CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E COM ENSAIO DE DUREZA DE UM AÇO 1045 SUBMETIDO A DIFERENTES MEIOS DE TRATAMENTO TÉRMICO.

Mário V. Machado da Silva [1], Ronald Barbosa Lobo [2], Yury Yashyn F. Lopes Leite [2], Lourival A. de Souza Neto [2], Lorena Greice O. da Gama [2], Evaldo Júlio F. Soares[3]

[1] Engenheiro de materiais - Instituto Federal do Pará, Belem, *(Eng.mariov@gmail.com)*
[2] Discentes do Instituto Federal do Pará, Belém,Brasil
[3]Docente do Instituto Federal do Pará, Belém, Brasil

Resumo: O aço SAE 1045 é um aço carbono com médio teor de carbono em sua composição química, o que o faz um aço comum de propriedades mecânicas medianas e uma baixa temperabilidade, sendo utilizado em componentes estruturais e de máquinas, eixos, engrenagens comuns, virabrequins e peças forjadas. De acordo com a variação do percentual de carbono presente no aço ocorrem mudanças em suas propriedades. Os aços carbono: são aços com baixo, médio e alto teor de carbono, de composição química definida em faixas amplas. Os aços médio teor de carbono possuem entre 0,2% a 0,5% de carbono. O presente trabalho tem por objetivo estudar o comportamento das propriedades mecânicas e estruturais de amostras do aço SAE 1045 submetido aos seguintes tratamentos térmicos: recozimento, normalização e têmpera. Para tanto, foram realizados ensaios mecânicos de dureza, para que posteriormente fossem analisadas em relação à bibliografia e comparadas entre si, bem como análise metalográfica para caracterizar os corpos de prova microestruturalmente.

Palavras-chave: Aço-Carbono; Tratamento Térmico; Microestrutura; propriedades mecânicas.

INTRODUÇÃO

Os aços-carbono são amplamente utilizados na sociedade, como é o caso da indústria metal mecânico, e possuem funcionalidades diversas devido à sua facilidade de serem tratados termicamente. Tratar termicamente um aço significa submetê-lo a um conjunto de operações de aquecimento, sob condições controladas de tempo, temperatura, atmosfera e velocidade de resfriamento visando alterar suas propriedades em função de uma característica previamente desejada para sua posterior utilização (CHIAVERINI, 2018).

As amostras utilizadas no seguinte trabalho são de um aço carbono com médio teor de carbono SAE 1045, que vem a ser uma liga de aço que contém 0,20% a 0,50% de carbono, 0,60% a 0,90% de manganês, máximo de 0,05% de enxofre, máxima de 0,04% de fósforo e alguns elementos de ferro. o presente trabalho tem por objetivo estudar o comportamento das propriedades mecânicas e estruturais de amostras do aço SAE 1045 submetido a tratamentos térmicos. Os processos normalmente são usados para aumentar a resistência e a vida útil desses componentes. O modo mais comum de alterar as propriedades mecânicas, físicas e mesmo químicas dos aços é através do emprego de tratamento térmico (COLPAERT, 2008). O tratamento térmico consiste no aquecimento e resfriamento de um determinado material, onde este trabalho tratará de um experimento em amostras nas quais foram realizados os tratamentos convencionais de recozimento, normalização e têmpera. Nesses tipos de processos, os metais e/ou ligas são submetidos a altas temperaturas e, posteriormente, resfriados, visando à modificação de suas propriedades mecânicas (GRACIOSO, 2003; CARVALHO, 2004; GHIBAN e BRAN, 2019). De acordo com (BAGALI et al. 2019), o aço é um material muito usado em engenharia, podendo ter microestruturas variadas conforme o tratamento térmico aplicado. Para realizar o recozimento, eleva-se a temperatura do material até acima da zona crítica (sendo o material mantido a essa temperatura por um determinado tempo, conforme o tipo da liga), para depois ser resfriado lentamente, em geral, esse resfriamento é feito dentro do forno. a peça pode ser aquecida entre

