

# AJUSTE DIGITAL DE FERRAMENTAS DE ESTAMPAGEM

POR LEANDRO GUIMARÃES CARDOSO

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos ferramenteiros no desenvolvimento de matrizes para produção de peças estampadas é a variação da espessura da chapa ao longo do processo de conformação. Esta variação afeta as folgas entre a chapa e as superfícies das ferramentas, impactando as pressões de contato entre elas e consequentemente os níveis de restrição ao fluxo do material, que é o que define o estiramento final da peça. Isto ocorre porque conforme a chapa é tracionada e/ou comprimida durante a estampagem ela sofre diversas deformações, que dependendo da geometria do produto final e do conceito das ferramentas adotado tendem a reduzir ou aumentar localmente sua espessura. Torna-se por isso necessário que as superfícies das ferramentas sejam cuidadosamente ajustadas de forma a garantir o seu contato mais homogêneo com a chapa, eliminando as interferências nos pontos onde ela se tornar mais espessa bem como as folgas excessivas nos locais onde ela afina. Este ajuste é o que garante as condições adequadas para a estampagem bem sucedida de peças com a qualidade desejada.

## O PROCEDIMENTO DE AJUSTE:

Tradicionalmente, o procedimento de ajuste consiste em algumas etapas: Primeiramente as ferramentas são usinadas de acordo com o projeto da peça e a espessura nominal da chapa, e suas dimensões são verificadas. Em seguida elas são montadas e instaladas na prensa para que uma peça inicial possa ser estampada, o que produz mudanças de espessura levando a uma pressão de contato mais forte em áreas onde a chapa se torna mais espessa e mais bai-

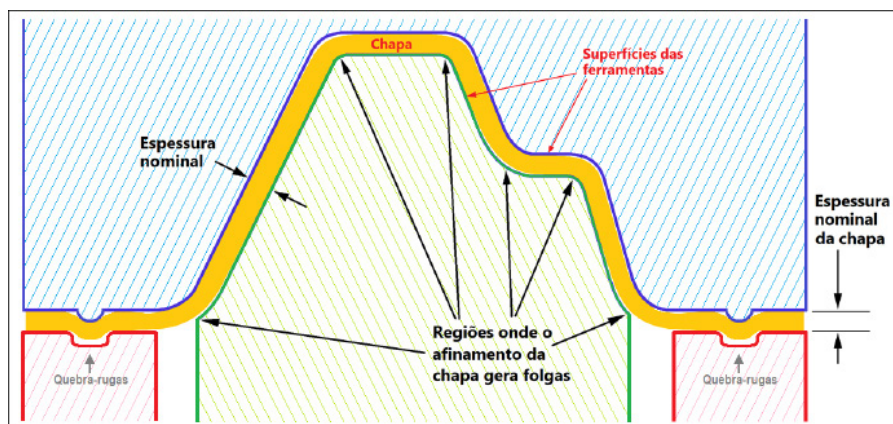


Figura 1: Mudanças de espessura nas lacunas de geração da folha durante a operação de estampagem.

xa (ou nenhuma pressão) nas áreas onde ela fica mais fina. As diferentes condições de contato podem ser identificadas pela aplicação de uma pasta de ajuste colorida (em geral azul) sobre as ferramentas, que se desloca de onde a pressão é mais forte para os locais onde ela é mais fraca revelando assim a distribuição das pressões de contato. As áreas onde a pressão

é maior são então retificadas manualmente utilizando-se uma variedade de lixadeiras e outras ferramentas manuais grandes e pequenas, outra peça é estampada e as áreas de alta pressão de contato são novamente identificadas e retificadas. Este procedimento é repetido até que uma pressão homogênea seja obtida em todos os pontos de contato.

