

Roteiro de atividade em laboratório – ALUNO

Curso: Engenharia de Computação

Disciplina: Desconstruindo a Matéria

Período letivo: 2020-1

Professor: Joice Miagava

Professor auxiliar: Hugo Hashimoto

Número e título da aula prática: LB2 – Estudo de caso: metais

Problema proposto (questão / desafio)

A atividade “LB2 – Estudo de caso: metais” será desenvolvida ao longo de cinco aulas em laboratório. Cada grupo de alunos receberá três amostras de metais distintos, sendo aço AISI 1020, aço AISI 1045 e alumínio 6351 T6, mas sem identificações. O grupo deve identificar cada amostra realizando o ensaio de tração, o ensaio de dureza e a análise metalográfica das amostras.

Com essa atividade, espera-se que os alunos compreendam algumas das principais técnicas de caracterização de metais, além de aplicar os conhecimentos apresentados em sala de aula na interpretação dos resultados e solução do problema.

Fundamentos e conceitos abordados

Nessa seção, são apresentados somente os fundamentos das técnicas de caracterização a serem utilizados. Os conceitos sobre materiais cristalinos e mecanismos de endurecimento que são necessários para a discussão dos resultados serão apresentados durante as aulas em sala.

Ensaio de tração

Entre os diferentes tipos de ensaios existentes para a avaliação das propriedades mecânicas dos materiais, um dos mais utilizados é o ensaio de tração. Esse ensaio consiste em fixar o material a ser testado (chamado de corpo de prova) pelas extremidades e aplicar

uma força de modo a alongá-lo até a ruptura. Esse ensaio é amplamente utilizado devido a fatores como:

- Flexibilidade do método em relação à geometria do corpo de prova (de tiras, arames até tarugos);
- Amplitude de informações fornecidas pelo ensaio, como módulo de elasticidade, limite de escoamento, limite de resistência e tenacidade.

Ensaio de dureza

Sabe-se que a dureza de um material é a sua resistência a uma deformação permanente localizada, por exemplo, uma indentação ou um risco. Existem diferentes ensaios para medir a dureza de um material e todos consistem em forçar um penetrador sobre a superfície do material analisado. O valor de dureza é, portanto, determinado a partir do tamanho ou profundidade da indentação.

Alguns ensaios de dureza (Rockwell, Brinell e Vickers) são descritos na seção 7.16 do Callister. Nesse laboratório será realizado o ensaio Rockwell, mas pede-se que seja feita a leitura também sobre os diferentes ensaios apresentados no livro.

Comparado ao ensaio de tração, o ensaio de dureza é mais específico e não fornece uma gama ampla de informações. Contudo, é um ensaio muito utilizado devido ao fato de ser simples. Esse ensaio pode ser realizado diretamente em componentes (peças) para estimar se atingem as especificações de dureza e de resistência mecânica do projeto.

Análise metalográfica

A metalografia é a análise da morfologia e microestrutura de um metal. Essa análise pode ter diferentes objetivos como: correlacionar as propriedades já medidas do material com a microestrutura, prever propriedades dos materiais, checar se os tratamentos térmicos aplicados atingiram o esperado, entre outros.

Neste laboratório, será utilizado um microscópio óptico para obter as imagens para a análise metalográfica, ou seja, um microscópio que tem a óptica e a luz como seus elementos básicos. Os contrastes na imagem são consequências das diferenças de refletividade das diferentes regiões da microestrutura, conforme a figura 1:

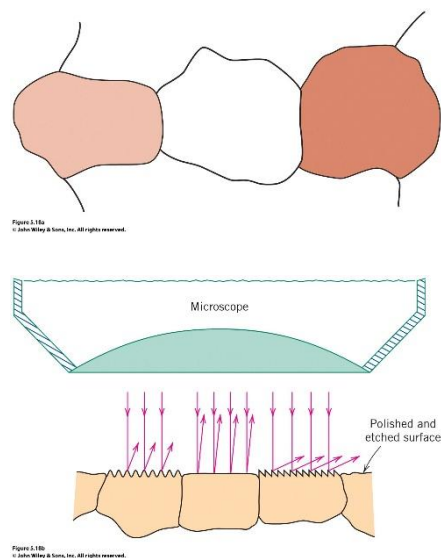


Figura 1. Esquema de formação de imagem no microscópio óptico.

Etapas da atividade (programa)

O grupo receberá os aços no formato de corpos de prova de ensaio de tração. Assim, qualquer amostra do material para os ensaios deve ser retirada desses corpos de prova. Não há uma ordem específica para realizar os ensaios. A ideia é que seja feito um planejamento e que cada grupo defina uma ordem para os ensaios de forma coerente.

Para auxiliar na identificação, fichas técnicas dos aços AISI 1020 e AISI 1040 e do alumínio 6151 T6 obtidas no software CES Edupack estão disponíveis no Blackboard junto a este roteiro. As fichas AISI 1040 e 6151 T6 podem ser utilizadas como referências para as propriedades do aço AISI 1045 e do alumínio 6351 T6, respectivamente.

