

A IMPORTÂNCIA DO PÓS-PROCESSAMENTO NA SIMULAÇÃO DA CONFORMAÇÃO DE CHAPAS METÁLICAS

ADILSON CALMONA DUTRA - adilson.calmona@autoform.com.br

As simulações estão cada vez mais presentes nas empresas no mundo atual, e o segmento específico da estamparia não é uma exceção. Pensando nisso, este artigo tratará sobre a importância do Pós-processamento na simulação dos processos de conformação de chapas metálicas. Com o intuito de abranger todas as análises futuramente haverá outros artigos.

É necessário ter em mente que não existe somente um procedimento para análise de pós-processamento, cada empresa adota seus softwares e uma maneira própria para aprovar uma simulação. Ao longo do texto serão apresentadas ferramentas e estratégias para entender um pouco mais sobre esse tipo de análise.

Para permitir a avaliação adequada dos resultados das simulações de conformação de chapas os softwares de CAE trazem diversas funções para auxiliar na identificação de eventuais problemas, como rupturas, rugas, corrida de chapa, análise da qualidade de superfície, “springback”, corrida de raio e etc. Neste primeiro texto ficará restrito apenas às análises de rupturas, ajudando a entender as ferramentas utilizadas em softwares de simulação para identificar este tipo específico de problema.

Para análise de ruptura a ferra-

menta mais amplamente utilizada é o gráfico FLD (“Forming Limit Diagram”). O FLD é um diagrama de limite de conformação determinado a partir do estado de estiramento da chapa. Pode-se ver abaixo uma típica curva FLD para um aço (figura 1):

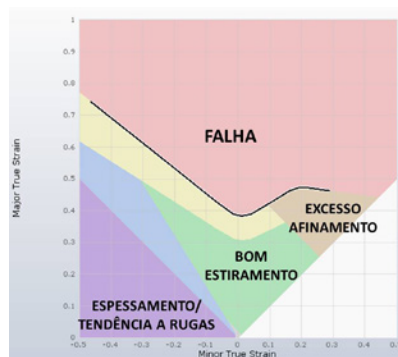


Figura 1: Diagrama de Limite de Conformação

A curva em preto representa as combinações das deformações dos corpos de prova que apontam sinais de ruptura. A região acima desta curva é interpretada como uma região de falha, e a região abaixo da curva podem ser divididas em diversas áreas que representam diferentes estados de estiramento da chapa não rompida.

As medições são feitas através de marcações de circunferências no corpo de prova (figura 2), que após sofrer a conformação se transformam em elipses que permitem a determina-

ção do estiramento em duas direções principais. Os dados coletados são determinados a partir dos diâmetros maior e menor destas elipses.

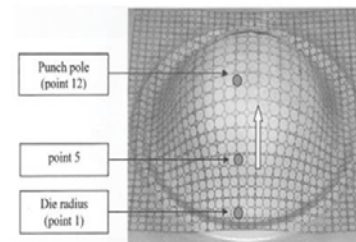


Figura 2: Corpo de Prova com Marcação

No exemplo abaixo (figura 3) há diferentes corpos de provas que produzem diferentes estados de deformação. Se o corpo de prova for conformado até que ocorra a verificação do início da ruptura um estado crítico de deformação pode ser determinado.

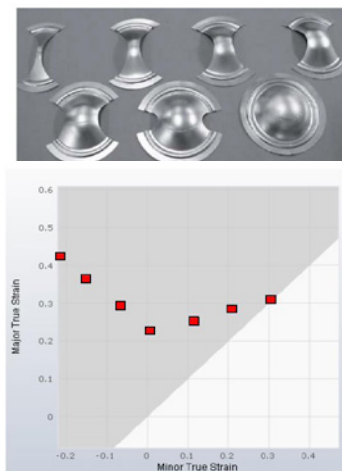


Figura 3: Exemplos de Corpos de Prova e Levantamento da curva

A conexão entre esses pontos de falhas resulta na curva que define o Diagrama Limite de Conformação. Então quando a simulação apresenta um ponto vermelho, deve interpretar-se que aquela região está sofrendo uma ruptura. A curva limite de deformação é um parâmetro que deve ser determinado individualmente para cada material. (figuras 4 e 5)

