

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

SIMULAÇÃO NUMÉRICA PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS DO PROCESSO DE ESTAMPAGEM INCREMENTAL DE PONTO SIMPLES (SPIF - SINGLE POINT INCREMENTAL FORMING)

JOÃO VINICIUS C. CHIAROTI¹, MÁRIO LUIZ N. SILVA²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista PIVICT, IFSP, Câmpus Itapetininga, j.chiaroti@aluno.ifsp.edu.br

² Professor Dr., Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica, Câmpus Itapetininga, marioluiznunes@ifsp.edu.br

RESUMO: O presente trabalho apresenta um estudo sobre estampagem incremental (EI), que é um processo de conformação utilizado na fabricação de pequenos lotes e protótipos, porém por ser uma técnica ainda recente possui muitos limites a serem superados para se tornar mais presente no meio fabril. Para a pesquisa foi utilizada a simulação numérica pelo método de elementos finitos no programa Forge 2008®, que permite considerar diversos parâmetros, apresentados aqui, e testá-los sem os gastos operacionais como custos de peças defeituosas e ferramental inadequado. Para o projeto, o material escolhido foi o Latão 70/30 com 1mm de espessura, por ser de interesse da indústria e haver pesquisas realizadas no próprio IFSP - Campus Itapetininga, para as comparações. As variáveis estudadas foram: o nível de deformação; tensão de fluxo; NORMALSTRESS; STRESSTENSOR nos eixos XX, YY e ZZ.

PALAVRAS-CHAVE: simulação numérica; elementos finitos; forge 2008®; latão 70/30; estampagem incremental.

NUMERICAL SIMULATION BY FINITE ELEMENT METHOD OF THE SINGLE POINT INCRIMENTAL FORMING PROCESS (SPIF)

ABSTRACT: This work presents a study on incremental stamping (EI), which is a forming process used in the manufacture of small batches and prototypes, but as it is still a recent technique, it has many limits to be overcome to become more present in the manufacturing environment. For the research, numerical simulation by finite element method in the Forge 2008® program was used, which allows considering several parameters, presented here, and test them without operating expenses such as cost of defective parts and inadequate tooling. For the project, the chosen material was Brass 70/30, 1mm thick, due to its interest by the industry and research carried the IFSP - Itapetininga Campus allowing for comparisons. The variables studied were: the intensity of deformation; flow tension; NORMALSTRESS; STRESSENSOR on the XX, YY and ZZ axes.

KEYWORDS: numerical simulation; finite elements; forge 2008®; brass 70/30; incremental stamping

INTRODUÇÃO

O Método de Elementos Finitos (*FEM - Finite Element Method*) também conhecido como simulação computacional, modelagem computacional, ou apenas simulação, tem por objetivo reproduzir

acontecimentos reais em situações controlados por um *software*. Essa técnica vem sendo estudada e aplicada pelas empresas, por conta de suas inúmeras vantagens, dependendo de cada situação, já que reproduz no computador determinadas aplicações de forças e seus resultados em materiais, não sendo necessária a utilização de ferramentas ou protótipos, reduzindo o custo operacional. Em contrapartida um de seus empecilhos está diretamente relacionada ao amplo conhecimento do operador no *software*, fazendo-se necessárias personalizações a cada estilo de conformação.

Com a carência de um processo de conformação para produção de pequenos lotes e protótipos, surge a estampagem incremental de ponto simples (SPIF – simple point incremental forming) com flexibilidade e custo menores, uma vez que não é necessário o uso de matrizes caras.

Nesse plano progressista optou-se por trabalhar com chapas de latão 70/30, de 1,0 mm de espessura, levando em conta o interesse da indústria neste material e o fato de haver pesquisas já realizadas pelo processo de conformação SPIF. Além disso, não há informações relevantes ainda a respeito da resposta mecânica das propriedades deste material.

Desta forma o trabalho realizado teve objetivos sólidos, sendo eles: desenvolver conhecimento relevante para o programa Forge 2008® e posteriormente compartilhar com alunos e professores, validar os resultados obtidos comparando com estudos realizados pelo corpo docente do IFSP – Itapetininga, sendo um desses trabalhos um mestrado, e a publicação de um artigo científico.

