

AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO AÇO SAE 4340 SUBMETIDO À TRATAMENTOS TÉRMICOS

Mrs. Manoel Ivany de Queiroz Júnior², jrqueirozonline@gmail.com

Mrs. Vinícius Carvalhaes², vinicius.carvalhaes@ifg.edu.br

Paulo Vinicius Resende¹, resendep.engmec@gmail.com

¹Discente do curso de Engenharia Mecânica – Instituto Federal de Goiás

²Docente do curso de Engenharia Mecânica – Instituto Federal de Goiás

Resumo: Sabe-se que os redutores são compostos por elementos de máquinas como engrenagens, eixos, parafusos e roscas. Durante seu ciclo de trabalho o atrito entre os dentes das engrenagens ocasiona um aumento de calor no interior dos redutores gerando desgaste prematuro em tais peças. Propôs-se realizar tratamentos térmicos em corpos de provas fabricados do mesmo material que são confeccionadas as engrenagens dos redutores e estudar a influência que a microestrutura do material tem sobre sua condutividade térmica. Após todas as amostras serem submetidas aos tratamentos térmicos específicos foram analisadas as dureza e microestruturas respectivamente e levados à bancada de condutividade térmica linear com o objetivo de verificar se alguma das amostras aumentou seu coeficiente de condutividade térmica em relação à peça original. Com os ensaios realizados nas amostras foi possível constatar que os tratamentos térmicos influenciam, não somente nas propriedades mecânicas, mas também nos coeficientes de condutividade térmica. O recozimento caracterizado pelo resfriamento lento apresentou menor dureza e maior coeficiente de condutividade em relação aos demais, o que por consequência poderá apresentar melhor fluxo e dissipação de calor em uma determinada engrenagem, enquanto amostras temperadas apresentaram uma menor condutividade e maior dureza.

Palavras-chave: Tratamentos térmicos, Condutividade Térmica, Redutor de Velocidade.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Redutores de Velocidade

Redutores de velocidades são máquinas empregadas para se obterem grandes reduções de transmissões, sem necessidade de recorrer a engrenagens de grandes diâmetros ou motoras de poucos dentes (Bigaton, 2015).

Os principais componentes do redutor são os rolamentos, engrenagens, eixos de entrada e saída e carcaça Fig. (01). O redutor é constituído de um conjunto de eixos com engrenagens podendo ser cilíndricas de dentes retos, helicoidais, cônicas ou somente com uma coroa com parafuso sem fim, que tem como função reduzir a velocidade de rotação do sistema de acionamento (Quartezani et al, 2013).

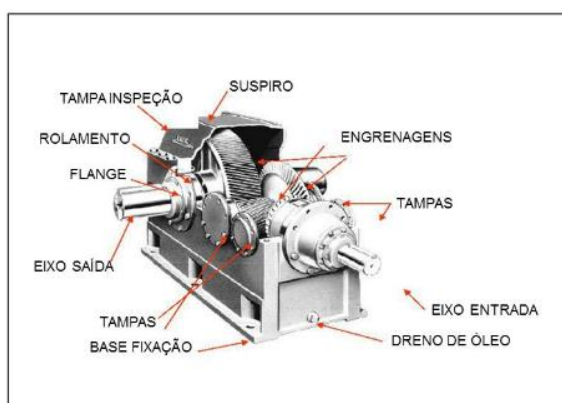


Figura 01. Elementos de um redutor mecânico.

De acordo com Andrade (2015), a parte fundamental de um redutor são as engrenagens, pois é através delas que se reduz a velocidade de rotação da transmissão, logo o contato entre as engrenagens de menor e maior número de dentes possibilita a redução desejada.

Valores obtidos no catálogo Liloredutores (2014), os redutores trabalham a uma temperatura externa de funcionamento que variam de 50 a 95°C e com temperaturas internas, aproximadamente 15°C acima da externa Fig.

(02). Essas temperaturas são ocasionadas pelo atrito entre os dentes das engrenagens, pois, há uma alta carga em serviço e um contato extremo entre os dentes. Juntando os fatores térmicos e tribológicos os redutores ficam susceptíveis a paradas prematuras na indústria o que não seria interessante para o ponto de vista do setor de manutenção de uma empresa.



Figura 02. Análise termográfica de um redutor em regime de trabalho (Quartezani et al, 2013).

