ANÁLISE DA DINÂMICA E DA INSTABILIDADE DO IMPACTO NA FRATURA DE METAIS E LIGAS.

Willy Anderson Penteado Franco Junior (PROVIC/CNPq /UEPG), Lucas Máximo Alves (Orientador), e-mail: lucasmaximoalves@gmail.com.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Engenharia de Materiais.

Área: Engenharia de Materiais e Metalurgia, Subárea: Metalurgia Física.

Palavras-chave: Teoria fractal, Curva J-D, Instabilidade dinâmica.

Resumo

Neste projeto realizaremos as análises dos resultados obtidos pelo ensaio de impacto instrumentado charpy, dos corpos de prova de ferro fundido nodular com composição e tratamento térmico controlado. Os resultados obtidos pelos ensaios serão utilizados para calcular a curva integral J, para em seguida analisar o fenômeno da instabilidade dinâmica nos materiais de estudo. Será considerada a teoria fractal que propõe uma trinca rugosa com bifurcações para que assim seja possível validar a método proposto por ALVES (2017), onde se realizou modificações sobre o Princípio da Máxima Dissipação proposto por Slepyan. Para isso será comparado a precisão deste método com o modelo proposto pela norma ASTM E1820-18.

Introdução

A fratura dinâmica em materiais frágeis e o fenômeno da instabilidade no processo de crescimento rápido de trincas vêm sido estudado por muitos cientistas, o desafio dos pesquisadores é desenvolver uma técnica/teoria que possa descrever a mecânica da fratura de maneira mais precisa. Assim a geometria fractal vem sendo desenvolvida considerando uma trinca rugosa, que anteriormente era considerada lisa sem irregularidades pela geometria euclidiana. Um modelo proposto por ALVES que envolve o conceito de integral J, utilizando a teoria dos fractais, considerando a formação e propagação de trincas vem sendo destaque para o estudo da mecânica da fratura. Modelo que considera a energia consumida para formar uma trinca ou a resistência ao crescimento da trinca. Outro modelo utilizado para o estudo da mecânica da fratura é descrito pela norma ASTM E1820-18, que apresenta as operações matemáticas para caracterizar a região de tensão e deformação ocasionada pelo crescimento da trinca no material.

O ferro fundido nodular tratado termicamente por austêmpera é caracterizado pela tenacidade, ductilidade e resistência mecânica. A austêmpera consiste no aquecimento para austenitização, entre 850°C e 925°C, de modo que a haja transferência de carbono suficiente à matriz austenítica. O ferro fundido nodular é constituído por uma microestrutura de ferrita bainitica acicular e austenita retida com elevado teor de carbono, apresentando grafita na forma esferoidal que resulta na melhor ductilidade.

A determinação das propriedades mecânicas dos materiais metálicos é realizada através de diversos ensaios. Através destes ensaios mecânicos que são relacionados com a fratura do material, como o charpy e izod podem avaliar a mecânica da fratura dos metais.

Material e Métodos

O material utilizado para análise foi uma liga de ferro fundido termicamente, por austêmpera. A composição escolhida foi de acordo com a norma SAE D5506. O material de escolha se classifica como eutético, pois a quantidade de carbono da liga escolhida é de 4,29%.

Inicialmente foram produzidos os corpos de provas de ferro fundido nodular, onde a seleção da região de análise e especificação das dimensões foi realizada. Usaram-se as normas ASTM E8/E8M e ASTM E23 para a determinação dos tamanhos dos corpos de provas para o ensaio de impacto charpy instrumentado.

Após a seleção do corpo de prova, o mesmo foi submetido ao tratamento térmico. Primeiramente realizou-se um pré-aquecimento com a intensão de reduzir as perdas de temperaturas, assim estabilizando a temperatura em menos tempo. O pré-aquecimento até 500°C por 15 minutos. Após, realizou-se o aquecimento em temperaturas de austenitização de 900°C durante 60 minutos, sendo que o tempo começa ser contabilizado a partir da estabilização do forno. Por fim, realizou-se o resfriamento em banhos de sais a 250°C e 300°C, durante 60 a 120 minutos, seguida do resfriamento ao ar. Um corpo de prova não foi submetido ao tratamento térmico, sendo bruto para comparações com os de tratamento térmico.

