

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO NA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO LATÃO C-360

Júlio Cezar Pedrosa da Silva

Adriel de Deus carvalho

Julho Cesar Barbosa

Instituto Federal de Goiás, Rua 75, R. 75, nº46 - Centro, Goiânia - GO, 74055-110, Coordenação de mecânica

Eng.pedrosa@live.com

adrieldedeus@gmail.com

eng.julhoc@gmail.com

Daniel Monteiro Rosa

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, UnB - Asa Norte, Brasília - DF, 70910-900

Danielrosa@unb.br

Resumo. Seladoras são máquinas que realizam a selagem de embalagens plásticas, o selamento é feito com o uso de eletrodos de latão que são aquecidos por resistências elétricas. Durante o processo de selagem é fornecido energia elétrica para conversão em calor para as barras de latão realizarem o processo. Propôs-se realizar tratamentos térmicos em amostras de latão C-360 e de estudar a influência dos mesmos na condutividade térmica. Após as amostras serem submetidas aos tratamentos térmicos, foram analisados seus valores de condutividade para verificar se alguma das amostras aumentou seu valor de condutividade térmica em relação à peça original e analisar as durezas. Com os resultados obtidos conclui-se que os tratamentos térmicos não influenciaram de forma significativa na condutividade. Amostras temperadas à água tiveram um pequeno aumento na condutividade, porém redução na dureza, já amostras submetidas ao recozimento e homogeneização não tiveram aumento quando comparadas entre si. Em geral, as submetidas à homogeneização tiveram diminuição de dureza e pequeno aumento em sua condutividade térmica, o que permitirá pequena melhora no fluxo de calor, com isso pequena redução no consumo de energia elétrica, com dureza menor resulta em redução no desgaste superficial do latão por conta do atrito com a embalagem.

Palavras chave: Latão C-360, Tratamentos térmicos, condutividade térmica, dureza, seladora

1. INTRODUÇÃO

1.1 Seladora de embalagens

A seladora Matisa modelo MS-4F é uma máquina seladora de embalagens plásticas que funciona de forma automática. Na Figura 1, são mostrados seis eletrodos de latão, sendo os quatro primeiros usados para aquecimento e outros dois para resfriamento, nessa máquina são usados dois estágios para o selamento de embalagem, um onde é feito a selagem da embalagem plástica por aquecimento dos eletrodos, depois o resfriamento do mesmo. Para realizar o processo, a energia elétrica é fornecida às resistências elétricas da seladora que estão em contato com os eletrodos de latão que são aquecidos, ocorre então conversão de energia elétrica em calor, a temperatura no eletrodo chega à 180 °C. Com isso as embalagens através de uma esteira são deslocadas até entrarem em contato com os eletrodos de latão aquecidos, sendo então realizada a selagem das embalagens. A região selada se encontra em alta temperatura, a mesma passa por outras barras de latão que são resfriadas com água natural, esta tem função de resfriar o local aquecido da embalagem para resfriá-la sendo responsável também pelo acabamento final na mesma.

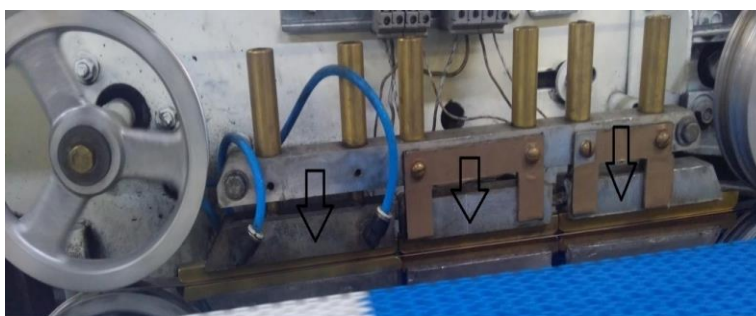


Figura 1. Localização dos eletrodos de latão na máquina seladora.

1.2 Transferência de Calor

Transferência de calor é o processo pelo qual a energia térmica é transportada devido a uma diferença de temperaturas no espaço. Sempre que existir um gradiente de temperatura dentro de um sistema composto de dois ou mais entidades, as mesmas forem colocadas em contato, haverá transferência de calor. O calor é uma entidade em trânsito, não pode ser observada ou medida diretamente, mas seus efeitos produzidos permitem a observação e a medição (KREITH, 2003).