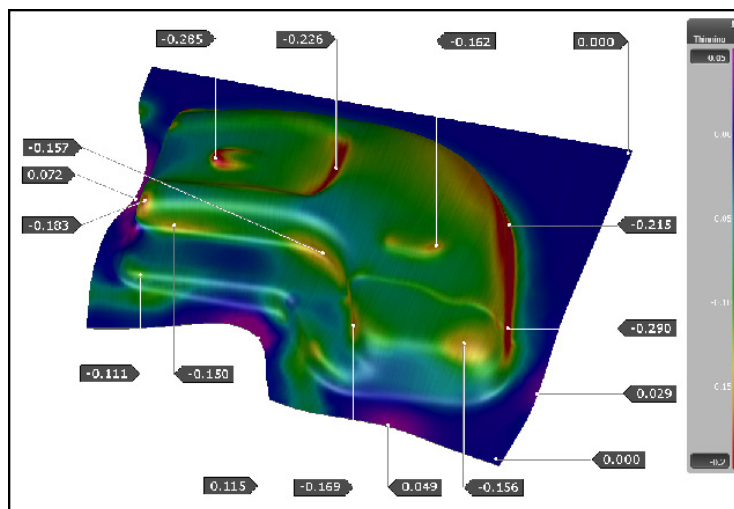


Figura 2: Mudanças de espessura na chapa durante uma operação de estampagem, em proporção da espessura inicial.

# AutoForm

Soluções de Software para  
Conformação de Chapas Metálicas

## Você está interessado em:

- ▶ *Desenvolvimento de peças de chapas metálicas manufaturáveis?*
- ▶ *Um processo eficiente e seu planejamento de custos?*
- ▶ *Criação rápida e fácil de conceitos de ferramental e a validação final do processo de conformação?*
- ▶ *Um try-out eficiente e uma produção robusta e de alta qualidade?*

## Nós podemos ajudá-los com:

- ▶ *Soluções em software de alta qualidade, desenhadas para a sua realidade diária e com alto desempenho*
- ▶ *Todo o suporte técnico necessário para que você possa tomar as decisões corretas ao longo de toda a cadeia de desenvolvimento e produção dos processos de conformação em chapas metálicas*



No caso de ferramentas de conformação tradicional à frio é comum que muitas superfícies sejam previamente aliviadas já durante a programação de usinagem ou por meio de um desbaste antecipado, de forma a criar uma folga que serve para minimizar o trabalho de ajuste e evitar uma pressão de contato inicial excessiva que poderia danificar o revestimento da chapa ou as próprias superfícies das ferramentas. Ainda assim, a etapa de ajuste é muitas vezes uma tarefa bastante trabalhosa e demorada, que requer a dedicação de operários experientes e cuidadosos que podem levar semanas retificando as superfícies das ferramentas, modificando-as das dimensões nominais nas quais foram inicialmente usinadas para as que produzem o melhor assentamento, de forma a garantir um encaixe adequado entre elas e a chapa sendo estampada. Para este tipo de ferrametas isso é principalmente verdadeiro para a região do prensa-chapas, geralmente entre o raio de entrada da matriz e os quebra-rugas, quando estes estão presentes.

### O CASO DA CONFORMAÇÃO À QUENTE (HOTFORMING):

No caso de processos de conformação à quente a importância do ajuste é ainda maior, em função de alguns fatores que são característicos desse tipo de processo: Primeiro, a necessidade de resfriamento rápido da peça após sua conformação à quente para garantir a transformação da microestrutura do material para a fase martensítica desejada requer uma pressão de contato elevada entre a chapa e as ferramentas, para aumentar o coeficiente de transferência de calor de forma a permitir um fluxo térmico adequado entre elas. Isso também ajuda a reduzir o tempo de resfriamento e conseqüentemente o tempo de ciclo geral do processo. Qualquer mudança de espessura da chapa durante a conformação, tanto o afinamento quanto o espessamento, pode afetar as condições de contato ferramenta/chapa levando a problemas de fluxo de calor e por conseguinte retardando o resfriamento, causando o aparecimento de pontos quentes que impedem a formação de martensita e assim fragilizando o material e produzindo distorções térmicas na peça acabada. Isso é ainda mais importante no caso de *blanks* com reforços soldados, onde a maior espessura combinada da chapa e do reforço torna mais difícil o fluxo de calor, bem como em paredes verticais onde é difícil obter uma alta pressão de contato.

