

O ESTUDO VIRTUAL DE PROCESSOS DE CONFORMAÇÃO, UMA REALIDADE

César Augusto Batalha, AutoForm, São Bernardo do Campo - SP

No desenvolvimento de carrocerias automotivas, um dos principais processos de fabricação empregados é a estampagem de chapas, sendo que os principais materiais aplicados nestes processos são aços de baixa, alta e ultra alta resistência, bem como o alumínio.

Esses materiais permitem que os fabricantes de automóveis desenvolvam carros mais leves que satisfaçam as crescentes exigências de economia e segurança. No entanto, em função de suas características, a aplicação desses materiais apresenta desafios adicionais à engenharia de manufatura.

A conformação de peças em aços de alta, ultra alta resistência e alumínio são mais afetadas pelo retorno elástico do que as peças feitas em aços convencionais. Além disso, a fim de se manterem competitivos, os engenheiros devem encontrar caminhos de reduzir os tempos de engenharia para desenvolvimento de peças e a produção de ferramentais. A engenharia moderna enfrenta esses desafios com a aplicação da simulação virtual dos processos de estampagem e das análises de viabilidade de produtos.

Hoje uma boa prática na definição de um produto estampado

tem seu início na análise de manufaturabilidade do produto em etapas bem iniciais do desenho do mesmo, o chamado projeto orientado para manufatura (DFM). Neste momento ferramentas de simulação já auxiliam na definição da geometria



mais adequada e na minimização de futuros problemas para a confecção do produto como concebido.

Orçamentos e planejamentos precisos também já podem ser realizados logo após o conceito definido, embasados em ferramentas desenvolvidas para tal. A era de estimativas sem base científica já foi ultrapassada. Vencidas tais etapas tem início a simulação do processo de estampagem propriamente dito.

A simulação dos processos de estampagem é usada para a

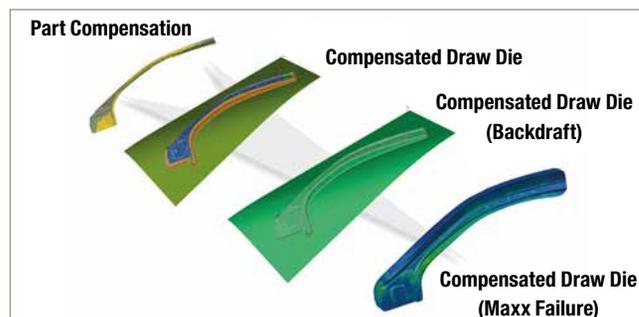
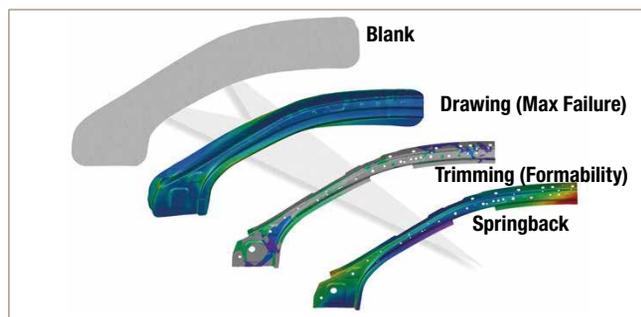