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

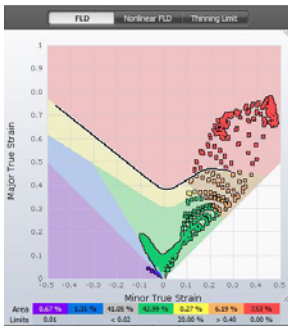


Figura 4: Diagrama FLD

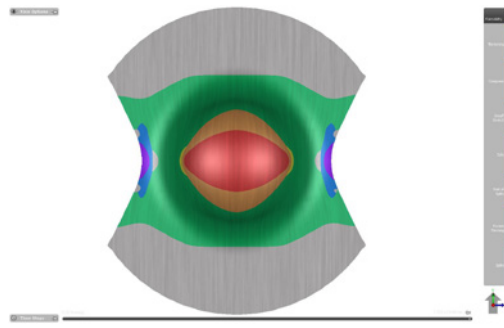


Figura 5: Resultado da Peça Simulada

Devido a variações das propriedades do material de diferentes lotes e aos limites de precisão da medição durante a determinação da curva, os softwares utilizados para as simulações de conformação de chapas assumem uma margem de segurança, geralmente de 20% (valor que pode ser modificado pelos usuários). Esta margem de segurança é representada pela cor amarela logo abaixo da curva.

Ainda dentro da região de ruptura, existe outra ferramenta que se pode utilizar, conhecida entre os usuários do software como “Max Failure”, em

português, critério de falha máxima. Este é um critério matemático cujo valor representa o quão próximo da ruptura se encontra um determinado ponto. Valores iguais ou acima de 1.0 representam a ocorrência de falha no ponto selecionado. (figura 6)

Para uma descrição completa do estado de estiramento devemos considerar também a deformação na direção da espessura da chapa, além das deformações no plano. Essa variação, determinada através de um cálculo matemático que leva em consideração a incompressibilidade do material, é conhecida como afinamento. Na região onde essa deformação acontece a chapa apresenta uma diminuição de espessura. O excesso de afinamento (cujo valor limite em geral é definido pela engenharia do produto) é indicado no diagrama FLD a partir dos estados de estiramento que produzem uma mesma espessura de chapa, descrita por uma linha reta inclinada em 45° à esquerda. Essa região é geralmente representada pela cor laranja. (figuras 7, 8 e 9)

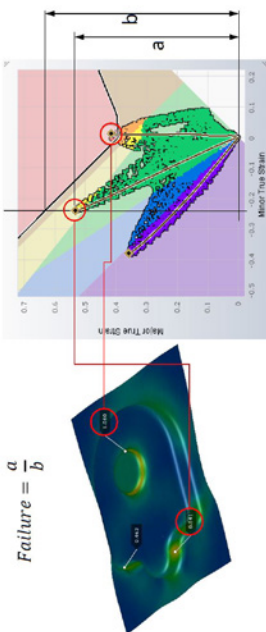


Figura 6: Max failure

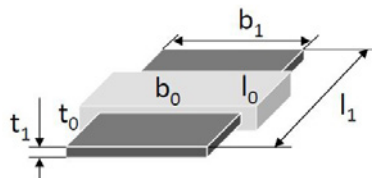
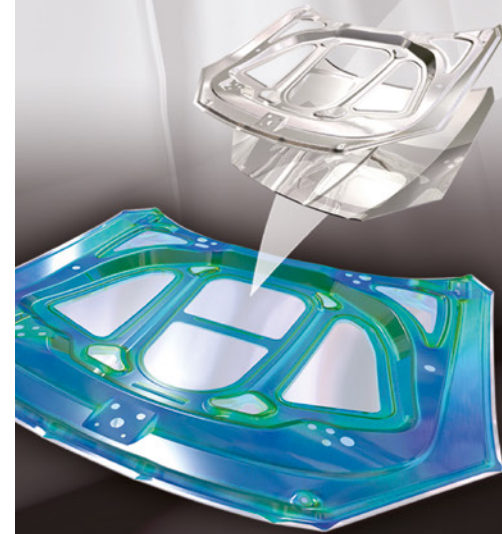