Nos redutores de engrenagens a refrigeração é feita através de óleos lubrificantes, geralmente recomendados no manual de instrução dos mesmos. A quantidade de óleo disponível no cárter também irá afetar diretamente o sistema. Mostra no catalogo de redutores, Moventas (2005) a temperatura de operação pode elevar-se em certos casos, entre 15 e 20% além do normal, simplesmente devido ao acréscimo na quantidade de óleo e quando o nível de óleo é mais baixo que o indicado, há o risco de a engrenagem não alcançar o óleo e a lubrificação não surtir efeito.

No cenário atual, poucas pesquisas ainda são desenvolvidas em cima de redutores de velocidade de engrenagens, no entanto, é possível encontrar dados de outros modelos de redutores. De acordo com Pierini (2014) os redutores de coroa sem fim possuem uma eficiência de trabalho de aproximadamente 85%. Essa perda se dá devido ao atrito que ocorre entre a coroa e o sem fim, nos rolamentos e ao movimento do óleo dentro do redutor.

Mesmo sendo refrigeradas por óleo lubrificante, as engrenagens dos redutores ainda apresentam desgaste significativo pela alta temperatura de trabalho, diante esse problema, buscou-se em bibliografias maneiras de dissipar maior parte dessa energia térmica produzida pelo atrito.

Em busca de novas melhorias nos redutores, diversos estudos estão sendo realizados a cada dia e consequentemente melhores resultados vão sendo alcançados, rompendo diversos paradigmas do ponto de vista da transferência de Calor.

Pierini (2014) mostra que um dos meios de melhorar a transferência de calor em redutores seria aumentando o tamanho da aleta. O estudo constatou que com o aumento dessa área superficial ocorreu uma redução de temperatura e, portanto, o método é válido, no entanto, maiores áreas exigem um maior espaço útil e também que mais material seja utilizado na construção de tais máquinas, o que não seria interessante do ponto de vista econômico para os fabricantes.

1.2. Fundamentos da Transferência de Calor

Segundo Holman (1983), a Transferência de calor é a ciência que estuda as características de energia entre corpos materiais causados por diferenças de temperatura. Enquanto a termodinâmica preocupa-se em sistemas em equilíbrio, a transferência de calor tem como objetivo calcular quanto tempo se gasta para passar do estado de equilíbrio inicial para o estado de equilíbrio final. Esse tempo no qual ocorre a mudança de equilíbrio está diretamente ligado à uma constante da termodinâmica, conhecida por condutividade térmica, indica a rapidez com que o calor será transferido num dado material. Na prática, existem três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação.

Para o desenvolvimento deste projeto, utilizou-se o método de condução, ou seja, quando dois sólidos com temperaturas distintas em contato entre si tendem a entrar em equilíbrio térmico, pois há uma transferência de energia por condução. Onde a taxa de transferência pode ser determinada pela Eq. (1).

$$q = -kA \cdot (dT/dx) \quad (1)$$

Onde:

q: Taxa de Transferência;

dT/dx: Gradiente de Temperatura;

A: Área de Contato;
k: Condutividade Térmica.

A condutividade térmica/elétrica em materiais sólidos se dá através de dois principais mecanismos: Os fónons e por meio dos elétrons livres. Onde o primeiro método está diretamente ligado à microestrutura dos materiais sólidos.

1.3. Tratamentos Térmicos

A composição, o processo de solidificação e tratamentos térmicos posteriores influencia decisivamente na microestrutura do aço. De acordo com Chiaverini (1986) a melhor compreensão das propriedades desses materiais e dos tratamentos térmicos a que comumente são submetidos obtém-se pelo estudo do diagrama de equilíbrio ferro – carbono. Uma observação importante é que cada elemento de liga e sua quantidade característica gera um novo diagrama de equilíbrio.

O tratamento térmico é constituído basicamente de aquecimento dos metais a determinada temperatura, seguindo de um resfriamento controlado, considerando alguns fatores, tais como: tempo de aquecimento e resfriamento, temperatura (em função do tamanho da peça), profundidade de aquecimento e/ou adição de componentes químicos na superfície da peça, que variam em função do tamanho e da composição química do material da peça e das alterações das propriedades que se deseja (Silva e Avanzi, 2011).

A literatura normalmente descreve equações empíricas para a determinação do tempo de permanência aplicada em aços de construção mecânica. A equação mais conhecida é:

$$T_p = 0,5 \times E_{eq} \quad (2)$$

Onde:

T_p : Tempo de permanência (Horas);
 E_{eq} : Espessura Equivalente (Polegadas).