500 Cº e 900º C e o resfriamento deve ser feito lentamente. De acordo com a porcentafem de carbono quantidade de carbono, mais lento será o resfriamento, muitas vezes podendo ser feito até no próprio forno desligado. Esse processo elimina a dureza de uma peça temperada, traz a dureza normal do aço, excluindo outros tratamentos térmicos, e dependendo da forma como for feita, também torna o aço mais homogêneo e melhora sua ductilidade, facilitando o processo de usinagem.

A normalização é um tratamento térmico que busca o refino de grão, é similar ao recozimento, mas o resfriamento é mais rápido, visando, principalmente, à microestrutura do material, não às propriedades mecânicas, transforma a microestrutura grosseira de peças fundidas, por exemplo, em microestruturas finas, em muitos casos, a normalização é feita antes dos tratamentos térmicos de têmpera e revenido. Segundo (CHIAVERINI, 2018) o processo de refino de grãos e, consequentemente, da microestrutura do aço traz maior resistência mecânica e dureza em comparação ao recozimento. Esses grãos são constituídos de perlita fina e ferrita, ou seja, placas de ferrita e cementita, que também melhoram a tenacidade do aço.

Na têmpera, o aço é aquecido em alta temperatura, ou seja, acima da zona crítica ou temperatura de austenitização, depois resfriado rapidamente em óleo, água ou salmoura (dependendo da temperabilidade do aço), com o objetivo principal de obter a estrutura martensítica, estrutura muito resistente à tração, tendo máxima dureza.
É uma fase microestrutural muito importante, apresenta estrutura metaestável, sendo formada por uma supersaturação de carbono na estrutura do ferro, provocando distorções na rede cristalina. Tem o objetivo de modificar as propriedades físicas e mecânicas do produto sem interferir na sua forma. As vezes esse efeito pode ser provocado sem intenção, consequência de um processo de fabricação que utiliza aquecimento ou resfriamento de metal, a exemplo da soldagem e forjamento.O obejtivo deste trabalho é enfatizar os diferentes tipos de tratamentos termicos visando as suas propriedades e o estudo da microestruturas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desde trabalho de tratamento térmico foi utilizado o aço SAE 1045, em formato de vergalhão onde primeiramente com auxílio de uma serra fita (fig.1A), cortaram-se os corpos de provas, sendo ao todo sete corpos de prova medindo cada um em torno de 20 mm de comprimento e 20 mm de diâmetro (fig. 1B), em seguida os corpos de provas foram devidamente marcados (I; B-II; B-III; B-IV; B-V; B-VI e B-VII) (fig. 1C) para serem submetidos ao diferentes tratamentos térmicos.



Figura 1 – A) Corte do vergalhao na serre fita, B)Mediçao do vergalhao, C) Marcaçao dos CP'S

Sendo que o corpo de prova IB que não sofreu nenhum tipo de tratamento. No corpo de prova II B foi realizado tratamento térmico de recozimento durante um tempo estimado de 15 minutos a uma temperatura de 950^0C (Fig. 2A). O terceiro e o quarto corpo de prova (IIIB e IVB) foram submetidos à normalização com mesmo tempo e temperatura do corpo de prova anterior, sendo que no corpo de prova IIIB foi realizado um resfriamento forçado e no corpo de prova IVB ocorreu um resfriamento ao ar livre isto é ocorreu um resfriamento natural (Fig. 2B).
O quinto, sexto e sétimo CPs (amostras B-V, B-VI e B-VII), também foram aquecidos a temperatura de 950°C por 15min, porem os meios de resfriamento foram: Amostra B-V (Fig. 2C), tempera em óleo; Amostra B-VI em água; Amostra B-VII em água com agitação (Fig. 2D).



