

MELCONIAN, Marcos Vinicius. "Introdução", p.11-16. In MELCONIAN, Marcos Vinicius. **Modelagem numérica e computacional com similitude e elementos finitos**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014. ISBN 978-85-8039-090-2 <http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-melconian-01>

1

CAPÍTULO

INTRODUÇÃO

A tecnologia tem exercido grande influência no desenvolvimento das sociedades e, como grandes responsáveis deste desenvolvimento, estão também os meios de produção.

No início do século XIX, deter o conhecimento sobre processos de produção já era considerado um diferencial e com o advento da mecanização - por meio da utilização de máquinas - o termo tecnologia assumiu um novo significado.

Atualmente, a tecnologia é um dos baluartes do estilo de vida moderno. Neste contexto, os processos de conformação de metais desempenham um importante papel.

A produção de componentes utilizando chapas metálicas e técnicas que dão forma aos sólidos é de grande significância, como na aplicação em indústria automotiva, modelagem de recipiente, construção de edifícios ou na produção de eletrodomésticos.

As prensas, com a sua capacidade para conduzir com precisão as atividades de conformação metálica, tornaram-se um símbolo da metalurgia e do processo de produção moderno. É neste contexto que o freio de estampagem desempenha papel fundamental em determinadas operações de estampagem, em que grandes esforços de conformação mecânica estão envolvidos.

Para que determinadas peças sejam estampadas com qualidade, é essencial que o fluxo de material conformado no interior da matriz seja bem controlado. Normalmente este fluxo é controlado pela força do prensa-chapas, no entanto, quando a magnitude da força necessária é excessivamente grande, ao ponto de poder causar danos à peça ou a máquina utilizada, são utilizados os freios de estampagem, que têm a função de prover a força de retenção necessária para controlar o fluxo de material para dentro da matriz (HUG, 2004)

O freio de estampagem, também conhecido como quebra-rugas ou *Drawbeads*, consiste em um pequeno aparato localizado na superfície do prensa-chapas ou na borda da matriz e um sulco localizado na superfície oposta, conforme mostra a Figura 1.

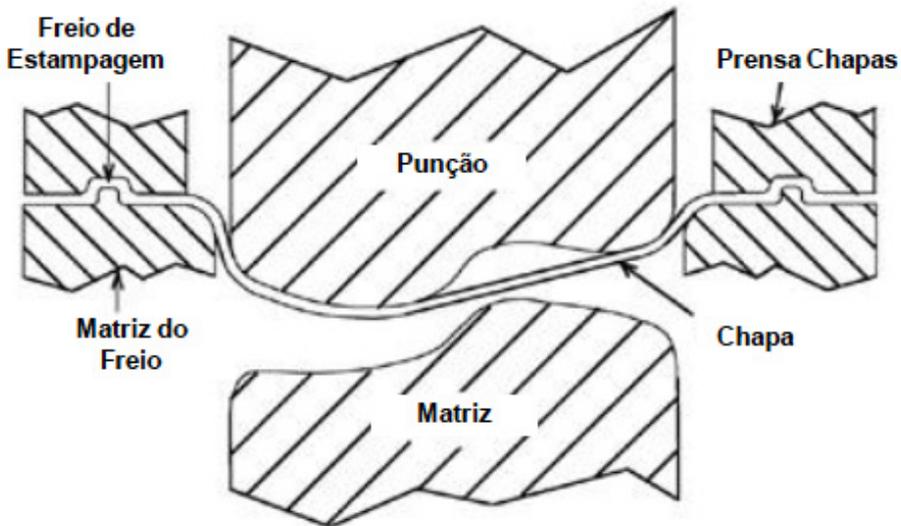


Figura 1 – Representação do freio de estampagem no processo, (CADELL R.M, HOSFORD W.F, 2000)

Os freios de estampagem são largamente utilizados na indústria automobilística por que a seleção do tipo e tamanho de freio bem como a sua instalação são relativamente simples, quando comparado com outro método para controlar o prensa-chapas. Por este motivo, muitos estudos sobre freios de estampagem são efetuados em indústrias automobilísticas de países desenvolvidos (KIM, 1997).