Os tratamentos térmicos mais comuns citados por (Chiaverini, 1986, Moreira e Lebrão, 2016) são:

- **Têmpera:** Tratamento que visa aumento de dureza. Consiste em resfriamento rápido, geralmente feito em água ou óleo.
- **Revenimento:** É um tratamento pós-têmpera que tem como objetivo eliminar tensões internas reduzindo muito pouco a dureza adquirida durante a têmpera.
- **Recozimento:** Tratamento que visa alterar propriedades mecânicas e elétricas, bem como modificar a microestrutura do material. Consiste em um resfriamento lento, sendo este realizado dentro do próprio forno. A estrutura resultante do recozimento é a normal, ou seja, ferrita mais perlita, se for aço hipoeutetóide, perlita mais cementita, se for aço hipereutetóide e somente perlita, se for aço eutetóide.
- **Normalização:** Tratamento que visa homogeneizar e refinar o tamanho do grão de estruturas obtidas de trabalho à quente de aços fundidos e soldados. Consiste em um resfriamento lento, sendo este realizado no ar a temperatura ambiente.

1.4. Aço GGD 4340

Com base em catálogos de materiais foi feita uma pesquisa de qual material seria mais conveniente na confecção de engrenagens e que estivesse em fácil acesso.

O aço GGD 4340 é um aço para beneficiamento com elevada temperabilidade, ligado ao cromo-níquel-molibidênio Tab. (1), utilizado na fabricação de diferentes componentes mecânicos onde se necessita uma grande homogeneidade de dureza ao longo da seção tais como: eixos, engrenagens, engrenagens planetárias, colunas, mangas e cilindros.

O Tratamento térmico do aço também é recomendado Tab. (2) com objetivo de estabelecer um menor erro em relação a valores pré-estabelecidos.

A fig. 03 mostra a relação da dureza com a temperatura de revenimento que foi utilizado como parâmetro para escolha do tratamento de revenimento que é realizado após a têmpera no corpo de prova.

Tabela 1. Composição de composição química para o aço GGD 4340 em percentual em massa (GGDMETALS, 2015).

%C	%Si	%Mn	%Cr	%Ni	%Mo
0,38	0,15	0,6	0,8	1,65	0,2
-	-	-	-	-	-
0,43	0,3	0,8	1,1	2	0,3

Tabela 2. Temperaturas de austenitização referente a cada tratamento térmico (GGMETALS, 2015).

Tratamento	Temperatura (°C)
Recozimento	850
Normalização	860 - 880
Têmpera	840 - 870

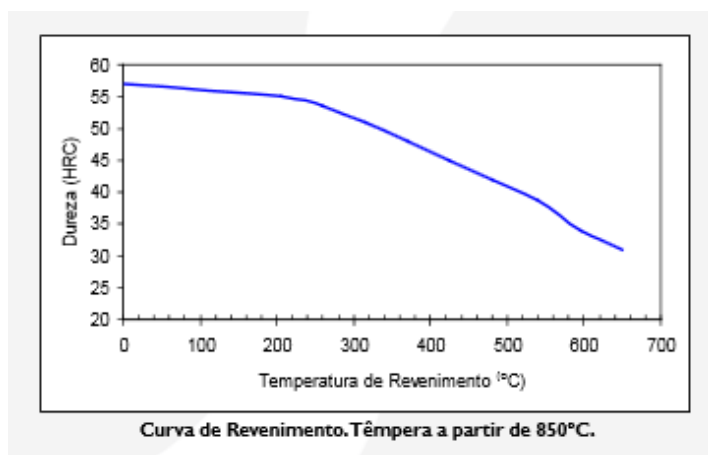


Figura 03. Temperatura de revenimento em função da dureza exigida do componente (GGDMETALS, 2015).

Para realizar os tratamentos adequadamente, buscou-se o diagrama de transformação-tempo-temperatura Fig. (04) do aço GGD 4340, pois sabe-se que um dos importantes fatores para realizar o tratamento adequado é conhecer a velocidade de resfriamento.