Figura 7: Deformação na direção da Espessura



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

www.autoform.com

AUTOFORM
Forming Reality

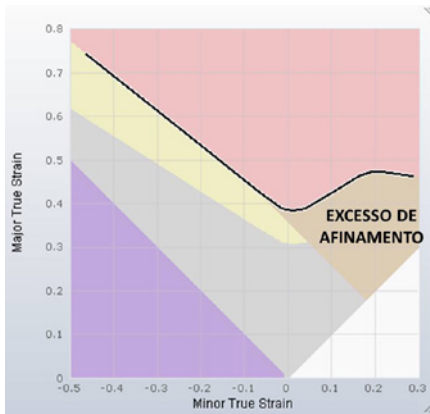


Figura 8: Região de afinamento excessivo mostrada em laranja

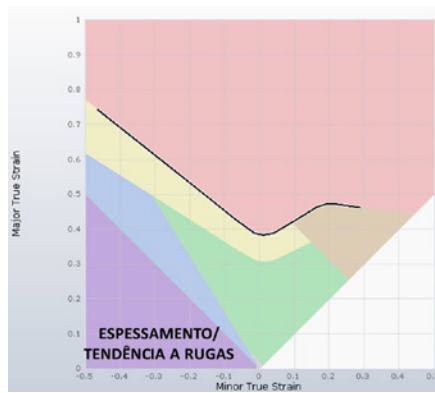


Figura 10: Wrinkles

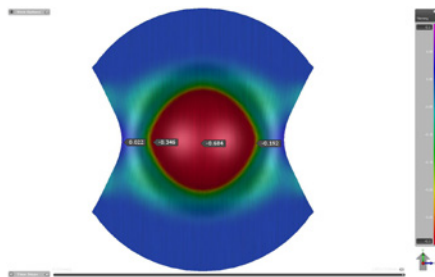


Figura 9: Afinamento

A região azul no diagrama FLD representa os estados de estiramento onde ocorreu uma mudança da deformação principal de tração para compressão. Esta área pode sofrer defeitos superficiais ou apresentar o surgimento de rugas.

Outro fator representado no diagrama FLD é o de espessamento. O surgimento de rugas pode acontecer devido a diversos motivos distintos que incluem a falta de estiramento da chapa e esforços de compressão muito grandes onde não ocorre aumento da espessura do material, o que acaba criando ondulações (rugos) na chapa. No diagrama FLD é representada pela cor roxa. (figura 10)

Ainda dentro da análise de ruptura, muitos usuários precisam avaliar eventuais trincas geradas pela confor-

mação da própria borda da chapa efetuada após corte, as trincas estas que são um resultado devido diretamente ao estado de deformação uniaxial que se desenvolve na borda da chapa após a conformação. Um corte irregular leva ao surgimento de rachaduras devido ao efeito de cisalhamento puro, que é a deformação crítica a ser considerada no estado de tensão uniaxial, um pouco mais cedo do que o indicado pelo diagrama FLD.

A ferramenta conhecida como “Edge Cracks” auxilia na análise destas rupturas por trincas de borda. Ela permite que sejam analisadas trincas influenciadas por três tipos de condições de corte: A laser, por cisalhamento com ferramenta afiada e frio com ferramenta já desgastada. Para determinar os fatores de correção para estas três condições deve-se levar em consideração como uma referência devido à tensão plana dentro do material próximo à borda o ponto mais baixo da curva FLC, o chamado FLD0, e multiplicar este valor pelos fatores abaixo: (figura 11)

Corte a Laser:	0,95 x FLD0
Corte com Ferramenta Afiada:	0,85 x FLD0
Corte com Ferramenta Desgastada:	0,75 x FLD0

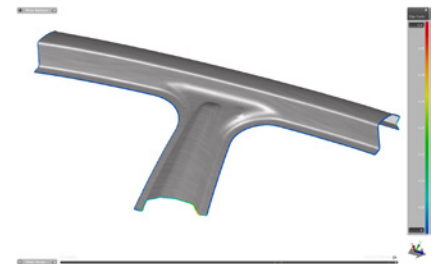


Figura 11: Edge Cracks

O software testado apresenta ainda outra ferramenta para análise de trincas, chamada de “Surface Cracks”. Ela auxilia na análise de ruptura por dobramento da chapa em raios muito pequenos, pois se a relação entre o raio de curvatura e a espessura da chapa se torna muito pequena de acordo com a tensão sobre a superfície da chapa a tendência de falha aumenta.