Para o desenvolvimento deste estudo, utilizou-se a transferência de calor por condução, ou seja, quando dois sólidos com temperaturas diferentes entram em contato entre si tendem ao equilíbrio térmico, pois há uma transferência de energia por condução. A taxa de transferência de calor é determinada pela Eq. (1).

$$k = -\frac{q_x / A}{dT / dx} \quad (1)$$

Com: q : Taxa de Transferência; dT/dx : Gradiente de Temperatura; A : Área de Contato; e k : Condutividade Térmica.

1.3. Tratamentos Térmicos

Tratamento térmico é o conjunto de operações de aquecimento e resfriamento a que são submetidos os aços e materiais não ferrosos sob condições controladas de temperatura, tempo, atmosfera e velocidade de resfriamento, com o objetivo de alterar as suas propriedades mecânicas e alcançar características específicas (CHIAVERINI, 2005).

O recozimento é um tratamento térmico que aquece o material, geralmente aço, até acima ou dentro da zona crítica, seguido de um resfriamento lento, geralmente dentro do próprio forno ou ao ar. Esse recozimento para alívio de tensões é um tratamento térmico de um tipo de recozimento que tem por objetivo o de reduzir ou eliminar tensões residuais, utilizado geralmente após a soldagem de alguns aços, após a usinagem e solidificação de alguns fundidos (COLPAERT, 2008; CALLISTER, 2016). Todos os latões que são trabalhados a frio devem sofrer um alívio de tensões a 300°C, recozimento, para ser evitadas trincas quando submetidas em ambientes úmidos ou industriais. Peças de latão para fundição, que devem apresentar a mínima deformação durante a usinagem ou serviço, podem ser tratadas termicamente por recozimento a baixa temperatura a 300-720°C por um período de duas a quatro horas (COUTINHO, 1980).

O tratamento térmico de homogeneização tem por objetivo reduzir ou até mesmo eliminar os efeitos das microsegregações observadas na microestrutura bruta de solidificação, ou seja, homogeneizar a composição química do material. As microsegregações geram heterogeneidades composicionais e sua redução ocorre por causa do fenômeno de difusão (PEREIRA, 2015). Para tratamento térmico em latões, a temperatura pode ser conduzida a 520-720°C por um intervalo de uma ou uma hora e meia para ligas zonadas ou brutas de fusão (homogeneização) e trabalhadas (recristalização), com prioridade as de tipo α - β (COUTINHO, 1980).

De acordo com Colpaert (2008), o tratamento térmico de têmpera, tem por objetivo formar microestrutura de estrutura Tetragonal de Corpo Centrado, TCC. É realizado o aquecimento do material até a temperatura necessária para obter a estrutura CFC, que para os aços é denominada de austenita, depois é mantido a temperatura por certo tempo, o resfriamento é realizado em meio que permita uma velocidade correta para ser formada uma nova estrutura estável CCC, denominada para os aços de martensita. Para alguns latões α - β podem ser temperados sob temperatura de 850° C, em água, devido as transformações microestruturais que apresentam, sendo geralmente revenidos a 300°C, para melhorar a dureza e a uniformidade estrutural. Latões usados para estampagem, com composições que se situam nos limites do campo de dupla fase, podem ter as duas fases após a sua determinada têmpera (COUTINHO, 1980).

1.4. Latão C-360

O latão C-360 é uma liga de cobre que também é chamado de latão de corte livre americano. Essa liga de cobre tem as seguintes aplicações mecânicas: Quaisquer peças a serem produzidas em tornos automáticos de alta velocidade de corte, tais como: parafusos, pinos, porcas, arruelas, buchas, mancais, peças tubulares, peças usinadas em geral, peças a serem usinadas e ligeiramente rebitadas. A composição química do latão C-360, possui entre 60,0 e 63,0% de Cu, tem 2,50 e 3,00 % de Pb e 0,35% de Fe no máximo e o restante é zinco. Tem-se então um tipo de liga de cobre de latão que possui o chumbo como maior elemento químico após o cobre e o zinco. Seu valor de condutividade térmica é de $113 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ à temperatura ambiente de 20°C (TERMOMECAÂNICA, 2018).