Figura 2 – A) Tratamento termico de recozimento, B) Tratamento termico de normalizaçao, C e D) Resfria - mento do processo de tempera com agua e oleo .

Após realizado o tratamento térmico as amostras foram lixadas com lixas de #80, #120 e #240, para que fosse possível obter uma superfície plana pra realização do ensaio de dureza. Em seguida foram realizadas as marcações os corpos de provas foram submetidos ao ensaio de dureza com dureza Brinell em dois durometros (Fig. 3A e 3B) nas amostras B-I, B-II, B-III e B-IV. Já nas amostras B-V, B-VI e B-VII foi realizado o ensaio de dureza Rockweel C. Cada amostra foi submetida à cinco ensaios (Fig 3C).

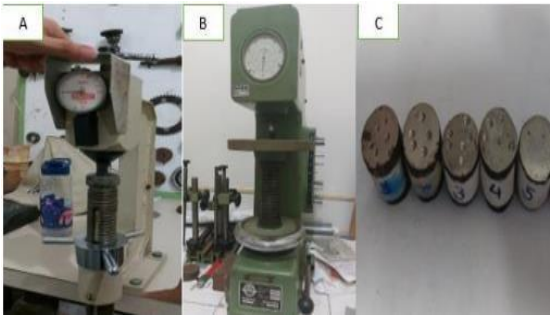


Figura 3 – A e B) Durometros para o ensaio de dureza brinell, C) CP's apos ensaio de dureza com suas endentações

Depois dos ensaios de dureza terem sido realizados, as amostras foram para o processo de metalografia, onde novamente foram lixadas de forma manual com lixas #80, #120, #240, #320, #400, #600 e #1200 (figura 4A) em seguida foram polidas em uma politriz rotativa com alumina 0,5µm (figura 4B) e atacadas quimicamente com Nital 2%. Sendo as imagens obtidas com auxílio de microscópio optico.

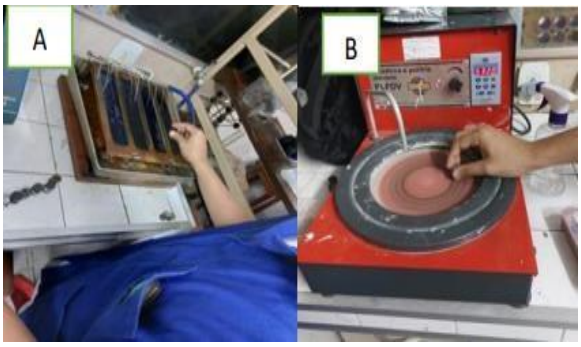


Figura 4 – A) Lixamento dos CP's, B) polimento dos CP'S na politriz rotativa com alumina 0,5µm

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de dureza foram realizados seguindo as diretrizes da norma ABNT NBR NM ISO 6508-1 (2008) Nas amostras IB, IIB, IIIB E IVB foram realizados ensaios de dureza Brinel com cinco penetrações com em cada um dos corpos de prova no tempo de 1 minuto em esfera de carbeto, nas amostras VB, VIB e VIIB foram realizados ensaios de dureza Rockwell B para gerar uma média confiável de dureza pós-tratamentos térmicos do aço de médio teor de carbono.

À tabela 1 mostra os resultados em HB para os ensaios de dureza nas peças de aço 1045 após o tratamento térmico:

Tabela 1 Resultados em HB para os ensaios de dureza nas peças de aço 1045 após o tratamento térmico

CP'S	Dureza	Tratamento térmico
I B	180	Não houve tratamento
II B	108	Recozimento
III B	111	Normalização forçada
IV B	121	Normalização natural
V B	137	Tempera em óleo
VI B	164	Tempera em água
VIIB	146,2	Tempera em água agitada

Os resultados dos ensaios de dureza realizados nos corpos de prova que passaram por processo de tratamento térmico estão dispostos na (Figura 5).