Segue uma breve descrição de como obter informações dos ensaios a serem realizados. Além dessa descrição, em cada estação de trabalho, um técnico ou professor estará pronto para explicar uma vez por grupo como operar o equipamento. É importante que todos integrantes prestem atenção na explicação para que vocês possam se ajudar.

Ensaio de tração

O ensaio de tração deve ser realizado, de acordo com a orientação do professor, com os três corpos de prova. Para isso, a máquina universal de ensaios com o auxílio do extensômetro será utilizada. Antes do ensaio, para determinar a ductilidade (alongamento) do material, o vão (L_0) de 50 mm no comprimento do corpo de prova deve ser marcado, conforme a figura 2.

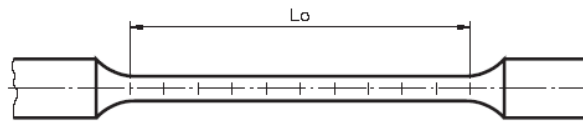


Figura 2. Corpo de prova para ensaio de tração antes do ensaio.

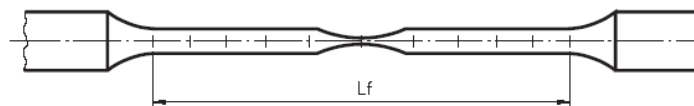


Figura 3. Corpo de prova para ensaio de tração depois do ensaio.

Após o ensaio, o comprimento final do corpo de prova (L_f) deve ser medido de acordo com a figura 3 e a ductilidade (%EL) poderá ser determinada de acordo com a equação 1:

$$\%EL = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100 \quad (1)$$

O arquivo contendo os resultados do ensaio de tração contém valores de Força, Deformação (medido pelo extensômetro), Deslocamento da Máquina e Tempo de Ensaio. A partir dos valores de força, os valores de tensão (em MPa) devem ser calculados de acordo com a equação 2:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

onde F é a força e A é a área da seção transversal do corpo de prova.

Para cada corpo de prova, devem ser plotados 2 gráficos:

- O primeiro gráfico deve ser de tensão versus deformação até a deformação de 1,0% (próximo ao momento em que o extensômetro é retirado).
- O segundo gráfico deve mostrar o ensaio completo (até o rompimento). Para isso, devem ser calculados os valores de deformação por meio da divisão dos valores de Deslocamento da Máquina pelo comprimento L_0 do corpo de prova. E, então, um gráfico de tensão versus esse novo valor de deformação deve ser plotado. Importante notar que a deformação calculada por esse método não é precisa como a deformação medida pelo extensômetro.

Nesses gráficos, haverá duas regiões distintas: Na primeira, a deformação no material é do tipo elástica e a tensão aumenta linearmente com a deformação. Na segunda região, a deformação no material é do tipo plástica.

Para cada corpo de prova, o MÓDULO DE ELASTICIDADE (ou módulo de Young) deve ser determinado utilizando o primeiro tipo de gráfico. O módulo de elasticidade é a razão entre a tensão e a deformação elástica, indicando a rigidez do material (em GPa). Observa-se na figura 4 que, quanto maior o coeficiente angular, maior a rigidez, ou seja, maior a tensão necessária para causar uma determinada deformação (ϵ):

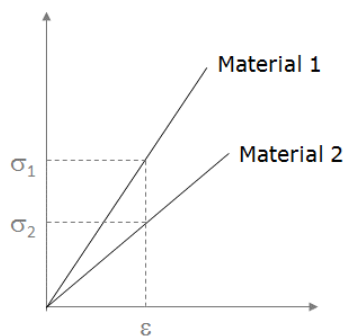


Figura 4. Regime de deformação elástica no gráfico tensão versus deformação de dois materiais. Material 1 é mais rígido que material 2.

Ainda no primeiro tipo de gráfico, o LIMITE DE ESCOAMENTO deve ser determinado. O limite de escoamento é a tensão que separa a região de deformação elástica e a região de deformação plástica. Dessa forma, quanto maior o limite de escoamento, maior a tensão necessária para deformar o material plasticamente, ou seja, mais resistente é o material.

O limite de escoamento pode ser estimado onde acaba a região elástica. Contudo, essa transição pode ser gradual em alguns casos. Nesses casos, para determiná-lo precisamente, utiliza-se uma convenção (ASTM Standard E8/E8M) que consiste em:

1. Construir uma linha paralela à região elástica da curva, partindo de uma deformação de 0,002 (ou 0,2%);
2. Definir o limite de escoamento (σ_e) na intersecção da reta paralela traçada com a curva tensão vs. deformação, conforme a Figura 5.

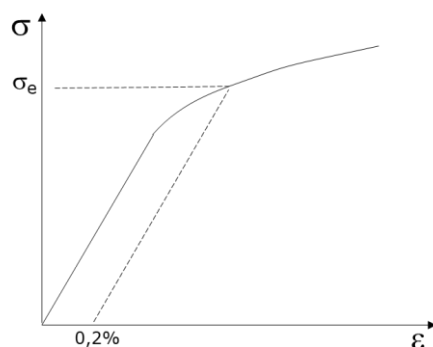


Figura 5. Gráfico tensão versus deformação e determinação do limite de escoamento.