Esse tipo de latão é uma das ligas mais representativas dos latões que tem chumbo como elemento de liga, possui microestrutura formada de três fases que são: α , β' e chumbo, constituinte insolúvel em ligas de cobre. Possui regiões maiores que são a fase α rica em cobre, e regiões menores que são a fase β' constituída de zinco e os nódulos escuros dispersos são de chumbo este confere ao material boa característica de usinabilidade (SILVA, 2015 *apud* TRENT e WRIGHT, 2000; VILARINHO *et al*, 2005; HOFMANN e MAGD, 2002).

2. METODOLOGIA

2.1. Obtenção dos Corpos de prova

Foi adquirida uma barra de perfil redondo de latão C-360 com diâmetro de 1.1/4 de polegada (31,75 mm) comprimento de 700 mm, a mesma foi usinada em torno universal por desbaste para diâmetro de 30 mm e cortadas por uso de bedame no mesmo torno em 12 amostras de 20 mm de comprimento cada, para retirar a rugosidade das faces foi utilizada lixa de 1200 mesh. Na Figura 1 é mostrado a imagem das amostras após o corte.



Figura 1. Amostras cortadas de latão C-360.

2.2. Tratamentos Térmicos

Os tratamentos térmicos escolhidos e meios de resfriamentos foram baseados segundo informações de Coutinho (1980). Na Tabela 1 são mostrados a quantidade de peças, tipo de tratamento térmico, tempo de permanência no forno e meio de resfriamento utilizados.

Tabela 1: Tratamentos térmicos realizados.

Tipos de tratamentos térmicos	Resfriamento	Tempo (min)	Temperaturas de Tratamento (°C)
Recozimento para alívio de tensões	Ar	120	320
Homogeneização	Ar	90	600
Têmpera em água	Água	45	850

2.3. Medição da Condutividade Térmica

A bancada de condutividade térmica mostrada na Fig. 2, 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, Queiroz Júnior, Carvalhaes e Resende (2017) desenvolveram um dispositivo bipartido, fabricado em technyl, por se tratar de um material de fácil obtenção no mercado, bom isolante térmico e de excelente usinabilidade, com isso é possível analisar a condutividade de qualquer material desde que tenha 30 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento.

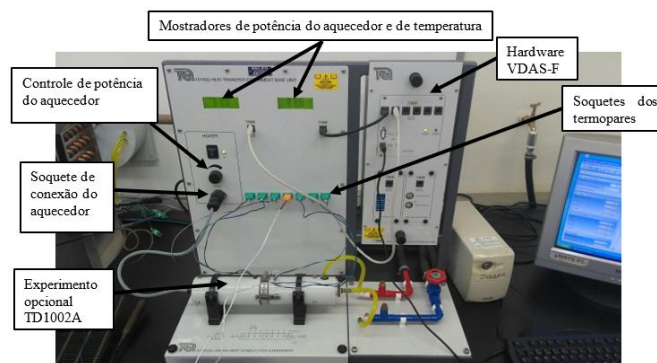


Figura 2. Bancada de experimento de transferência de calor TD1002 marca TecQuiment com experimento de condução linear.

Os testes de condutividade térmica foram realizados com o acoplamento das amostras no dispositivo de adaptação e inseridas na bancada. Valor de potência de entrada de 30 W e ligou-se o sistema de aquisição de dados e o sistema de arrefecimento para então iniciar a 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 E DISCUSSÕES

3.1. Dureza e Condutividade térmica

Todos os testes de condutividade térmica foram feitos em uma temperatura ambiente entre 26 a 27 °C a 25°C em equipamentos devidamente calibrados e são apresentados em tópicos, bem como a realização da medida de dureza. O resultado final de condutividade térmica e dureza foram calculados com base na média das três medidas obtidas de cada amostra.