MATERIAL E MÉTODOS

Em suma, os materiais utilizados nesse projeto foram: chapa de latão 70/30 com 1 mm de espessura; punção com 2 mm de diâmetro e 2,5 mm de comprimento; *software* Forge 2008®. Nesse processo, consideramos o punção como indeformável.

Para a realização da conformação foi projetado diversas variável, sendo algumas indispensáveis para alcançar o bom resultado e outras necessárias para o melhor aproveitamento de tempo e custo.

Para a construção da malha a ser utilizada no trabalho foram estudadas algumas opções, porém o fator limitante na escolha foi o que apresentou melhor qualidade em seus resultados e que seria possível conciliar com um tempo de processamento não tão longo. Desta forma, foi definido que se trabalharia com dois tipos de malha, a malha considerada como fina e a malha grosseira, o que causou grande diminuição no tempo de processamento. Este formato não afetou a qualidade dos resultados, já que a região deformada foi padronizada em malha fina e na região externa à deformação utilizou-se a opção de malha grosseira. Na Figura 1 a seguir é possível visualizar os elementos da malha fina localizada no centro da chapa, e ao redor elementos maiores da malha grosseira. A explicação para elementos maiores nas arestas é que nessa região a peça fica fixada.

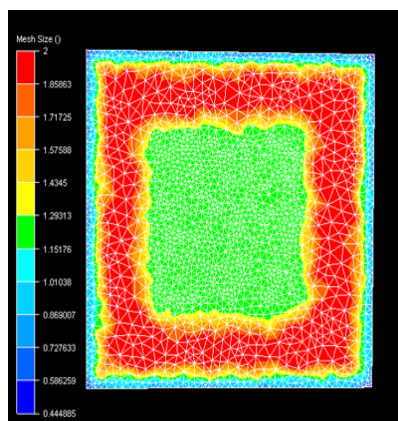


Figura 1 – Malha da chapa. Fonte: Próprio Autor.

Foi programado o *Manipulator*, que consiste em prender o tarugo por seus elementos pré-estabelecidos. Nesta simulação foi definida a geometria de um círculo, os elementos interno-interno estão habilitados para movimentar nos eixos X, Y e Z, já os elementos interno-externo estão desabilitados para movimentarem nos eixos X, Y e Z, na figura 2 é possível visualizar a geometria.

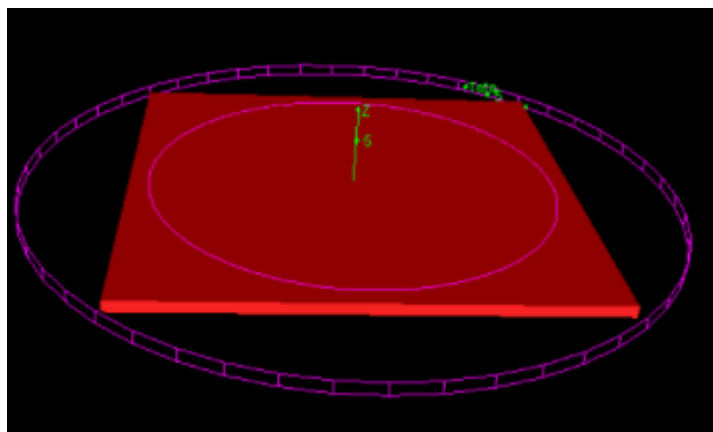


Figura 2 - Geometria do *Manipulator*. Fonte: Próprio Autor.

Foram definidas também outras variáveis para a ferramenta, sendo as principais: a rotação 50 rpm; velocidade 25mm/s; incremento vertical de 2mm a cada volta; foi também utilizado óleo como condição de atrito no programa; a temperatura foi definida como ambiente em 20°C; o comprimento da trajetória foi definido indiretamente pelo tempo de 33 segundos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *software* Forge disponibiliza muitas opções de resultados após conclusão da conformação, porém para não estender desnecessariamente foram incluídos os mais importante para obter uma análise eficiente. Começando pelo ponto de rompimento.

Após o rompimento da peça se deu fim a simulação, a peça final teve como resultado de profundidade -14.9mm e é importante ressaltar que o ponto, em que o punção inicia a conformação no tarugo é de 1mm. Na Figura 3 mostra a peça final, esses “riscos” brancos representam onde ela se rompeu.