Segundo Kim *et al.* (1997), a utilização de freios de estampagem é essencial não só para a produção de peças de automóveis, que exigem alta qualidade superficial do produto final, como também para a produção de muitos outros produtos de uso geral.

Nine (1978) conduziu uma série de experimentos no laboratório da General Motors em Michigan nos Estados Unidos, simulando o comportamento dos freios de estampagem em aços e ligas de alumínio. Em seus testes, ele posicionou rolamentos nos cotovelos do freio a fim de isolar os componentes da força de deformação dos componentes da força de atrito, causados pelo contato do freio com a chapa.

Baseando-se nos trabalhos de Swift (1948) e Duncand e Bird (1978), o pesquisador Wang (1982) apresentou um modelo matemático para o cálculo da força de retenção (FR) dos freios, considerando como premissas uma chapa de espessura constante, conformação sem folgas entre o freio e a chapa, ou seja, considerando que a chapa assume o raio do freio após conformada e velocidade de deslocamento da chapa somente tangencial em relação ao freio.

Levy (1983) aperfeiçoou os estudos feitos por Wang e Nine e fez um estudo para estimar a FR com uma equação fechada. Yellup e Painter (1985) desenvolveram um modelo computacional para calcular a força do freio, válido para dois tipos de aços e considerando folga constante entre o freio e a cavidade. Stoughton (1988) partiu deste modelo de Levy (1983) para desenvolver uma formulação analítica para a predição da FR. Esse modelo pode ser aplicado a freios não só circulares, mas com outras geometrias.

O primeiro modelo de cálculo da força de retenção dos freios, utilizando o Método dos Elementos Finitos (MEF), foi publicado por Chen (1996). O modelo em EF foi validado com base nos valores publicados por Nine (1982), e a média dos valores absolutos das diferenças percentuais foi igual a 20%.

Segundo Mujic (2011), a utilização do MEF no estudo dos freios de estampagem parte da discretização do modelo tridimensional (3D) de um freio real. Como as dimensões do freio são muito pequenas, quando comparadas às outras ferramentas envolvidas no processo de estampagem, a quantidade de elementos necessita ser muito grande, centenas de milhares em muitos casos. É difícil solucionar este tipo de problema por requererem *hardwares* de alto desempenho, consumindo, ainda assim, muito tempo de processamento. Deste modo, são utilizados modelos bidimensionais (2D) para simplificar a solução deste tipo de problema.

Além disso, investigações experimentais são caras e demoradas, portanto, as simulações numéricas tornam-se o modo mais proeminente para o estudo dos parâmetros do freio. Isto permite que modelos sejam criados para prever matematicamente o trabalho dos freios, auxiliando a produção industrial. (MUJIC, 2011)

Um ponto relevante nas simulações está nos gradientes de geometria. Os raios que definem a curvatura dos freios de estampagem são geralmente muito pequenos se comparados às curvaturas das demais ferramentas de estampagem. Deste modo, problemas numéricos são originados pelas dificuldades na convergência da integração da equação que governam este fenômeno, ou ainda altos custos computacionais para a simulação do problema tridimensional. Assim, nos procedimentos numéricos para solucionar a integração da referida equação, os códigos de simulação de estampagem de chapas consideram os freios como outra ferramenta e os modelam com maior simplicidade, isto é, como se fossem uma linha sobre a qual existe uma FR distribuída ao longo de seu comprimento.

Motivado pelo fato de ser muito demorado e custoso se obter, experimental ou numericamente, um valor confiável da força de retenção dos freios e tendo em vista que muitas são as variáveis associadas a esta grandeza, Duarte (2007) criou uma Equação Preditiva Geral (EPG) para o cálculo da força de retenção para freios de estampagem semicirculares. Uma metodologia híbrida foi proposta para obtenção da FR, empregando-se a Similitude, que utiliza como base da sua formulação o Teorema π de Buckingham, associada a dados obtidos por meio de simulações numéricas bidimensionais feitas para parâmetros de natureza geométrica, de materiais e de processo com o *software* STAMPACK®, um código com solução explícita em EF.