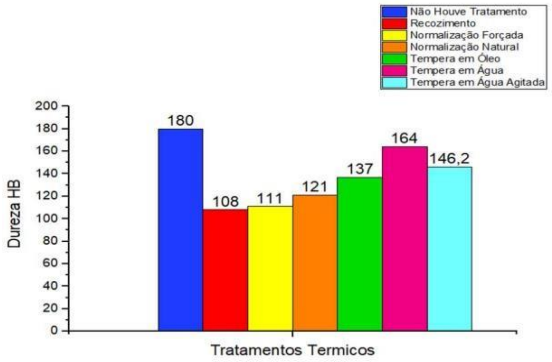


Figura 5 - Resultado do ensaios de dureza realizados nos corpos de prova feito no Origin

Analisando os resultados do gráfico feito no Origin. é possível observar que a dureza apresentadas nas peças IB, IIB, IIIB e IVB, chegando a 164 HRB se mostrou muito superior a dureza apresentada nas peças VB, VIB e VIIB que chegou a apenas 108 HB

Análise microestrutural do aço 1045 corpo de prova BI que não sofreu tratamento térmico

Nas figuras 6A e 6B apresenta-se a microestrutura da peça B-I que não houve tratamento com aumento de 100x e 500x. As regiões brancas representam a ferrita e as escuras representam a perlita.

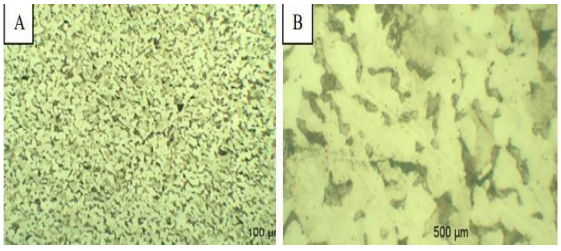


Figura 6A e 6B – microestrutura da amostra A-I 100x) e B-I (500x), após o taque do Nital 0,2%.

Análises microestrutural do aço 1045 corpo de prova BII que foi submetido ao tratamento térmico de recozimento;

As figuras 7A e 7B apresentam a microestrutura da peça BII. Recozimento, 100x e 200x aumentado. Observa-se que a microestrutura se encontra homogênea em toda a região. Na Figura 3 observa-se que houve uma redução dos grãos de Perlita e um aumento de grãos de Ferrita. Com isso, a microdureza foi reduzida, quando comparada com a peça 1.

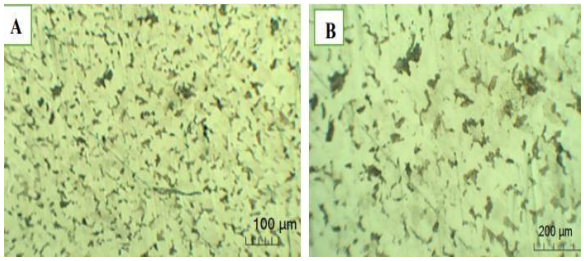


Figura 7A e 7B – microestrutura da amostra A-II (100x) e B-II (200x)após o taque do Nital 0,2%.

Análise microestrutural do aço 1045 corpo de prova BIII que foi submetido ao tratamento térmico de Normalização forçada e Normalização Natural BIV

As figuras 8A apresenta a microestrutura da peça BIII. Normalização forçada é evidenciada que após o tratamento de normalização houve uma maior redução dos grãos de perlita e um aumento de grãos de ferrita. As figuras 8B apresenta a microestrutura da peça BIV. Normalização natural. Observa-se que não houve a diminuição de perlita pós-tratamento de normalização como nas peças de normalização forçada.

