

SIMULAÇÃO DO TESTE DE EXPANSÃO DE FURO NO SOFTWARE ABAQUS

Matheus Oliveira Momolli¹

Leandro Antônio Thesing²

Resumo:

O uso de aços de avançada alta resistência (AHSS) permite que peças de veículos sejam fabricadas com chapas de menor espessura, reduzindo o peso e, conseqüentemente, o consumo de combustível do veículo e, por isso, poluindo menos o meio ambiente. Geometrias complexas de peças podem implicar em fratura durante o processo de fabricação. Dessa forma, busca-se verificar o limite de conformação de aços AHSS, dentre outros ensaios, através do "Teste de Expansão de Furo" (TEF). Os softwares de simulação de estampagem de chapas ainda não podem prever com muita precisão o resultado destes testes. Estudos ainda estão sendo realizados no sentido de entender e modelar adequadamente o mecanismo de deformação durante a expansão de furos de modo que este teste de caracterização do material possa ser usado na simulação da estampagem de peças com geometrias mais complexas. Neste trabalho, o TEF foi simulado em uma chapa de aço com o software ABAQUS, que é bastante empregado na indústria para simulação dos fenômenos envolvidos no processo de conformação. Com a simulação, apesar do uso de uma malha de análise com baixo número de pontos, observou-se a deformação da chapa no regime plástico e também uma boa coerência no relacionamento entre os elementos envolvidos no teste.

Palavras-chave: Aços AHSS; conformação mecânica; estampagem de chapas

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

SIMULAÇÃO DO TESTE DE EXPANSÃO DE FURO NO SOFTWARE ABAQUS

¹ Aluno de graduação. mm.oliveira1993@gmail.com. Autor principal

² Docente. leandrothesing@unipampa.edu.br. Orientador



SIMULAÇÃO DO TESTE DE EXPANSÃO DE FURO NO SOFTWARE ABAQUS

1. INTRODUÇÃO

A conformação de aços de avançada alta resistência – AHSS – notoriamente empregados na área automobilística, onde chapas mais finas podem ser utilizadas no lugar de outros tipos de aço devido à grande resistência mecânica deste material, reduzindo a massa do veículo (BILLUR; ALTAN, 2007) e por isso reduzindo o consumo de combustível (SSAB, 2015), têm sido objeto de estudo devido ao fato de que tal classe de aços, na medida em que se aproxima de suas características de aplicação na indústria, perdem a ductilidade (capacidade de deformação em regime plástico), o que implica em limitação da geometria das peças produzidas pelo referido processo, ou mesmo ocorrência de defeitos durante a conformação, especialmente em bordas, como pode ser visto na figura 1 (TEREPEDINO, 2014).



Figura 1. Peças produzidas em AHSS por estampagem (ambas). Na esquerda, corretamente conformada e na direita, com ocorrência de trinca. TEREPEDINO (2004).

Uma das técnicas utilizadas para aferir os limites de conformação dos aços, chama-se “Ensaio de Expansão de Furo”, sendo regulamentada internacionalmente pela norma ISO 16630. Resumidamente, o processo consiste em puncionar, um furo em uma chapa (do material de teste) até que se observe o “rasgamento” da borda do furo da chapa. Antes de puncionar, o “Método da Malha Circular” (TEREPEDINO, 2014) exige que círculos sejam esboçados concetricamente ao furo, igualmente espaçados, para que após o teste seja feita uma leitura de quantos círculos o punção penetrou na chapa até que ocorresse a trinca. Quanto mais círculos são atingidos pelo punção sem rasgar a chapa, mais dúctil é considerado o material, e sendo portanto, a dobra a etapa que antecede o rasgo (pois o punção tem diâmetro superior ao furo inicial), denota o grau de conformação do material. Pode-se ver na figura 2, que todos os elementos citados no ensaio têm dimensões padronizadas, esclarecidas na referida norma.