Este trabalho utiliza esta mesma metodologia para obtenção de uma nova EPG, que estime com precisão os valores da força de retenção para uma variação maior de materiais. Duarte (2007), concentrou seus estudos com o aço A-K e liga de alumínio 2036-T4, este trabalho busca ampliar este limite para demais materiais como, bronze, níquel, cobre e titânio.

Como inovação tecnológica, um aplicativo para plataforma Android, com interface interativa, foi desenvolvido a fim de que os cálculos da FR sejam realizados com rapidez pelos usuários, trazendo diversos benefícios para uma linha de produção mais favorável, com melhores características de resistência do produto final, economia no consumo de energia relacionado ao aumento da produção, controle dimensional e acabamento superficial com alta qualidade.

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO

Este trabalho tem por objetivo apresentar os conceitos envolvidos e outros estudos elaborados sobre freios de estampagem, por meio de revisão bibliográfica e fundamentação teórica, com o intuito de destacar os desafios envolvidos na elaboração de uma EPG para os freios de estampagem.

Utilizando a teoria de similitude e a mesma metodologia híbrida adotada por DUARTE (2007), busca-se estudar a influência dos parâmetros mais importantes na FR e estabelecer uma equação fechada para a predição da FR para os freios de estampagem semicirculares.

Duarte (2007) desenvolveu uma EPG, alcançando resultados bastante assertivos, quando aplicadas em testes com aço A-K e ligas de alumínio, com base nesta EPG, este estudo, busca elaborar uma nova EPG com limite de validade ampliado para outros materiais como cobre, latão, ligas de níquel e titânio. Para isso são elaboradas simulações em modelos bidimensionais em EF no código comercial STAMPACK®, em que a FR é calculada para diversas configurações de freios semicirculares e tipos de materiais.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA OBRA

No primeiro capítulo deste trabalho estão apresentadas as justificativas e desafios que motivaram a elaboração deste estudo, além das contribuições oferecidas para o desenvolvimento tecnológico e industrial.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica, que descreve alguns estudos de pesquisas realizados sobre o tema e que são referências deste trabalho, em especial o trabalho de Duarte (2007), que foi importante fonte motivadora da pesquisa.

No terceiro capítulo são apresentadas as fundamentações teóricas que serviram de sustentação para o desenvolvimento desse trabalho.

A metodologia de pesquisa utilizada é apresentada no quarto capítulo, em que são detalhados os experimentos realizados por Nine (1978) e os passos seguidos para a realização da modelagem computacional e simulação dos experimentos no *software* de elementos finitos, amplamente utilizado para a obtenção da base de dados experimental, tal como requer a metodologia adotada.

O capítulo cinco descreve os passos seguidos para a obtenção da EPG, como a validação inicial de um modelo em EF, comparando os dados obtidos pelas simulações computacionais e experimentais, a definição das variáveis investigadas e a definição dos π -termos, exigidos pela metodologia de similitude.

No sexto e último capítulo são apresentados os resultados obtidos pela EPG, que foram comparados com os valores experimentais calculados experimentalmente e por distintas simulações computacionais efetuadas.

Ainda no sexto capítulo, são abordados os motivadores e passos seguidos para a criação do aplicativo, que soluciona esta EPG de forma rápida e interativa. É um programa, compatível com o sistema Android, comum na maioria dos dispositivos móveis de comunicação (*smartphones* e *tablets*), sendo uma importante ferramenta facilitadora para se estimar o valor da força de retenção dos freios.

Por fim, são descritas as conclusões obtidas com o desenvolvimento do trabalho e a proposta de trabalhos futuros passíveis de serem desenvolvidos a partir deste estudo.