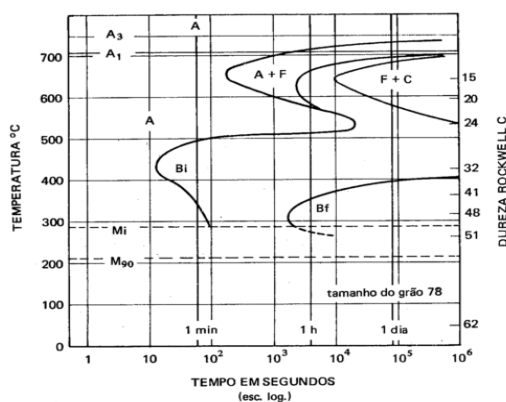


Figura 04. Curva TTT para aço 4340 (Chiaverini, 1986).

2. METODOLOGIA

Com o objetivo de melhorar o fluxo de calor no interior de redutores de velocidades, foi proposto o desenvolvimento de um trabalho que estudasse a influência que a microestrutura do material tem sobre sua condutividade térmica.

2.1. Tratamentos Térmicos

Para que um tratamento térmico seja bem feito é necessário que os corpos de provas sejam confeccionados da maneira correta.

A barra do aço GGD 4340, conforme figura 5, foi adquirida com um diâmetro de 30 milímetros. Cada amostra teria que ter um comprimento equivalente a 20 milímetros, para isso a mesma foi cortada, com arrefecimento local, em serra poli-corte semiautomática. Para uma melhor confiabilidade dimensional e um melhor acabamento na face de corte, todas as amostras foram faceadas em torno convencional.

Após o cálculo do tempo de permanência as amostras foram levadas ao forno mufla e aquecidas a uma taxa de aquecimento de 15°C minutos até atingir a temperatura de 860°C. Ao atingir o tempo de permanência os corpos de prova foram submetidos aos meios de resfriamento descritos na Tab. (3). Uma das amostras resfriadas em óleo foi levada novamente ao forno para que fosse realizado o revenimento, que consiste no reaquecimento do metal, com a finalidade de tenacificação do aço, este processo é muito comum na indústria.

Tabela 3: Meio de resfriamento à que cada amostra foi submetida.

Amostra	Meio de resfriamento	Tipo de tratamento
1	AO AR	Normalização
2	FORNO	Recozimento
3	ÓLEO	Têmpera em óleo
4	ÓLEO	Têmpera em óleo + Revenimento
5	ÁGUA	Têmpera em água

Figura 05: Amostras do aço GGD 4340 após a operação de corte.



2.2. Micrografia

As propriedades mecânicas em sólidos tem grande influência das microestruturas referentes a cada material, e estas de maneira geral podem influenciar diretamente ou indiretamente as propriedades térmicas. Afim de conhecer e estabelecer uma relação entre tratamento e microestrutura foi feito uma análise metalográfica de cada corpo de prova. Os corpos de provas foram submetidos as etapas de lixamento, polimento, ataque químico e posterior micrografia com auxílio da microscopia óptica que possui lentes de ampliações entre 50 a 1000 vezes.

2.3. Medição de Dureza

Após um material ser submetido aos tratamentos térmicos, suas propriedades mecânicas sofrem mudanças significativas, o que torna mais interessante a nível industrial e amplia a aplicabilidade dos metais. Um dos indicativos diretos da modificação das propriedades mecânicas é o ensaio de dureza.

As medidas de durezas obtidas após os tratamentos térmicos foram obtidas com o auxílio de um microdurômetro Vickres com indentador de diamante e carga aplicada de um kilograma-força.

2.4. Obtenção da Condutividade Térmica

A bancada de condutividade térmica fornece peças intercambiáveis para as análises e comparação entre alguns materiais, no entanto, ela não está apta a mensurar a condutividade de outros materiais que não seja os fornecidos pelo fabricante. Diante desse problema, propôs a confecção de um dispositivo bi-partido Fig. (06) fabricado em technyl, por se tratar de um material de fácil obtenção no mercado, bom isolante térmico e excelente usinabilidade.



Figura 06. Construção do dispositivo de adaptação da bancada de condutividade térmica linear.

Após a confecção do dispositivo, iniciou-se os testes de condutividade térmica, onde as amostras foram acopladas no dispositivo de adaptação e inserida na bancada. Feito os ajustes da potência de entrada para 30 W e do sistema de aquisição de dados, ligou-se o sistema de arrefecimento para então iniciar à coleta das temperaturas.