Em segundo lugar, devido à alta temperatura de conformação e o grande coeficiente de atrito entre a chapa aquecida e as ferramentas de *hotforming* estas tendem a se desgastar muito rapidamente, o que leva ao aparecimento de folgas entre elas e a chapa. A consequência é a formação de pontos quentes nesta última, causando problemas de distorção ou enfraquecimento da peça final. Assim, é necessário o retrabalho frequente das ferramentas para garantir as folgas adequadas, em muitos casos forçando ao ajuste das ferramentas novamente após apenas algumas semanas ou mesmo dias de operação. Isso afeta negativamente a produtividade do processo de conformação a quente como um todo, tornando a redução do trabalho de ajuste um fator muito importante para garantir a própria viabilidade econômica do processo.

Uma complicação adicional deste processo é que para garantir uma boa troca de calor entre a chapa e as ferramentas em todas as superfícies de contato pode acabar sendo preciso retificar grandes áreas onde a espessura da chapa não chegou a mudar de maneira considerável (as quais seriam ignoradas no ajuste de ferramentas de estampagem tradicionais), a fim de compensar o espessamento ou afinamento nos pontos onde eles são mais críticos. Isso torna o ajuste das ferramentas de *hotforming* consideravelmente mais difícil e trabalhoso do que no caso das ferramentas de conformação à frio.

Tel: +55 11 4121 1644  
info@autoform.com.br

www.autoform.com

**AUTOFORM**  
Forming Reality

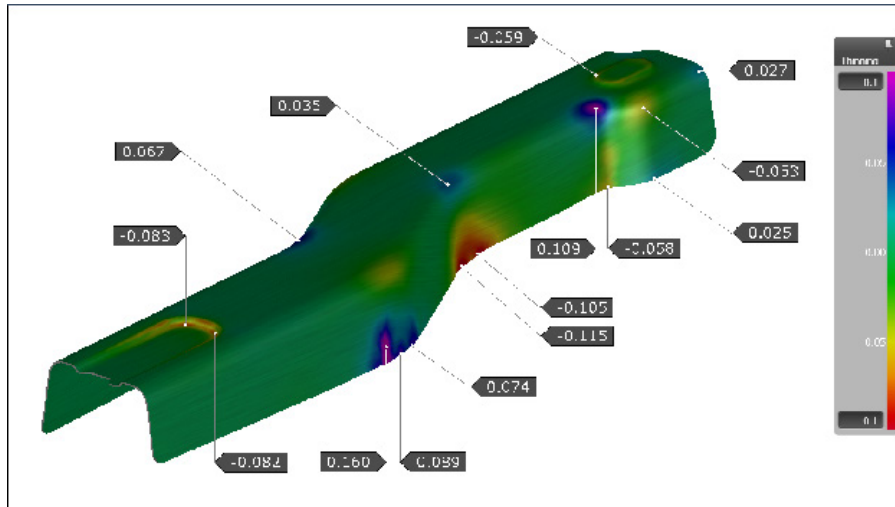


Figura 3: Mudanças de espessura da chapa durante a conformação gerando folgas entre ela e as ferramentas em um processo de hotforming.

Já há algum tempo que as mudanças de espessura da chapa que ocorrem durante o processo de conformação podem ser calculadas em simulações digitais, e portanto alguns programas de simulação do processo de estampagem mais recentes possuem recursos específicos para auxiliar o trabalho de ajuste das ferramentas, como é o caso da nova versão R10 do AutoForm. Nesta versão foi introduzido um comando que permite aplicar as informações calculadas referentes à espessura da chapa diretamente sobre a geometria das ferramentas, modificando-as de acordo e gerando superfícies pré-ajustadas que podem ser então usinadas para produzir ferramentas já muito próximas das dimensões que deverão ser obtidas após a finalização do ajuste no tryout.