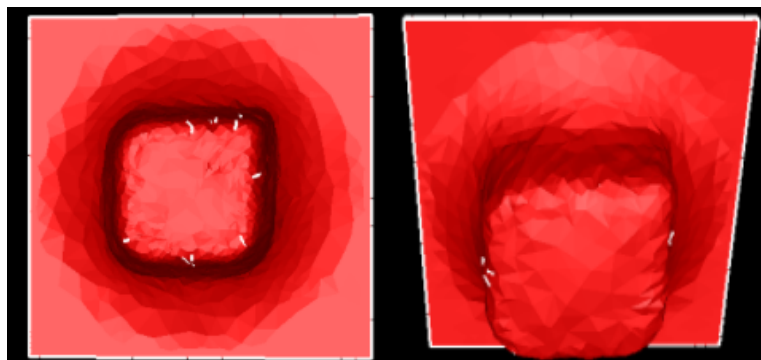


Figura 3 - Peça final com sinais dos lugares rompidos. Fonte: Próprio Autor

Na Figura 4 pode-se ver, em dois ângulos, um dos resultados da simulação. Este se refere à deformação equivalente sofrida pela chapa no processo de conformação, a unidade de medida está no sistema internacional. Os valores variam de 0,28mm até 1,92mm.

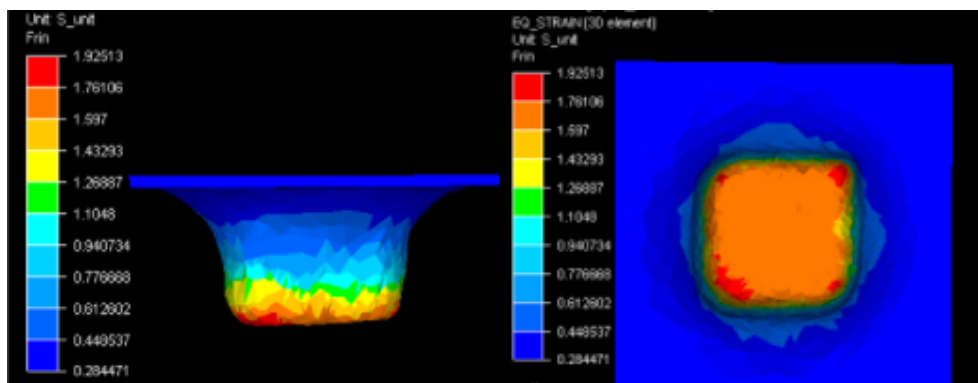


Figura 4 – Deformação na chapa. Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 5 pode-se ver, em dois ângulos, outro dos resultados da simulação. Este se refere à tensão de escoamento na chapa resultante do processo de conformação, a unidade de medida está em MPa. Os valores variam de 212.4MPa em regiões externas à deformação até 388.3MPa nas regiões mais deformadas pela ferramenta.

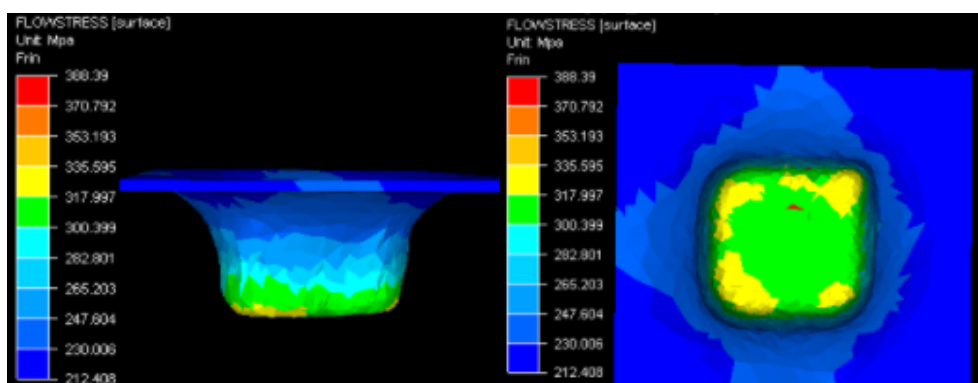


Figura 5 – Tensão de escoamento. Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 6 pode-se ver, em dois ângulos, outro dos resultados da simulação. Este se refere ao *STRESSSENSOR*, na chapa, resultante do processo de conformação, sua unidade de medida é MPa. O valor que perpetua na chapa é em torno de 200.0MPa e em outros pequenos pontos ele atinge o mínimo de -1215.3MPa ou máximo de 449.3MPa.

