

Título: Validação numérica de metodologia empregada para aferição do coeficiente de atrito em processos de estampagem

Introdução

O processo de estampagem profunda é considerado um dos mais importantes processos de conformação de chapas metálicas, sendo adotado, comumente, para fins de fabricação de componentes destinados às mais diversas finalidades: confecção de utensílios de cozinha, de recipientes de alimentos, de carrocerias de automóveis, dentre outras tantas aplicações. Em termos de complexidade, o processo de estampagem profunda destaca-se em relação aos demais processos de conformação de chapas metálicas, dado que a qualidade do seu produto final depende da direção de laminação do material e do limite máximo de estampagem, bem como da força do prensa-chapas e do punção, da velocidade do punção, do raio da matriz e do punção.

Nesse sentido, o emprego das simulações numéricas voltadas aos processos de estampagem de chapas metálicas tornou-se, atualmente, indispensável para concepção de componentes voltados ao segmento industrial, sobretudo às indústrias automobilística e aeroespacial, devido à alta competitividade e ao curto espaço de tempo para desenvolvimento de novos produtos. Em substituição aos métodos tradicionais de tentativa e erro para projeto de ferramentas, o método de análise por elementos finitos (MEF) viabiliza a otimização das variáveis inerentes ao processo de estampagem e, conseqüentemente, reduz a intensidade de alguns dos seus principais problemas, como, por exemplo, o atrito entre a peça e as ferramentas, bem como o surgimento de fratura, de enrugamento e de retorno elástico à peça estampada.

A execução de simulações numéricas, com base no MEF, possibilita a estimativa prévia da força máxima do punção e do prensa-chapas, bem como da distribuição das tensões, das deformações e da redução de espessura ao longo da peça, além das condições de lubrificação necessárias para execução dos processos de estampagem. Porém, a validação da simulação numérica aos processos de embutimento profundo está condicionada à realização dos ensaios experimentais, a fim de que os resultados sejam comparados e, assim, assegurar que o software esteja prevendo, de forma eficaz, o comportamento da chapa estampada.

Ressalta-se, assim, a importância de se informar, com precisão, as variáveis de entrada ao software de simulação numérica, a fim de se obter resultados precisos do comportamento do material e das condições de contato entre esse e o ferramental. Sabe-se que o coeficiente de atrito é a variável que mais afeta a deformabilidade da chapa e, portanto, deve ser estimado previamente em algumas regiões do material, com vistas a instruir adequadamente o software e, por conseguinte, obter resultados satisfatórios.

Além de controlar o fluxo de material para o interior da cavidade da matriz e a qualidade superficial das peças estampadas, o coeficiente de atrito implica na força e na energia necessárias para execução do processo, bem como no desgaste do ferramental. Comumente, as propriedades mecânicas do material a ser inseridas no software de simulação eram obtidas através de ensaios de caracterização, enquanto os dados atinentes ao coeficiente de atrito eram oriundos de uma revisão da literatura.

Embora represente uma simplificação das condições reais dos processos de estampagem profunda, diversos autores consideram que, para fins de simulação numérica, o coeficiente de atrito ao longo do processo se mantém constante, sobretudo na interface de contato entre a chapa e o prensa-chapas, bem como entre a chapa e o raio da matriz.

Evidentemente que, para obtenção de resultados mais precisos nas análises numéricas, diversos ensaios são realizados para simular o deslizamento da chapa na região do prensa-chapas e do raio da matriz e, conseqüentemente, determinar o seu respectivo coeficiente de atrito.



Figura 1 – Representação da caixa estampada (a) e da sua modelagem em 3D empregada na simulação numérica (b)

Objetivos

De forma geral, destaca-se que o objetivo desse estudo é aferir e, conseqüentemente, avaliar a influência do coeficiente de atrito nos parâmetros dos processos de estampagem a frio, voltados à confecção de peças de seção retangular, utilizando-se, para tanto, chapas de aço inoxidável AISI 304 e diferentes condições de lubrificação. Além disso, espera-se executar a validação das medições experimentais do coeficiente de atrito em cada processo executado, por intermédio de software de simulação numérica próprio de processos de estampagem.

Para atingir a referida finalidade, o presente estudo necessita galgar os objetivos específicos discriminados a seguir:

- a) Projetar e confeccionar o ferramental destinado à estampagem de peças com seção retangular;
- b) Realizar os ensaios de caracterização do aço inoxidável AISI 304, com vistas à determinação da Curva de Escoamento, dos Coeficientes de Anisotropia e da Curva Limite de Conformação (CLC). Tais resultados instruirão os cálculos algébricos do coeficiente de atrito e, posteriormente, as simulações numéricas;
- c) Proceder a gravação eletroquímica de círculos à superfície das amostras (técnica denominada de visioplasticidade), a fim de que, através da sua deformação após os processos de estampagem, possam ser quantificadas as deformações e tensões principais acometidas em cada posição da peça;
- d) Realizar os processos de estampagem profunda em três condições de lubrificação: sem lubrificante, com lubrificante mineral e com lubrificante sintético;
- e) Mensurar o coeficiente de atrito para cada processo de estampagem executado, com base na correlação entre a força máxima aferida pelo sistema de aquisição de dados da prensa e a equação da força máxima prevista por Siebel e Panknin (1956);
- f) Executar a validação dos resultados encontrados para o coeficiente de atrito em cada processo, fazendo-se uso de software próprio de simulação numérica para estampagem: *Simufact*.

Responsável: Eng. Rafael Pandolfo da Rocha (rafael.pandolfo@ufrgs.br)
Orientador: Prof. Dr. Ing. Lírio Schaeffer (schaefer@ufrgs.br)