Este comando está disponível entre os recursos do programa para a modificação da geometria de peças ou

**O RECURSO DE AJUSTE DIGITAL:**

Como visto acima, nas ferramentas de conformação de chapas tanto à frio quanto à quente geralmente é efetuado um ajuste cuidadoso das superfícies, de forma a garantir um fluxo de material adequado e/ou uma troca de calor mais eficiente em todo o volume da peça. Como em alguns pontos a chapa pode engrossar ou afinar consideravelmente, a diferença entre as dimensões nominais das ferramentas e sua forma final após o ajuste pode chegar a até alguns décimos de milímetro, obrigando a que as ferramentas sejam retificadas na mesma proporção para garantir um ajuste bem sucedido. Sendo a retificação feita manualmente, obter um bom ajuste é um trabalho delicado que pode levar muito tempo e demandar muitas peças sendo estampadas, consumindo uma quantidade significativa de material. Assim, fica claro que qualquer recurso que possa reduzir a diferença

entre as superfícies nominais usinadas e as superfícies finais das ferramentas ajustadas seria muito útil, permitindo reduções consideráveis de tempo e custo dos trabalhos de ajuste.

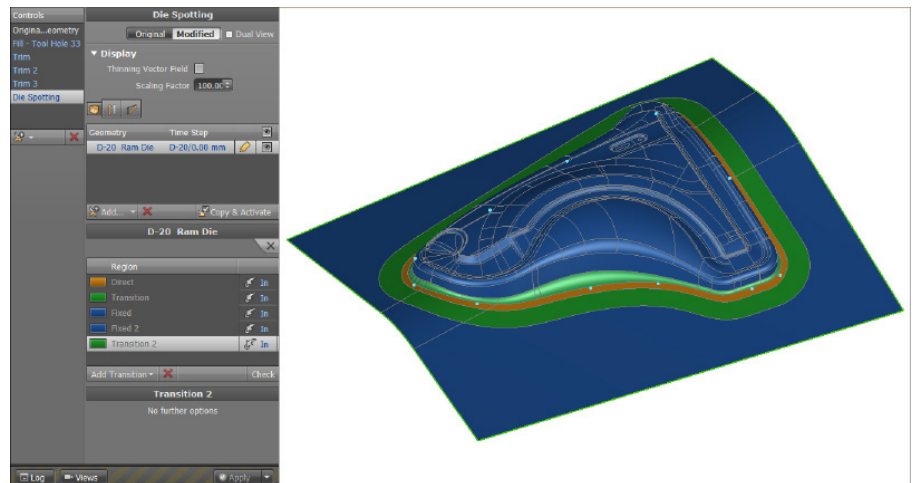


Figura 4: O recurso de ajuste digital, mostrando os diferentes parâmetros que podem ser aplicados na retificação de cada região das ferramentas.

do ferramental, e permite a aplicação de um ajuste digital às superfícies de ferramentas superiores ou inferiores, bem como a seleção de diferentes áreas que podem ser retificadas com distintos parâmetros para a consideração de cada condição específica de afinamento ou espessamento. As opções disponíveis tornam o ajuste digital um recurso bastante flexível, permitindo gerar superfícies modificadas de acordo com as melhores práticas de ferramentaria considerando não apenas as mudanças de espessura mas também o lado das ferramentas, acima ou abaixo, que precisa ser ajustado, além de manter a máxima suavidade da geometria resultante. E as superfícies finais obtidas podem ser exportadas como arquivos 3D em padrão IGES ou STEP, prontas para serem utilizadas na programação da usinagem.

A utilização dos fatores de retificação e de suavização durante o ajuste digital das diversas áreas das ferramentas em muitos casos pode resultar em uma pequena diferença entre as superfícies ajustadas digitalmente e os valores finais a serem aplicados na peça física. Geralmente isto é necessário para garantir que as superfícies a serem usinadas não possuam irregularidades excessivas que possam prejudicar o próprio trabalho de usinagem, além de manter também um mínimo de sobremetal que permita aos ferramenteiros compensar quaisquer efeitos não previstos nas simulações (como a flexibilidade das ferramentas e das prensas ou as variações nas propriedades dos materiais). Mas o pré-ajuste digital aplicado no modelo 3D permite que os ferramenteiros já iniciem seu trabalho à partir de uma base muito mais próxima da desejada do que quando é empregada a geometria nominal, tradicionalmente utilizada para usinagem. Pode-se assim obter uma redução bastante significativa no esforço e no tempo do ajuste físico durante o *tryout*, com a consequente