A bancada fornece sete temperaturas distintas, no qual, duas delas, as mais próximas ao dispositivo acoplado com o aço, foram utilizadas para o cálculo da condutividade térmica.

3. RESULTADOS

Todos os testes foram feitos em uma temperatura próxima a 25°C em equipamentos devidamente calibrados e são apresentados em tópicos.

3.1. Dureza e Condutividade Térmica

Apesar do objetivo deste trabalho ser a melhoria da condutividade térmica no aço GGD 4340 estudos de dureza foram realizados para saber a relação entre melhor condutividade térmica e conservação ou melhoria em propriedades mecânicas, pois, são características fundamentais para a aplicação. Para isso, os dados experimentais foram tabelados Tab. (4) e logo após, analisou-se a relação de dureza e condutividade térmica Fig. (07) e estabeleceu um nível de melhor condutividade é dureza para aplicação em engrenagens.

Tabela 4: Valores experimentais de condutividade térmica e Dureza.

Experimento	k (W/m*°C)	Dureza (HV)
Recozimento	36,91	160,3
Normalização	32,03	250
S/ Tratamento	31,55	286
Têmpera em Óleo + Revenido	30,32	309
Têmpera em Óleo	28,87	359
Têmpera em Água	26,69	539

No estudo feito durante a revisão bibliográfica constatou-se que as engrenagens são temperadas em óleo e revenidas, com isso, nosso valor de base nos cálculos da condutividade térmica são partidas do princípio de têmpera em óleo e revenido.

Os valores de dureza fornecidos pela GGD METALS para o aço GGD 4340 corresponde a um valor de 274 [HV], nota-se que houve uma mudança na dureza da amostra utilizada em relação à dureza fornecida pelo catálogo, isso se dá ao fato de que a barra é fornecida com um diâmetro de 1 ¼ polegada e para alcançar os 30 milímetros exigidos pela bancada de condutividade térmica a barra teve que ser usinada, mudando assim algumas propriedades mecânicas características.

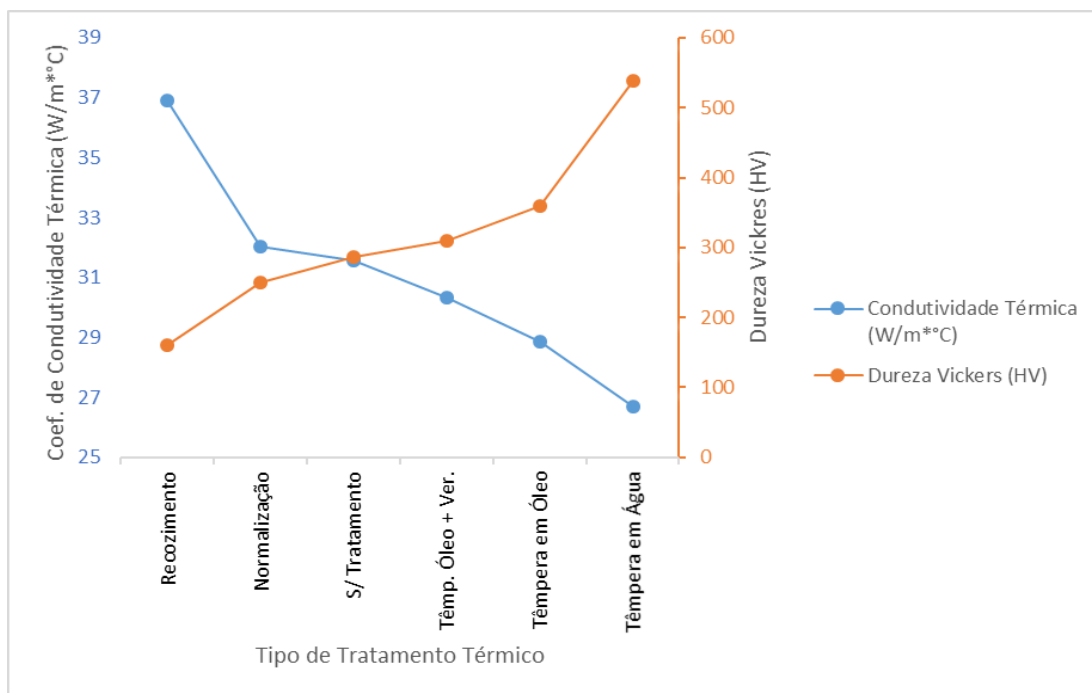


Figura 07: Relação entre dureza e condutividade térmica

A tabela 6 mostra a quantidade percentual da redução ou aumento da condutividade térmica e dureza, na qual utilizou-se uma regra de três simples com o objetivo de comparar todos os dados em relação a amostra temperada em óleo e revenida.