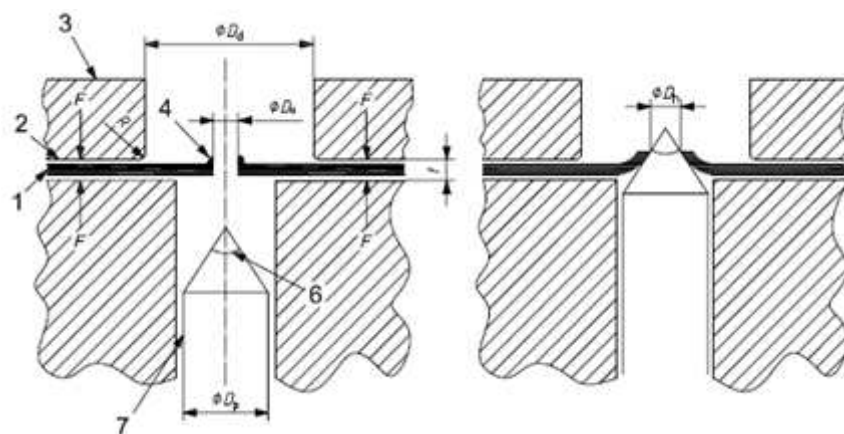


Figura 2. Descritivo das dimensões padronizadas pela norma 16630.

Os círculos esboçados concentricamente servem de auxílio para medir o diâmetro final do furo. Porém, o parâmetro calculado é o percentual de expansão do furo, dado pela equação (ISO 16630):

$$\lambda = \frac{D_i - D_o}{D_o} \times 100\%$$

Onde:

- λ : Limite de expansão de furo, em percentual;
- D_i : Diâmetro final aproximado do furo, em milímetros;
- D_o : Diâmetro inicial do furo, em milímetros.

O ensaio de expansão de furo requer equipamentos bastante específicos, seja pela geometria dos elementos ou pela aplicação, sendo necessário um investimento bastante razoável na aquisição do conjunto. Isso implica em uso técnicas que permitam aproximar o resultado experimental, utilizando softwares de simulação, tal como o ABAQUS. Este, opera pelo método dos elementos finitos, sendo bastante reconhecido na indústria quando se trata de simulação de materiais no regime de deformação plástica.

O objetivo do trabalho, portanto, é simular um teste de expansão de furo no software ABAQUS, utilizando propriedades de um AHSS.

2. METODOLOGIA

A fim de estimar o grau de conformabilidade do AHSS Docol, com tensões de escoamento e máxima de aproximadamente 1000 MPa e 1400 MPa, respectivamente. Inicialmente, as geometrias de punção e chapa foram desenhadas no software SolidWorks com referência às especificações da ISO 16630 e depois foram importadas para o ABAQUS para gerar as malhas para a simulação. Tais desenhos (com malha) são mostrados nas figuras 3 e 4, em vista isométrica.

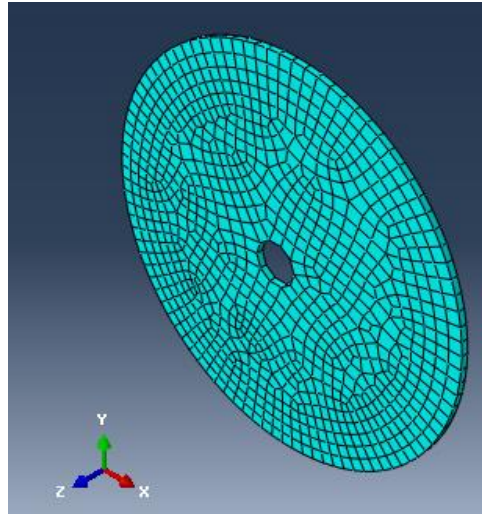


Figura 3. Chapa para teste com malha. Autoria própria.

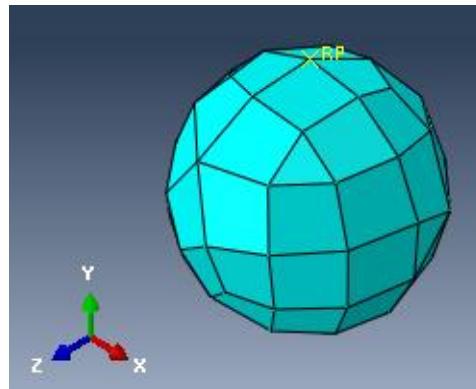


Figura 4. “Cabeça” do punção com malha. Autoria própria.

O segundo passo foi estipular as propriedades de cada um dos elementos, o tipo de material a que se referem, ou seja, o punção é feito com aço especial, específico para ensaio mecânico, e durante a simulação é tratado como elemento indeformável. Enquanto a chapa deve receber as propriedades mecânicas do AHSS Docol, além de ser de ser caracterizada como deformável.