A relação entre o raio de curvatura e a espessura da chapa é conhecida como Relação de Flexão, dada pela seguinte equação: (figura 12)

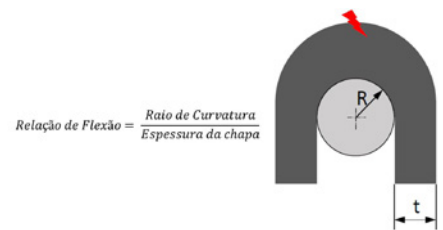


Figura 12: Relação de Flexão

Para avaliação da tendência deste tipo de trinca, no software testado o usuário deve definir a Relação de Flexão mínima permitida no arquivo de material. Após a entrada deste dado e com resultado de “Surface Cracks” ativado, a simulação indicará os pon-

tos críticos com relação a este critério. Pode-se ver na imagem abaixo com o auxílio do gráfico de cores que a região vermelha apresenta falha devido a “Surface Cracks” (figuras 13 e 14).

Nota-se no mercado que as empresas cada vez mais estão procurando soluções que auxiliem na prevenção de problemas antes de iniciar a produção, e com as simulações e análises

de pós-processamento torna-se mais fácil encontrar esses problemas e, através da avaliação de engenharia, resolvê-los antes mesmo de que eles apareçam na produção.

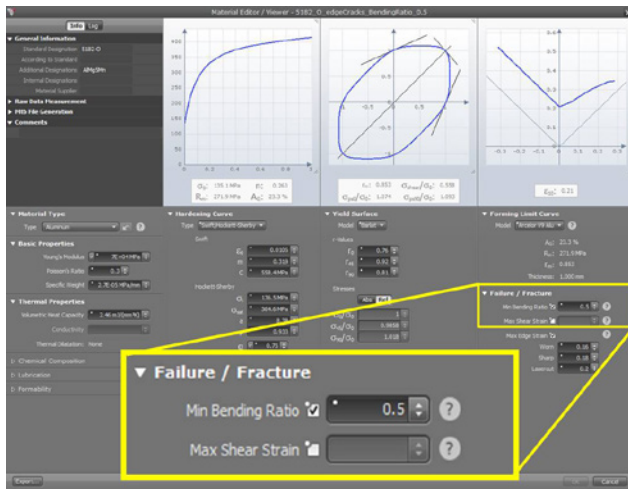


Figura 13: Taxa de Dobra Mínima

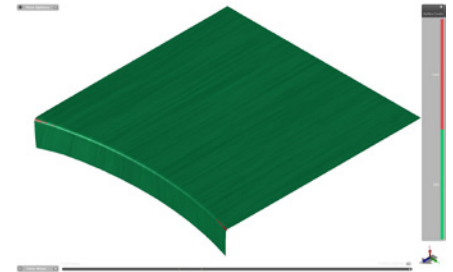
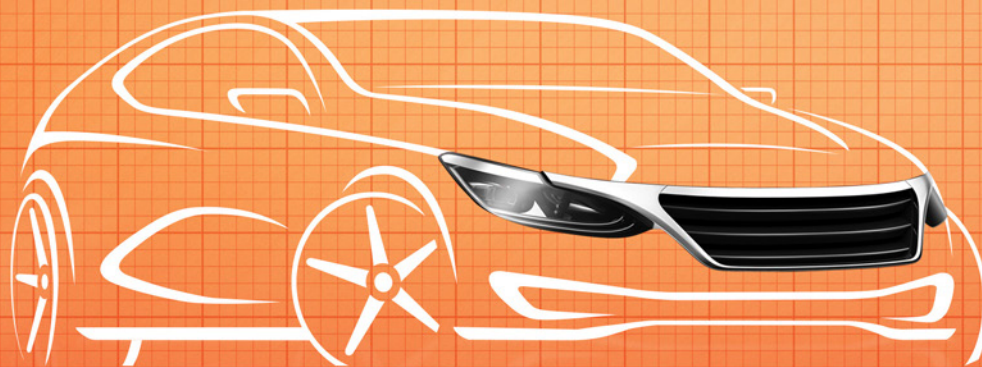


Figura 14: Surface Cracks



Adilson Calmona Dutra - Engenheiro Mecânica formado no Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), membro da equipe técnica da AutoForm, atuando no suporte Técnico e com projetos de implementação da tecnologia. adilson.calmona@autofom.com.br

HÁ 40 ANOS MOLDAMOS BOAS IDEIAS.



Alto padrão de qualidade, garantindo a satisfação de cada cliente, sustentado pelos nossos valores de ética, respeito, transparência e confiança. Hoje, somos referência no mercado em que atuamos. Há 40 anos, é assim que as grandes ideias ganham forma.



www.belgamatrizes.com.br