Tabela 6: Redução/Aumento percentual das propriedades mecânicas e térmicas em relação ao estado de fabricação da engrenagem industrial.

Experimento	k (%)	Dureza (%)
Recozimento	21,73	-48,12
Normalização	5,64	-19,09
S/ Tratamento	4,06	-7,44
Têmpera em Óleo + Revenido	-	-
Têmpera em Óleo	-4,78	16,18
Têmpera em Água	-11,97	74,43

Com base nos valores fornecidos pela tabela acima foi possível observar que a amostra que foi submetido ao tratamento de normalização, resfriada ao ar, tanto quanto as amostras sem tratamento obtiveram boas condutividades térmicas em relação a redução na dureza.

3.2. Micrografias

A microestrutura do material é fundamental para estimar e explicar as propriedades mecânicas dos sólidos. Diante disso, é necessário caracterizar a microestrutura referente a cada tratamento com o objetivo de mostrar a efetividade do processo e fundamentar as características obtidas na condutividade térmica.

3.2.1. Recozimento

Após o tratamento térmico de recozimento há uma tendência de crescimento de grão, formando uma matriz constituída de ferrita e perlita Fig. (08). Neste processo sabemos e entendemos que o metal se torna mais dúctil, pois existe menor barreiras a propagação de discordância, já que a microestrutura apresenta menos contornos de grão. Da mesma forma, observa-se que a ocorrência de menor contorno de grão favorece a condutividade, provavelmente pelos mesmos mecanismos.

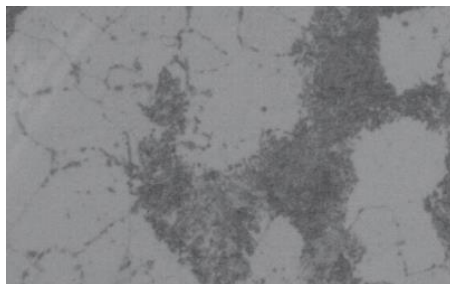


Figura 08: Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

3.2.2. Normalização

Um aço sujeito ao tratamento térmico de normalização apresenta uma microestrutura Fig. (09) típica bem similar aos aços recozidos, no entanto, com os grãos mais refinados, obtendo propriedades divergentes. É possível observar por meio da Fig. (09), que a quantidade de contornos de grão estão presentes em maior concentração que na Fig. (08), por tanto as constantes mudanças nas orientações dos planos cristalinos também afetam as propriedades térmicas.

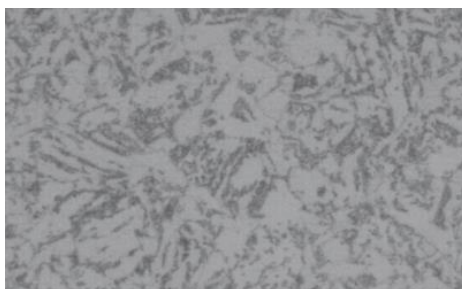


Figura 09: Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

3.2.3. Sem tratamento

Esse tópico apresenta a microestrutura Fig. (10) do aço sem tratamento, pode-se observar, comparando com as outras tratadas termicamente, as alterações realizadas com efeito dos tratamentos e mudanças microestruturas. Essa microestrutura é similar a obtidas por Sun e Mazumber (2015)

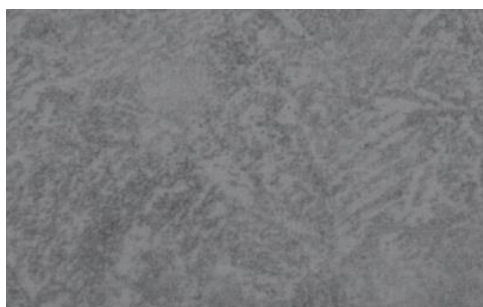


Figura 10. Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

3.2.4. Têmpera e Revenido

A têmpera consiste numa fase com maior porcentagem de carbono conhecida por martensita. A martensita é uma fase extremamente dura e frágil, com baixa tenacidade, e com a finalidade de aliviar as tensões internas causadas pelo resfriamento brusco é feito o tratamento posterior de revenimento, obtendo-se uma microestrutura formada pela fase conhecida por martensita revenida como determinado por Oliveira (2011), de acordo com a Fig. (11) observa-se a presença da martensita, que somente seria possível resfriamento em óleo quando se tem uma temperabilidade média para alta.