Analisando a Tabela 2, o valor obtido para peça *in natura* foi de 96,56 W/ m.K valor 14,55% menor que o valor de catálogo fornecido da Termomecânica (2018), diferença se deve ao fato dessas amostras passarem por usinagem o que dever ter influenciado no valor de condutividade térmica. As amostras que passaram por homogeneização praticamente tiveram o mesmo valor de condutividade térmica do que as submetidas ao recozimento para alívio de tensões, diferenciando na dureza, as amostras que passaram pelo último tratamento térmico citado tiveram menor diminuição de dureza quando comparado aos demais.

Tabela 2: Valores experimentais de condutividade térmica e Dureza.

Experimento	k [W/ m.K]	Desvio Padrão k	Dureza [HRE]	Desvio Padrão Dureza
<i>In Natura</i>	96,56	3,76	83,42	1,0
Homogeneização	103,94	0,97	64,75	5,7
Recoz. P/ alív. De Tensões	103,95	1,33	78,17	5,4
Têmpera em Água	112,98	3,06	66,25	4,4

Na Figura 3 é mostrado o gráfico dos valores obtidos de dureza Rockwell na escala E com os valores de condutividade térmica. Percebe-se que não há relação direta de redução ou aumento da dureza com o aumento ou redução na condutividade, peças *in natura* tiveram maior dureza e menor condutividade térmica, enquanto peças tratadas por têmpera tiveram aumento na condutividade térmica e maior redução na dureza quando comparada as demais.

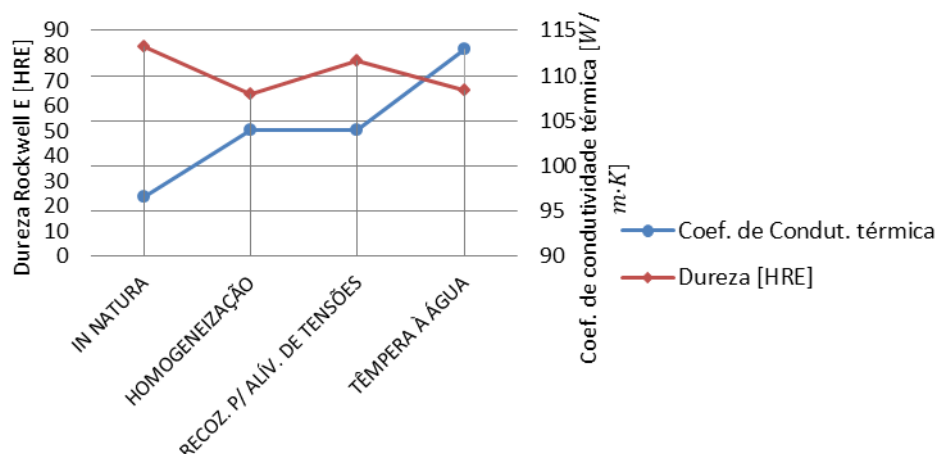


Figura 3. Relação entre dureza e condutividade térmica.

Na Tabela 3, são mostrados em valores percentuais aumento ou redução do valor de condutividade térmicas e dureza das amostras que passaram por tratamentos térmicos em relação às amostras *in natura*. Analisando percebe-se que peças temperadas em água tiveram aumento de 17% na condutividade e redução na dureza de 20,58 %, geralmente quando se fala em têmpera principalmente em aços e de aumento de dureza, o que no caso desse tipo de latão a fase α rica em cobre aumentou em sua microestrutura, deixando o material mais mole, dúctil. Enquanto na fase β' rica em zinco deve ter sido reduzida com o resfriamento rápido.

Amostras que passaram por homogeneização praticamente tiveram o mesmo valor de condutividade térmica do que as submetidas ao recozimento para alívio de tensões, diferenciando-se na dureza, amostras que passaram pelo último tratamento térmico citado tiveram menor diminuição de dureza quando comparadas as demais, redução de 6,29% conforme mostra Tab. 3.

Tabela 3. Redução/Aumento percentual da condutividade térmica e dureza em relação à amostra *in natura*.