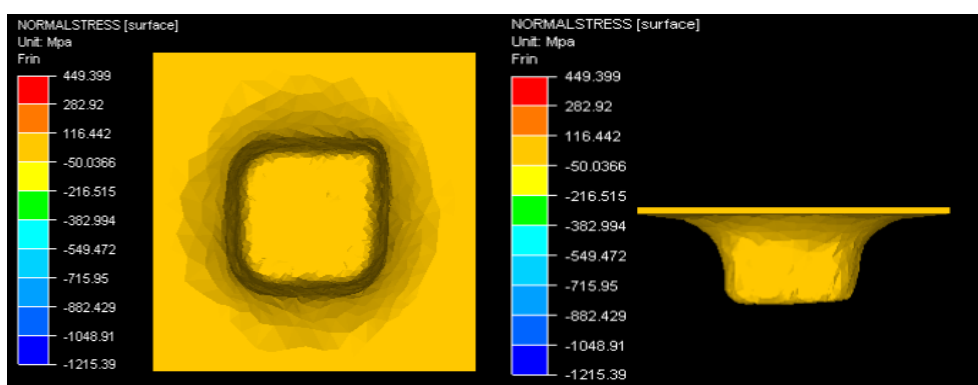


Figura 6 – *STRESSSENSOR*. Fonte: Próprio Autor.

CONCLUSÕES

Um dos comparativos feitos está relacionado aos resultados apresentados na conformação real, em que as peça produzidas com o ângulo de inclinação maior que 67°, ocorre a fratura com tempo médio de 28 minutos e profundidade de 13 mm.

Desta forma, fazendo-se a comparação dos resultados, exemplo o acima, com outros da realidade, a simulação numérica por elementos finitos se mostrou eficaz, por seus resultados próximos da realidade, para o processo de estampagem incremental de ponto simples.

Os dados que ela disponibiliza em sua plataforma são diversos, fazendo com que não necessite do descarte de inúmeros corpos de provas.

Demais vantagens que podem ser citadas são a não utilização de materiais como lubrificante, o não desgaste do ferramental, sem risco de acidentes no processo de simulação, processamento do material em horário de não-funcionamento da empresa. E algumas das desvantagens principais são: o custo de energia para manter o computador funcionando, o custo de um computador com processador de qualidade e preço da licença do software.

Conclui-se que todo o trabalho teve resultados em conformidade com o esperado, além de contribuir para o ensinamento do aluno no manuseio do método, o que irá abranger uma série de outros futuros trabalhos tanto do mesmo aluno quanto de outros demais alunos, idealizando uma proveitosa produção do projeto. Para análise de mais resultados, será projetado um segundo projeto de iniciação científica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao IFSP pelo apoio e bolsa e ao Professor Sérgio Tonini Button da Unicamp pela doação de computador e licença do software.

REFERÊNCIAS

Kopac J., Kampus Z.; **Incremental sheet metal forming on CNC milling machine-tool**. Journal of Materials Processing Technology 2005;162–163:622–8. doi:10.1016.

JESWIET, J., MICARI, F., HIRT, G., BRAMLEY, A., DUFLOU, J., ALLWOOD, J. **Asymmetric Single Point Incremental Forming of Sheet Metal**. 5Katholieke Universiteit Leuven, 2005: 27p.

SILVA, M.b.; MARTINS, P.a.f.. **Incremental Sheet Forming**. **Comprehensive Materials Processing**, [s.I], p.7-26, 2014. Elsevier. DOI:10.1016/b978-0-08-096532-1.00301-0.

PEREIRA, Lucas Clarindo. Estudo da estampabilidade do latão C260 e do cobre C110 pelo processo de Estampagem Incremental de Ponto Simples em um centro de usinagem de 5 eixos. / Lucas Clarindo Pereira. São Paulo: [s.n.], 2018. 109f. Il.