

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Na simulação dos processos utilizaremos o software comercial *MSC.Superforge v. 2005*.

Esse software foi desenvolvido especialmente para a análise de processos de fabricação por conformação mecânica, e mais especificamente, de processos que envolvem a deformação de volumes, como é o caso do forjamento, da laminação e da extrusão.

Ele se baseia em dois métodos numéricos: o de elementos finitos, mais utilizado para problemas bidimensionais e o de volumes finitos empregado para problemas tridimensionais.

Nesta aula faremos a simulação de um processo já analisado em outros métodos, mostrado no próximo slide, com análise em deformação plana, para conhecermos as características e procedimentos empregados no software.

Não se esqueça de salvar seu projeto frequentemente, sendo na primeira vez com nome e diretório especificamente definidos para os exercícios de cada aula.

No final da aula, envie o diretório com o projeto desta aula para o Ensino Aberto.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Processo: Forjamento livre com matrizes planas

Placa inicial:

Placa final: Espessura: 28 mm

Material: Aço ABNT 1045
Espessura: 30 mm
Largura: 30 mm
Comprimento: 50 mm

Temperaturas de trabalho:

Temperatura do tarugo: 1000 °C
Temperatura das matrizes: 200 °C

Prensa hidráulica

Matrizes

Velocidade: 50 mm/s

Largura (L): 15 mm
Profundidade (w): 40 mm

Coefficiente de atrito de Coulomb

$\mu = 0,3$

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

A análise de um processo de conformação por elementos finitos envolve três etapas principais:

1) Pré-processamento, quando são definidas os diversos parâmetros de entrada, como o tipo de processo a ser simulado, as dimensões e material do tarugo, as características das matrizes, as temperaturas de trabalho, o coeficiente de atrito, as características do equipamento de conformação. Nessa etapa também são definidos o tamanho dos elementos e a estratégia de simulação.

2) Solução, quando se executa a simulação propriamente dita. Normalmente, essa é uma etapa que não tem a interferência do operador, a não ser que seja solicitada para re-definir o tamanho dos elementos ou a discretização mais refinada de uma dada região.

3) Pós-processamento, quando se procede a análise dos resultados obtidos na simulação, pela geração de gráficos e vídeos apresentando diversas variáveis de resposta ao longo do processo, como a força de conformação e gradientes de tensão, deformação, taxa de deformação, fluxo de material, pressão de contato, entre outras.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Comandos iniciais

O software é executado a partir do ícone



A confirmação da disponibilidade da licença de execução é obtida pela sequência;

Tools – License Information – Check License Status

Quando se obtém a informação

*Acquired 1 license for MSC.Manufacturing GUI
Returned 1 license for MSC.Manufacturing GUI*

Para iniciar uma nova simulação usaremos um arquivo-base:

File – New Project

Neste exercício optaremos por **Open Die** (Forjamento livre) **Hot** (a quente) **Simulation 2D** (por ser deformação plana) e a solução por **FV** (volumes finitos)

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento

A seguir, definem-se todos os parâmetros relativos ao tarugo, matrizes e processo.

Esta definição é feita pelo arraste de objetos que serão definidos na coluna **Name** ao clicar-se com o botão direito, quando obtém-se:

- Model ▶
 - Material ▶
 - Press ▶
 - Friction ▶
 - Heat ▶
 - Remesh ▶
 - DieType ▶
- respectivamente para a introdução de dados sobre os modelos do tarugo e das matrizes, do material do tarugo e das matrizes, da prensa, do atrito, das características térmicas, sobre o remalhamento e sobre o tipo de matriz.

Observe-se que os nomes do Processo, das Matrizes, do Tarugo e de outros parâmetros podem ser alterados da mesma forma como se faz com os arquivos no Windows.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Definição dos modelos do tarugo e das matrizes

Ao clicar-se em **Model** tem-se três opções para inserção de modelos:

- a partir de um arquivo (**From File**), que pode ser de diversas extensões, sendo a preferida a extensão *stl*, gerada por todos os softwares de modelagem de sólidos
- modelada no próprio software (**Autoshape**), com as opções para geração de cubos, cilindros e tubos
- ou a partir de modelos obtidos dos resultados de simulações de estágios anteriores (**From Result**)

Neste exercício usaremos os modelos obtidos por **Autoshape**, com paralelepípedos representando o tarugo e as matrizes, para as quais pode-se adotar uma espessura de 10 mm.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Definição dos materiais do tarugo e das matrizes

Para definição dos materiais, utiliza-se Material e nesse exercício Library, para utilizar materiais já disponíveis na biblioteca do software.

Para o tarugo, escolheremos **Steel AISI_1045 (900-1200C) Load**, considerando as condições de processamento.

Para as matrizes, usaremos **ToolSteel H-13 Load** (aço utilizado industrialmente para matrizes de forjamento a quente).

O software também permite que se definam novos materiais, a partir da inserção de seus dados a partir do comando **Manual**.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Definição do equipamento de conformação

A partir do comando **Press** e **Manual** pode-se inserir as características do equipamento (prensa excêntrica, martelo, prensa de parafuso, prensa hidráulica, entre outras).

Neste exercício usaremos a prensa hidráulica (**Hydraulic Press**) e definiremos uma velocidade constante de 50 mm/s.