O ensaio instrumentado charpy foi realizado na máquina Zwick/Roell e modelo RKP450, seguindo a norma ASTM E23-16b, onde os cálculos para a resistência ao impacto seguiram as normas ASTM A897//A897M-16. Os corpos submetidos ao ensaio de impacto não continham entalhe.

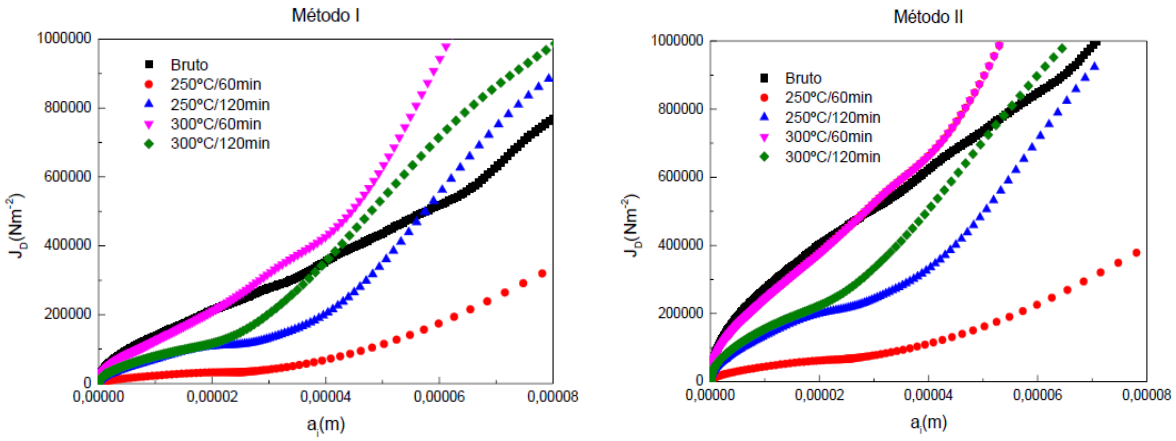
Calculou-se a integral J-D dos resultados fornecidos do ensaio instrumentado Charpy, onde estes foram dispostos no software Microsoft Excel, que realiza todos os cálculos e traçando as curvas J-D em formas de gráficos, onde apenas se se realiza ajustes necessários. A partir dos dados fornecidos pelo ensaio instrumentado e mais o dados cálculados, foi plotado os gráficos das curvas J-D. Os gráficos plotados apresentam comparações entre os métodos de estudo, pela norma ASTM E1820-18 e pelo proposto por ALVES (2017). Assim como apresenta as comparações entre os diferentes tratamentos térmicos de austêmpera com o ferro fundido nodular bruto.

Resultados e Discussão

Neste serão apresentados as curvas obtidas através dos resultados fornecidos pelo ensaio instrumentado charpy. Assim utilizando o método referenciado pela norma e o método proposto por ALVES obteve-se o gráfico da curva J-D, onde é possível comparar os resultados entre os métodos utilizados e comparar os diferentes tratamentos térmicos por austêmpera com o ferro nodular bruto, sem tratamento. Os tratamentos realizados foram: resfriamento em banho de sais a 250°C por 60 minutos, 250°C por 120 minutos, 300°C por 60 minutos, 300°C por 120 minutos. A figura 1 mostra a comparação entre o ferro fundido nodular para os métodos (I) norma e (II) pelo proposto por ALVES.

Figura 1 - Comparações das curvas J-D para o ferro fundido temperado, nos métodos da norma (I) e o método da área (II).

ISSN 1676-0093



Fonte: Os autores.