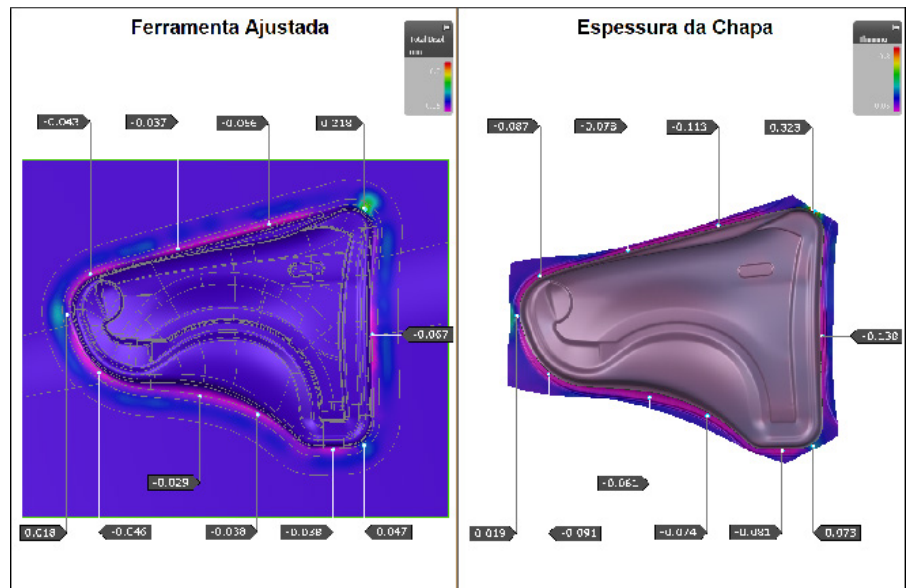


Figura 5: Resultado da aplicação de um ajuste digital à esquerda, comparado ao afinamento da chapa calculado na simulação mostrado à esquerda.

redução dos prazos e do custo total de construção das ferramentas.

**CONCLUSÃO**

O ajuste das ferramentas é um trabalho necessário na indústria de estampagem de chapas metálicas, mas é bastante dispendioso e demorado, demandando muito tempo e dedicação dos ferramenteiros além de consumir uma quantidade significativa de material. E é ainda mais importante e desafiador no caso de ferramentas de conformação à quente, tornando-se um fator crítico para a rentabilidade desse tipo de processo.

Assim, a introdução dos novos recursos de ajuste digital em programas de simulação de estampagem como o AutoForm R10 surge como um acréscimo importante aos benefícios trazidos por este tipo de *software*, ajudando a alcançar uma significativa simplificação e a redução de custos e prazos no *tryout* e durante a operação das ferramentas. Torna-se desta forma uma ferramenta bastante útil agora à disposição das empresas que atuam neste segmento, contribuindo para seu sucesso em um mercado cada vez mais competitivo e tecnologicamente avançado.



**Leandro Guimarães Cardoso** - Engenheiro mecânico formado pela Universidade de Brasília com pós-graduação em análise estrutural pelo Método dos Elementos Finitos na UFRJ-COPPE, com 30 anos de experiência na área de engenharia de desenvolvimento de produtos, implantação de sistemas CAD/CAE/CAM, análise estrutural, simulação de processos de manufatura e de linhas discretas de produção, tendo utilizado pessoalmente e supervisionado a implementação e aplicação destas tecnologias em diversas empresas dos setores automotivos, aeroespacial, de autopeças e outros. Trabalha desde 2011 na AutoForm do Brasil, como supervisor da área técnica responsável pelas atividades de pré-venda, treinamentos e suporte técnico aos usuários dos programas da empresa.