Experimento	k (%)	Dureza (%)
Têmpera à água	17,00	-20,58
Recoz. para alívio de tensões	7,65	-6,29
Homogeneização	7,64	-22,38

4. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos de condutividade térmica, para o latão C-360 os tratamentos térmicos realizados não influenciaram de forma significativa no valor da condutividade térmica. A têmpera em água realizada obteve-se um pequeno aumento no valor da condutividade porém com redução na dureza. Para homogeneização obteve-se uma pequena redução de dureza, com relação à condutividade térmica seu valor foi praticamente igual ao obtido com o recozimento para alívio de tensões, este último obteve menor redução de dureza.

Com isso, mesmo com um aumento pequeno na condutividade térmica, seria viável utilizar barras desse tipo de latão tratadas termicamente por recozimento para alívio de tensões na seladora, pois houve uma pequena redução na dureza e um pequeno aumento na condutividade térmica, o que num longo período, reduzirá o consumo de energia elétrica por aumentar mesmo que em pequeno valor o fluxo de calor consequentemente o mesmo se aquecerá mais rápido e com dureza um pouco menor reduzirá o desgaste superficial dos eletrodos com o atrito nas embalagens durante a selagem. Um valor maior nessa redução de dureza como o obtido para a têmpera deixará o material muito macio, menos rígido o que pode interferir no aspecto da selagem na embalagem.

5. REFERÊNCIAS

- CALLISTER, William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 882 p.
- CHIAVERINI, Vicente. **Aços e Ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos**. 7 ed., São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2005.
- COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4^a ed. São Paulo: Blucher, 2008.
- COUTINHO, Telmo de Azevedo. **Metalografia de não-ferrosos; análise e prática**. 1.ed. São Paulo: Blucher, 1980.
- PEREIRA, Luis Fernando Marini. **Influência do tratamento térmico de homogeneização na microestrutura de um aço utilizado na fabricação de cilindros de laminação para trabalho a frio**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. 75 f.
- QUEIROZ JÚNIOR, M. I.; CARVALHAES, V.; RESENDE, P. V. **Avaliação da condutividade térmica do aço SAE 4340 submetido à tratamentos térmicos**. 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2017.
- SILVA, Marcio Rodrigues da. **Estudo do efeito da fase beta na usinabilidade de ligas de latão livres de chumbo**. Dissertação para mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, 2015. 132 p.
- TERMOMECAÂNICA SÃO PAULO S.A. **Conteúdo técnico Latão C-360, Corte Livre Americano**. Disponível em: <https://www.termomecanica.com.br/download/conteudo_tecnico/Lat%C3%A3o%20Corte%20Livre%20Americano.pdf>. Acesso em: 14 jan 2018.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THERMAL TREATMENT IN THE THERMAL CONDUCTIVITY OF THE BRASS C-360

Júlio Cezar Pedrosa da Silva

Adriel de Deus carvalho

Julho Cesar Barbosa

Instituto Federal de Goiás, Rua 75, R. 75, nº46 - Centro, Goiânia - GO, 74055-110, Coordenação de mecânica

Eng.pedrosa@live.com

adrieldedeus@gmail.com

eng,julhoc@gmail.com

Daniel Monteiro Rosa

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, UnB - Asa Norte, Brasília - DF, 70910-900

Danielrosa@unb.br

Abstract. Sealers are machines that carry out the sealing of plastic packaging, this sealing is done with the use of brass electrodes that are heated by electrical resistances. During the sealing process electric power is provided for conversion into heat for the brass rods to carry out the process. It was proposed to perform thermal treatments on samples of C-360 brass and to study their influence on the thermal conductivity. After all the samples were submitted to the thermal treatments, their conductivity values were analyzed in order to verify if any of the samples increased their value of thermal conductivity in relation to the original part and to analyze the obtained hardnesses. With the results it was possible to verify that the thermal treatments do not influence in a significant way the conductivity. Samples tempered to water had a small increase in conductivity, but reduction in hardness, while samples submitted to annealing and homogenization did not increase when compared to each other. In general, those subjected to homogenization had a decrease in hardness and a small increase in their thermal conductivity, which will allow a small improvement in the heat flow, that is, a small reduction in electric energy consumption, with lower hardness results in a reduction in surface wear of the brass because of the friction with the packaging.

Keywords: Brass C-360, Thermal treatments, thermal conductivity, hardness, sealant

RESPONSIBILITY NOTICE

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.