Fig. 1. Simulação dos processos de estampagem

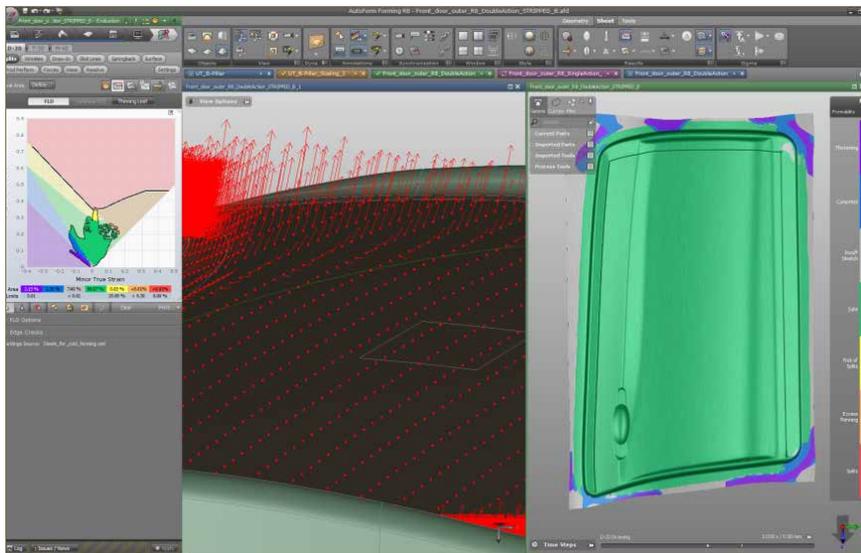


Fig. 2. Tela do AutoForm Forming

correção de problemas de conformação tais como rupturas e rugas e deformações geométricas. No passado, o principal foco destas análises eram as rupturas e rugas no estágio de repuxo. Entretanto, com a elevação dos requisitos de prazo e qualidade, um dos pontos mais importantes a se observar passou a ser a precisão geométrica. A verificação do retorno elástico e suas contramedidas, como a sua compensação, são realizadas regularmente na engenharia durante a definição dos processos de estampagem. A experiência adquirida mostra que a definição e estudo não é uma tarefa fácil, e que um conjunto de requisitos deve ser cumprido a fim de se realizar a compensação do retorno elástico de forma eficaz.

As melhores práticas de compensação de retorno elástico, acumuladas ao longo de décadas, têm sido razoavelmente eficazes no gerenciamento da conformidade dimensional de produtos com o emprego desde aços de baixa resistência e de baixa liga até os aços de alta resistência, mesmo com pouco ou nenhum suporte de ferramentas de engenharia virtual e simulações. Ao longo dos últimos doze anos, contudo, a crescente concorrência, a necessidade de prazos cada vez mais curtos

e busca pela eficiência energética levou a indústria a uma crescente necessidade de evolução, os novos tipos de aços avançados, de alta resistência assim como ligas de alumínio, derrubaram o histórico existente de melhores práticas e sabedoria coletiva que tinham como base a experiência. O papel da engenharia virtual na mitigação e gerenciamento da compensação de retorno elástico para esses materiais agora é claramente reconhecido, mesmo sabendo-se que as melhores práticas para a aplicação efetiva dessas ferramentas ainda não sejam ampla e claramente compreendidas.

Com esse sentimento, fornecemos um resumo daquilo que compreendemos como melhores práticas de engenharia, observando que as ferramentas de engenharia virtual e simulação evoluíram para um alto nível de confiabilidade e que nenhum detalhe físico pode passar despercebido no mundo virtual a ponto de não ser levado em consideração no modelamento do processo. Aqui se apresenta uma lista de práticas e conceitos recomendados que ajudam os profissionais a alcançar níveis mais altos de sucesso na mitigação e no gerenciamento da compensação do retorno elástico.

- Modele a ferramenta e simule o

processo em detalhes, e exatamente como se é pretendido construir: Superfícies de contato e aperto; folgas; formas; pilotos e localizadores; posicionamento de painéis e blanks; cinemática de ferramentas; tonelagem; prensa-chapas; aços de corte; etc.

- Inserir as propriedades do material com precisão, usando dados de testes; evitar dados genéricos e não representativos.
- Respeitar e aplicar configurações de malha e de controle de convergência adequadas para garantir a modelagem precisa das superfícies das ferramentas e das chapas.

• Aplicar o escalonamento nas ferramentas de forma; modificar as superfícies das matrizes de forma a localizar os painéis sem que ocorram deformações não desejadas em operações secundárias; validar a localização dos painéis na simulação e ajustá-las até que seja satisfatória.

• Desenvolver e finalizar o processo completo, validando o mesmo na simulação, para produzir um painel totalmente aceitável em todas as métricas de “conformabilidade” necessárias. O painel deve estar com características aceitáveis e seguras em relação ao gráfico de limite de conformação, deve atender aos critérios de falhas por rugas e rupturas e de superfície entre outros; deve exibir

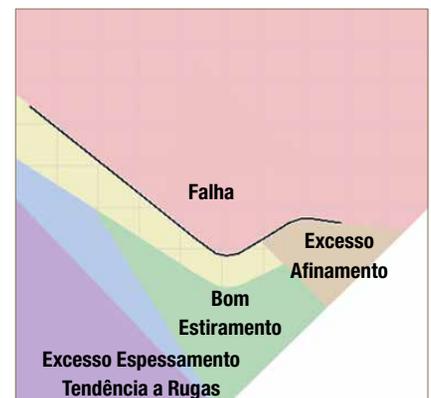


Fig. 3. Painel de validação

afinamento e espessamento aceitáveis; e oferecer o mais alto nível de estiramento possível, distribuído uniformemente no painel, se possível. (lembrando que superfícies sem estiramento estão sujeitas a maior retorno elástico)

- Finalizar o blank desenvolvido e / ou as linhas de corte.