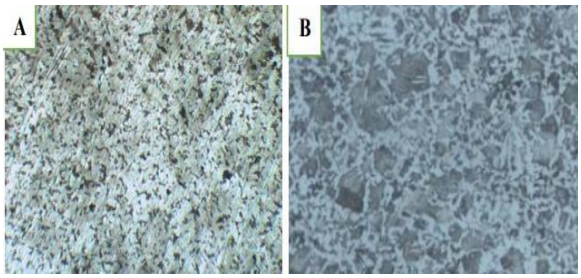


Figura 8A e 8B – microestrutura da amostra B-III (100x) e B-IV ,após o taque do Nital 0,3%

Análise microestrutural do aço 1045 corpo de prova BV que foi submetido ao tratamento térmico de tempera em óleo, tempera em água BVI e agua agitada BVII

A figura 9A apresenta a microestrutura da peça BV submetida ao tratamento térmico de Têmpera a óleo, 100x. Observa-se a microestrutura de ferrita com morfologia acicular e primária, a qual possui um micro dureza elevada se quando comparada com a peça base. As figuras 9B apresenta a microestrutura Têmpera em água, 100x aumentado. Na peça temperada ocorreu uma melhor formação de ferrita primária mais grosseira fazendo, assim, com que a microdureza seja reduzida. A (figura 9C) apresenta a microestrutura da peça BVII. Têmpera em água agitada, 100x. Observa- se que não ocorreu melhora na dureza da peça se tratada termicamente em água agitada. Com as temperas foram observadas que as microestruturas dos materiais temperados com presença de martensita, fazendo as peças apresentarem maiores durezas.

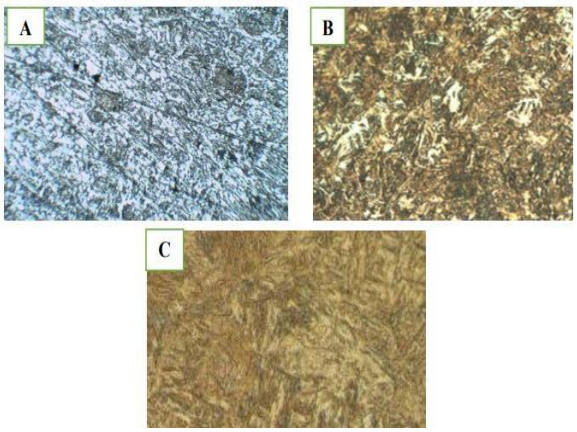


Figura :9A ,9B e 9C – microestrutura da amostra B-V (100x) e B-VI e BVII ,após o taque do Nital 0,3%

CONCLUSÃO

Concluímos que os tratamentos térmicos que foram selecionados para a produção desde trabalho e suas características microestruturais, portanto as durezas estão de acordo com as literaturas selecionadas nas referências. Os processos de tempera produziram microestruturas martesita, reconhecida por sua alta dureza. Nos procedimentos de recozimento pleno e normalização, foi possível observar um alto crescimento de ferrita pró-eutetóide, característica de aços hipoeutetóides como o SAE 1045, principalmente no tratamento térmico de recozimento devido ao seu resfriamento lento ao forno desligado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 6508-1: Materiais

metálicos - ensaio de dureza Rockwell Parte 1: Método de ensaio (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T), edição 2008. Acesso em: 23 maio. 2023.

CALLISTER, William D. Jr. Ciência e Engenharia da Materiais: Uma Introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CHIAVERINI, Vicente. TECNOLOGIA MECÂNICA Materiais de Construção Mecânica Volume III. 2. ed. Editora McGraw-Hill.

COLPAERT, Hubertus. METALOGRAFIA dos Produtos Siderúrgicos Comuns. 4. ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher, 2008.

GARCIA, A.; SPIM, J. A.; SANTOS, C. A. dos. Ensaios dos Materiais. 2. ed. Rio de Janeiro:LTC. 2012. Acesso em: 13 Jun. 2023.

LUZ, Gelson. Aço SAE 1030 Propriedades Mecânicas e Composição Química. Blog Materiais, 2017. Disponível em: https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco sae-1030-propriedades-mecanicas.html. Acesso em: 29 de maio de 2023.