Para completar os resultados do ensaio de tração, o LIMITE DE RESISTÊNCIA deve ser definido com o auxílio do segundo tipo de gráfico. O limite de resistência é a tensão máxima que o corpo de prova suporta, ou seja, indica a resistência do material, assim como o limite de escoamento.

Metalografia de aços

Preparação da amostra para microscopia

Primeiramente, uma amostra de cada metal deve ser cortada e embutida em baquelite de acordo com as instruções do professor. A baquelite irá auxiliar no manuseio da amostra durante o seu preparo.

Conforme mencionado, a formação da imagem da microestrutura do metal tem como princípio a luz refletida. Dessa forma, é necessário realizar lixamento e polimento prévio das amostras com o intuito de deixar a superfície plana e livre de riscos. Seguindo as orientações do professor, o lixamento e polimento da amostra deve ser feito.

Após o polimento, a superfície deve ser colocada em contato com um reagente específico para revelar regiões de interesse para a análise. Para os aços desse caso, o reagente adequado é o nital 3%, uma solução de ácido nítrico em etanol. O reagente ataca preferencialmente determinadas regiões da amostra, o que resultará em diferença de contraste na imagem.

Observação em microscópio

Com o auxílio do professor, a amostra pode ser analisada no microscópio. Boas imagens (micrografias), representativas da amostra, devem ser capturadas. Características que forem julgadas como interessantes também devem ser capturadas e discutidas no documento a ser entregue.

A micrografia de seu aço AISI 1020 deve ser semelhante com a Figura 6. Identifique as regiões 1 e 2 nas suas imagens e explique o que são. Compare as suas micrografias e identifique suas amostras com as devidas justificativas.

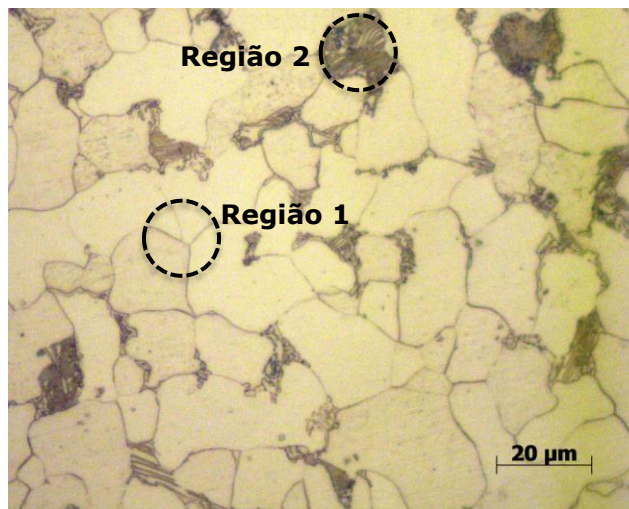


Figura 6. Micrografia de uma amostra de aço 1020.

Ensaio de dureza Rockwell

As durezas das amostras devem ser determinadas. Para o ensaio de dureza, quanto maior a planicidade, maior a precisão. Assim, recomenda-se embutir previamente as amostras a serem analisadas.

O durômetro presente no laboratório faz a medida automaticamente, mas é necessário selecionar previamente qual o método adequado para a amostra. Para as amostras desse estudo, o método a ser utilizado é o Rockwell B. Com o auxílio do professor, o penetrador esférico de carbeto de tungstênio deve ser checado antes da realização das medidas.

Evidências do aprendizado

Quiz sobre técnicas de caracterização

Para avaliar individualmente se todos compreenderam as técnicas de caracterização, um quiz será aplicado no último dia de laboratório (24/03 ou 26/03). Não é esperado que o aluno decore as “teclas a serem apertadas”, mas sim que saiba quais os procedimentos importantes para obter um resultado confiável. P.ex.: para quê serve um extensômetro?

Esse quiz irá compor a nota da atividade de modo a valer 1 ponto. Ou seja, o conceito máximo do relatório é "A". Além de avaliar, esse quiz servirá, posteriormente, de guia para completar a seção de procedimentos do relatório.

Relatório

Ao final da investigação, deve ser entregue um relatório que inclua uma discussão de resultados com embasamento nas teorias de estabilidades de fases e mecanismos de endurecimento de metais. Portanto, o relatório estará completo se apresentar os seguintes tópicos:

- Introdução que contextualize e apresente os objetivos do trabalho;
- Conteúdo teórico relevante para a compreensão e análise do caso;
- Descrição e justificativa dos procedimentos adotados;
- Resultados obtidos;
- Discussão de resultados, correlacionando a composição química com a microestrutura e as demais propriedades caracterizadas;
- Conclusões do trabalho.

Calendário de entregas

As turmas apresentam datas de entregas distintas de acordo com a grade horária e calendário. Na tabela I são apresentadas as datas para cada turma.

Tabela I. Datas de entrega de acordo com a turma.

	Turma 1	Turma 2
Entrega prévia do relatório	17/03	13/03
Quiz sobre técnicas	24/03	26/03
Entrega final do relatório	25/03	27/03

Referências bibliográficas

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach, 4th edition, Wiley, 2012.