Após a finalização, ajustar o processo conforme necessário para restabelecer um painel aceitável.

- Medir o retorno elástico na simulação após cada operação, com a devida diligência em relação ao posicionamento firme e repetível do painel evitando sua distorção. Entender a evolução do retorno elástico de uma operação para a próxima.

- Reconhecer, usando ferramentas virtuais, o modo de retorno elástico observado, verificando se os fenômenos podem ou não ser compensados ou devem ser resolvidos por meio de alterações de processo ou mesmo de modificações no produto, o que remete o processo de engenharia virtual de volta ao primeiro passo. Da mesma forma, magnitudes de retorno elástico maiores que 10 mm são difíceis de compensar, exigindo ajustes de processo/produto. Quanto mais cedo esses possíveis problemas forem identificados, menos dispendioso - no tempo e no custo - será o processo de solução dos mesmos por meio de contramedidas apropriadas.

- Validar, usando ferramentas virtuais, a robustez do ferramental e do processo desenvolvido considerando os parâmetros com variações incontroláveis na produção – propriedades do material, espessura do blank e sua posição, lubrificante, rugosidade, temperatura, etc. Garantir que a “conformabilidade” e, mais importante, os efeitos de retorno elástico sejam estritamente repetíveis apesar das possíveis variações de todos estes fatores durante a produção. Se não forem repetíveis, a “compensabilidade” do ferramental será severamente comprometida. O conceito das ferramentas e o processo precisarão ser melhorados levando a resultados robustos antes de se investir esforços em compensação.

- Por último, mas não menos importante, construir e ajustar o ferramental exatamente como ele foi projetado e validado na simulação. Isso não é tão simples como pode parecer, pois as ferramentarias em geral possuem procedimentos próprios que podem afetar bastante o estado do ferramental ao final do ajuste, levando a discrepâncias consideráveis entre o que foi simulado e o que está construído na prática. É comum que estes procedimentos precisem ser ajustados para evitar que isso aconteça.

Esta abordagem garante um processo confiável que permite uma compensação eficiente. Como resultado, tempo e custos são reduzidos substancialmente na confecção e no try-out do ferramental, e o risco de alterações onerosas posteriores é minimizado. A qualidade das ferramentas e das peças finais é também aprimorada.

Diversos relatos demonstram ganhos no tempo de definição de processos, engenharia e projeto quando os dados de entrada partem de uma simulação bem executada.

Entretanto,



o maior ganho quando comparado a processos convencionais onde simulações não são levadas em consideração é verificado na grande diminuição nos tempos de ajustes e try-out dos ferramentais, que partem de geometrias que quando não dentro das ideais, estão muito próximas.

É com base nestes ganhos que cada vez mais as simulações são utilizadas e em fases cada vez mais avançadas do processo de definição e confecção de produtos estampados e de ferramentais, gerando um grande aumento de qualidade do produto final, robustez na produção, melhores prazos e evitando riscos e desperdícios.

Acreditamos que com o exposto acima esteja preparado o terreno para iniciar discussões mais profundas sobre os detalhes da definição de processos virtuais para conformação de chapas metálicas, sua análise e possíveis aplicações. Sobre este tema de simulações muito pode ser dito, principalmente no que se refere a simulações não pontuais, análises Sigma aplicadas à melhoria sistemática do processo, a definição de processos robustos, o tryout virtual e onde o mesmo se encaixa na Indústria 4.0 e como nossa indústria pode se beneficiar com processos mais assertivos e menos dispendiosos quando a tecnologia é bem aplicada para a geração de mapas de tryout e de produção assertivos. Estes são temas importantes que merecem ser detalhados em artigos especificamente dedicados a eles a serem incluídos nas próximas edições. 🇧🇷

Gerente Geral da AutoForm do Brasil. Responsável pela operação, suporte técnico e comercial ao mercado brasileiro e argentino, possui mais de 20 anos de experiência na indústria automobilística atuando nas áreas de Ferramentaria, Armação de Carrocerias, Montagem Final, Pintura, Automação e Robótica, desenvolvendo e implementando novas tecnologias. Tel: +55 11 4121-1644, e-mail cesar.batalha@autoform.com.br.