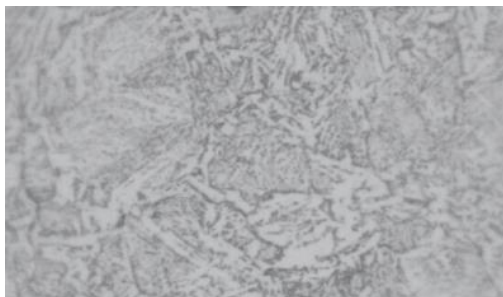


Figura 11. Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

3.2.5. Têmpera em Óleo

A microestrutura, Fig. (12) obtidas pelo resfriamento rápido é composta pela fase martensítica que tem como perfil principal o formato pontiagudo comparadas a agulhas. Nota-se nesta microestrutura o surgimento da microestrutura martensita, que certamente influenciou na diminuição da condutividade térmica neste aço.

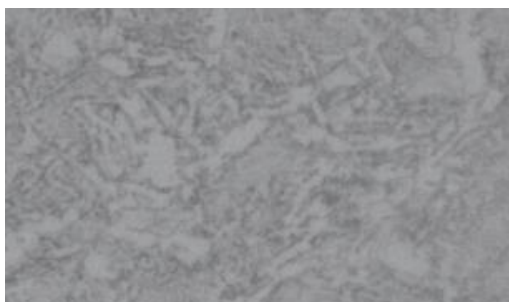


Figura 12. Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

3.2.6. Têmpera em Água

Quanto maior for a taxa de resfriamento, menores serão os grãos, a microestrutura Fig. (13) fica bem refinada e nesta, observa-se a maior quantidade de martensita formada, se comparado com as microestruturas anteriores, compatível com obtidas por Woei-Shyan e Tzay-Tian (1999). Esta quantidade pode ter influência direta na condutividade térmica do aço. Conhecemos as propriedades mecânicas desta microestrutura e certamente o seu mecanismo de endurecimento influencia na transferência de elétrons e/ou fônons internamente no material.

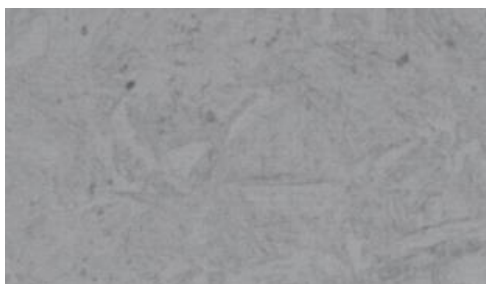


Figura 13. Micrografia do aço GGD 4340 aumentada 1000 vezes, atacada com ácido nital 4%.

4. CONCLUSÃO

O setor industrial há décadas vem sofrendo com paradas repentinas causadas por desgastes prematuros de elementos de máquinas tais como as engrenagens. Esses componentes são sujeitos a altos esforços mecânicos ocasionando um aumento na temperatura de toda máquina, afetando sua eficiência. Com o objetivo de facilitar a troca de calor dessas máquinas foram propostos que tratamentos térmicos fossem feitos no aço GGD 4340 para uma posterior análise de sua condutividade térmica e definição de qual tratamento seria o mais específico para o uso em engrenagens de redutores de velocidade.

De posse das amostras de condutividade térmica, dureza e micrografia específica, os dados foram tabelados e analisados pelo critério de Chauvenet, a fim de saber se algum ponto coletado está muito disperso em relação aos demais. Os dados que apresentaram não conformidade com os demais foram descartados e os que estavam dentro da faixa permissível de erro foram novamente tabelados.

Ao analisar as tabelas de condutividade e dureza estabeleceu-se qual tratamento seria mais eficaz tanto em termos de condutividade térmica quanto de dureza. Nota-se que o material recozido apresentou um excelente aumento de condutividade térmica, porém uma redução drástica de dureza. O material normalizado e o sem tratamento estão com condutividades térmicas ampliadas e a dureza bem mais próxima ao que se deseja relacionada a uma engrenagem. Uma cementação superficial poderia ser um método bastante eficaz para a melhoria da dureza conservando uma condutividade térmica elevada. Os materiais temperados, tanto em água como em óleo, apresentaram baixas condutividades térmicas e durezas elevadas.