Analisando estes gráficos apresentados na figura 1, nota-se que o ferro fundido nodular tratado termicamente por austêmpera a 300°C durante 60 minutos apresenta a maior capacidade de absorver energia durante o ensaio instrumentado charpy, sendo que para o ferro fundido nodular em 250°C com 60 minutos apresenta a menor capacidade de absorver energia, em relação aos dois métodos estudados. O fato que se aumentar a temperatura do resfriamento de para 250°C para 300°C há uma maior condição cinética para a difusão do carbono, assim produz uma bainita mais dúctil. Uma observação sobre o ferro fundido nodular bruto é que este no inicio do ensaio, com o tamanho da trinca pequeno (eixo x) apresenta maior capacidade de absorver energia, fato que está ligado que este precisa de mais energia para se deformar elasticamente até a mudança da curva para a região plástica, que com o aumento da trinca a capacidade de absorver energia vai diminuindo. Assim, em condições (300°C/60min) que há maior difusão de carbono aos nódulos, há uma maior resistência a formação de trinca. E para condições (250°C/60min) que há uma maior região da matriz de ferrita acicular, haverá uma menor resistência a trinca.

Ao se comparar os métodos estudados pela figura 1, nota-se certa semelhança entre eles, com exceção da curva para o ferro fundido bruto, que apresenta uma menor resistência a trinca para o método da norma ASTM E1820-18 ao final da trinca quando comparado ao método da área proposto por ALVES. Sendo assim há uma semelhança satisfatória entre os métodos analisados.

Conclusões

Ao se analisar os dados obtidos ao final de todo o estudo pode-se dizer que os métodos estudados tiveram concordância entre si, com uma pequena separação nos resultados finais. Nota-se que com a elevação da temperatura do banho de sal no resfriamento, há um aumento na resistência à trinca divido ao aumento da difusão do carbono dos nódulos de grafita para a matriz. O material tratado em 250°C durante 60 minutos foi o único que apresentou um comportamento frágil, devido à baixa difusão do carbono, apresentando assim menor resistência à trinca. O material que apresentou uma maior resistência à trinca foi o ferro tratado em 300°C durante 60 minutos, o que pode ter fugido à expectativa, pois o esperado era que o ferro tratado em 300°C durante 120 minutos apresentasse maior resistência.

Assim os métodos estudados apresentam exatidão nos resultados, posto que tanto o método proposto pela norma ASTM E1820-18 quanto o método proposto por ALVES apresentam as mesmas características. O fato é que os mesmos deixam a desejar quanto à precisão dos resultados.

ISSN 1676-0093

Agradecimentos

Agradeço a CNPq ao financiamento do projeto de iniciação científica, sendo que através dessa foi possível elevar conhecimentos. Agradeço também ao professor Lucas Máximo Alves pelo suporte e dedicação em nosso projeto de iniciação científica, contribuindo com informações que auxiliaram na finalização deste projeto.

Referências

ALVES , Lucas Máximo; CORDOVA, Bruno; DE CARVALHO, Benjamim Mello. **Análise da instabilidade caótica em ensaios dinâmicos de impacto izod e charpy**, Ponta Grossa-Pr, p. 1-64, 10 dez. 2018.

ALVES, L.M. **Modelagem e Simulação do Campo Contínuo com Irregularidades: Aplicações em Mecânica da Fratura com Rugosidade.** 2011. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A8/E8M – 16a: Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials**. ASTM, 2016

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A897/A897M − 16: Standard Specification for Austempered Ductile Iron Castings**. ASTM, 2016.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E1820 − 18: Standard Test Method for Measurement of Fracture Toughness**. ASTM, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E23 – 16b: Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials**. ASTM, 2016.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7 Ed. Associação Brasileira de Metais, 2002.

JACUMASSO, Tiago. **INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE AUSTÊMPERA EM FERRO FUNDIDO NODULAR:** MICROESTRUTURA, PROPRIEDADES MECÂNICAS E ASPECTOS DA GEOMETRIA FRACTAL NA FRATURA. 2018. Tese (Mestrado de Engenharia de Materiais), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2018.