Recomenda-se observar atentamente as unidades escolhidas e que o ponto define as casas decimais.

Pré-processamento – Definição das condições de atrito

Pelos comandos **Friction** e **Manual** pode-se escolher entre três opções: atrito de Coulomb, fator de atrito constante e um modelo híbrido.

Neste exercício, optaremos pelo coeficiente de atrito de Coulomb igual a 0,3.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Definição das temperaturas de trabalho

A partir de **Heat, Die e Manual** define-se a temperatura das matrizes, podendo-se optar pela escala de temperatura e também por definir algumas constantes de troca de calor, que não alteraremos neste exercício.

De forma idêntica, com **Heat, Workpiece e Manual** define-se a temperatura do tarugo e se necessário, as constantes associadas à troca de calor.

Observe que também pode-se definir se haverá o reaquecimento, caso tivéssemos um processo com diversos estágios.

Na barra de ferramentas superior temos vários comandos para alterar a tela principal.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Definição dos objetos para simulação

Após a conclusão da definição de todos os parâmetros de processo, os objetos criados podem ser arrastados para as posições correspondentes na coluna **Processes**.

As matrizes devem conter os objetos de Modelo, Material, Atrito e Temperatura.

O tarugo deverá conter todos esses objetos, exceto o relativo ao Atrito.

A Prensa deverá ser arrastada sobre o ícone **Process** e Ferramenta Superior deverá ser arrastada sobre o ícone **Press**, pois a matriz superior é que será acionada no processo deste exercício.

Ao clicar-se no objeto **Forming** pode-se definir os demais parâmetros do pré-processamento, como o curso (**Stroke**) (neste exercício igual a 5 mm), o tamanho do elemento (**Element Size**) (que podemos assumir inicialmente como sendo igual a 1 mm) e a quantidade de vezes que armazenaremos os resultados para sua visualização (**Output Divisions**), por exemplo, 25.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Procedimentos finais

Como pode-se observar na tela principal que apresenta os desenhos das matrizes e do tarugo, eles não estão posicionados adequadamente.

Pode-se movimentar cada um dos modelos clicando-se no ícone da Câmera na barra de ferramentas inferior, o que libera a movimentação e a rotação dos modelos.

Ao clicar-se no ícone de Translação (quinto ícone da barra inferior) libera-se a escolha pelos eixos de translação (X, Y e Z) e também a opção de definir-se o passo de deslocamento (Pitch). O mesmo pode ser feito para girar-se os modelos em relação a esses três eixos.

Podemos deslocar a matriz superior, clicando-se no objeto correspondente a ela, depois na Câmera, depois no ícone de Translação, e então em Z (que deverá ser sempre o eixo do deslocamento vertical da matriz). Com isso, poderemos subir ou descer a matriz na tela principal. Podemos fazer o mesmo com a matriz inferior, afastando-a do tarugo.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Procedimentos finais e Solução (Simulação)

Pelos comandos *Tools – Measuring (On node)* pode-se verificar a distância dos modelos nas três coordenadas de modo a auxiliar seu correto posicionamento.

Para finalizar, deve-se aproximar e apoiar as ferramentas no tarugo, pelos comandos ***Tools Positioner*** disponíveis no menu principal.

Seleciona-se o objeto que se deseja posicionar, clica-se em ***Tools - Positioner*** (será solicitado que o projeto seja salvo) e define-se o sentido de movimentação de modo a fazer com que a matriz apóie-se no tarugo.

Pode-se visualizar se o plano onde ocorrerá a deformação plana está correto, clicando-se no objeto ***2D Simulation***, depois no segundo ícone (***Plane***) que surge na barra superior da nova tela que se apresenta, e finalmente, para visualizar o plano, clica-se no quarto ícone daquela tela.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pré-processamento – Procedimentos finais e Solução (Simulação)

Também pode-se voltar ao objeto **Forming** e ao clicar-se em **Start**, observar-se o movimento da matriz superior.

Finalmente, o projeto pode ser salvo e executado clicando-se no ponto de exclamação vermelho (!) na barra de ferramentas inferior, e respondendo-se **Sim** para dar início à simulação.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pós-processamento – Preparação e visualização dos resultados

Durante a simulação e ao final dela, estão disponíveis os comandos para visualização dos resultados, na segunda barra de ferramentas superior.



Pode-se optar por uma figura ou por um vídeo, e por vários resultados como Temperatura, Deformação, Tensão, Taxa de deformação, Escoamento do Material, entre outros.

Ao final da simulação estará disponível o penúltimo ícone dessa barra e que permite obter as cargas devidas ao processo.

Compare os resultados de força obtida nesta simulação com os resultados obtidos pelo MDEE e pelo MLS.

EM995 – IM324 – Aula do dia 05/11/2009

SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

Procedimentos para utilização do software MSC.Superforge 2005

Pós-processamento – Visualização dos resultados

Também pode-se verificar se as condições de processo realmente ocorrem em deformação plana.

Na coluna **Processes** exclua os Resultados.

No objeto **Process** clique com o botão direito e escolha **Properties**. Modifique para **Simulation 3D**.

Salve o arquivo com um novo nome, execute e analise novamente para verificar se houve uma variação significativa da largura da chapa.

Se a execução estiver muito demorada, aumente o tamanho do elemento para 1,5 mm.