Foi possível observar que as microestruturas dos aços influenciam diretamente nas suas propriedades térmicas. A condutividade térmica aumenta quando a dureza é elevada e os mecanismos de endurecimento dos aços, também influenciam nos mecanismos de transferência de elétrons e/ou fônons. No geral, microestruturas mais refinadas e com presença de martensita diminuíram a condutividade térmica.

5. REFERÊNCIAS

- Andrade, A.S., 2015, “Elementos Orgânicos de Máquinas II”, Paraná: UFPR, Brasil.
- Bigaton, C., 2015, “Projetos Mecânicos”, São Paulo: Centro Paulo Souza, Brasil.
- Chiaverini, V., 1987, “Aços e Ferros Fundidos” São Paulo: ABM.
- GGDMETALS. Catálogo de Aços para Construção Mecânica. São Paulo: GGDMETALS, Brasil, 2015.
- Sun, G., Zhou, R., Lu, J., Mazumber, J., 2015, “Evaluation of Defect. Density, Microstructure, Residual Stress, Elastic Modulus, Hardness and Strength of Laser-Deposited AISI 4340”, Acta Materialia, 1 February 2015, pages 172-189.
- Holman, J. P., 1983, “Transferência de Calor”, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.
- Liloredutores, 2014 “Catálogo de Produtos”.
- Moventas, 2005, “Manual do Fabricante do Redutor”.
- Moreira, M.F., Lebrão, S.M.G., 2016, “Tratamentos Térmicos dos Aços”, Dalmolim, Brasil, 2016.
- Oliveira, B.O.S.R., 2011, “Efeitos do Revenimento Realizado a Baixa Temperatura na Resistência ao Impacto em Aços Carbono e Ligados Temperados”, São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie.
- Pierini, V.L., 2014 “Análise da Transferência de Calor de um Redutor de Velocidade”, Santa Catarina: UFSC, Brasil.
- Quartezani, A.S., Silva, L.G., Silva, M.E., 2013, “Estudo de Caso de Análise de Falha de um Redutor Mecânico”, Faculdade Norte Capixaba de São Mateus, São Mateus.
- Silva, A.C.; Avanzi, C., 2011, “Mecânica: Tecnologia dos Materiais e Industrial”, São Paulo: Fundação Padre Anchieta, Coleção Técnica Interativa, Série Mecânica, v. 2.
- Woei-Shyan, L., Tzay-Tian, S., 1999, “Mechanical Properties and Microstructural Features of AISI 4340 High-Strength Alloy Steel Under Quenched and Tempered Conditions”, Journal of Materials Processing Technology, 15 March 1999, Pages 198-206.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EVALUATION OF THE THERMAL CONDUCTIVITY OF SAE 4340 STEEL SUBJECTED TO HEAT TREATMENTS

Mrs. Manoel Ivany de Queiroz Júnior², jrqueirozonline@gmail.com

Mrs. Vinícius Carvalhaes², vinicius.carvalhaes@ifg.edu.br

Paulo Vinicius Resende¹, resendep.engmec@gmail.com

¹Discente do curso de Engenharia Mecânica – Instituto Federal de Goiás

²Docente do curso de Engenharia Mecânica – Instituto Federal de Goiás

Abstract: It is known that speed reducers are composed by machinery elements such as gears, axle, screws and threads. During its work cycle the friction between the gears teeth causes an increase of temperature inside the gear tooth generating premature wear in such parts. It was proposed to carry out heat treatments on specimen made of the same material that are made the gears of the speed reducers and to study the influence that the microstructure of the material has on its thermal conductivity. After all the samples were submitted to the specific heat treatments, the hardness and microstructures were analyzed respectively and taken to the linear thermal conductivity bench in order to verify if any of the samples increased its thermal conductivity coefficient in relation to the original part. With the tests carried out on the samples it was possible to verify that the thermal treatments influence not only the mechanical properties, but also the thermal conductivity coefficient. The annealing characterized by slow cooling had a lower hardness and higher conductivity coefficient in relation to the others, which consequently could present better flow and heat dissipation in a determined gear, while hardened samples had a lower conductivity and a higher hardness.

Keywords: Thermal treatments, Thermal conductivity, Speed reducer.