A versão utilizada do software ABAQUS neste trabalho, permite a geração de uma malha (para uso do método dos elementos finitos) de, no máximo 1000 pontos. Portanto, após a simulação, obteve-se os gradientes de deformação e de tensão na chapa, apresentando o comportamento do material da chapa ante a situação imposta.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

A figura 5 mostra o resultado da deformação da chapa após o procedimento de puncionamento. Regiões em vermelho são as que ocorreram maiores deformações, regiões em azul são as que ocorreram pouca ou nenhuma deformação. As cores entre azul e vermelho representam deformações intermediárias.

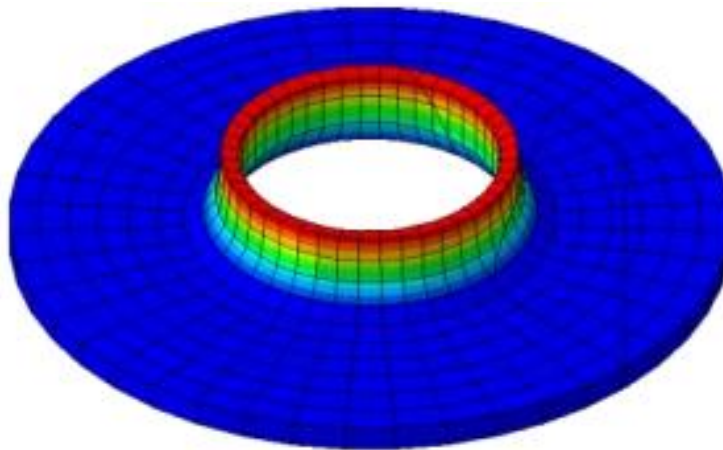


Figura 5. Resultado visual da chapa deformada após simulação. Autoria própria.

A partir disso, foi observado que os elementos interagiram corretamente, pois há uma deformação concêntrica da chapa. Indicando também que as condições de contorno foram bem definidas. Afinal, pelo modo com que a chapa é fixada (conforme ISO 16630), houve alta deformação na região de contato com o punção comparado às extremidades, isto é, decrescendo proporcionalmente à medida em que se afasta da região de contato.

Observou-se que a chapa dobrou próximo ao furo, indicando que esta ultrapassou a tensão de escoamento e, portanto, deformou-se plasticamente. Porém, como há uma limitação da amplitude de deslocamento do punção, não aparenta a ocorrência de "rasgo" da chapa, o que declara que o material não atingiu o limite de conformabilidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A versão estudante do ABAQUS, por permitir baixo número de pontos, torna a simulação pouco precisa e impraticável quando se trata de aplicação na indústria e estudos afins, além do fato da simulação no regime plástico exigir cálculos mais complexos para determinação do comportamento do material, frente ao regime elástico. Assim, a recomendação é simular novamente em uma versão completa do software. Do mesmo modo, uma amplitude maior para o punção deve ser estipulada, a fim de observar se haverá algum rasgo na chapa. Finalmente, caso os resultados fiquem próximos (poucos/muitos pontos), a equação do percentual de expansão de furo poderá ser empregada corretamente.

Não ocorreram deformações para o punção, exatamente como determinado nas configurações da simulação. Porém, em um caso real, sabe-se que todos os elementos se deformam (não necessariamente na mesma proporção). Mas o fato é que o punção ao se deformar "absorve" parte da energia durante o contato punção/chapa, o que poderia implicar em menor deformação final da chapa.

O estudo do fenômeno físico e simulações no ABAQUS permitiram um grande avanço no que se refere a suprimir análises analíticas, que na maior parte das vezes são impraticáveis, para observar o comportamento de materiais no regime plástico, contribuindo para um melhor entendimento da conformação mecânica de aços.

5. REFERÊNCIAS

BILLUR, E.; ALTAN, T. Three generations of advanced high-strength steels for automotive applications, Part I. Stamping Journal p.16-17, 2013.

BILLUR, E.; ALTAN, T. Three generations of advanced high-strength steels for automotive applications, Part II. Stamping Journal p.12-13, 2014.

BILLUR, E.; ALTAN, T. Three generations of advanced high-strength steels for automotive applications, Part III. Stamping Journal. 2014.

International standard. ISO 16630. Metallic materials — Sheet and strip — Hole expanding test. Reference number ISO 16630:2009(E)

TEREPEDINO, J. Aplicação de curvas limite de conformação na previsão de rupturas em bordas de peças estampadas. 94f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SSAB. Advanced High Strength Steels For The Automotive Industry. Because green and safe cars will never go out of style, 2015 [acesso em 5 mai 2017]. Disponível em: <https://www.ssab.com/-/media/Files/EN/Docol/490-en-AHSS-for-automotive-ind.pdf>.