para Construção Mecânica – Designação e Comparação Química. Rio de Janeiro, 2000. 19p.
- [4] CALLISTER, W. D. J. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 7ª ed. Utah: John Wiley & Sons, 2008.
- [5] KRAUSS, G. Steels: Heat Treatment and Processing Principles. Ohio: ASM International, 1994.