

A ENGENHARIA DIGITAL FACILITA A OBTENÇÃO DE QUALIDADE DIMENSIONAL NA ESTAMPAGEM E REDUZ OS CUSTOS TOTAIS NA CADEIA DE PRODUÇÃO

POR CÉSAR AUGUSTO BATALHA

Medir, mitigar, controlar e compensar é uma estratégia sistêmica que resume as melhores práticas na engenharia de ferramentais e processos visando garantir que eles sejam verdadeiramente capazes de produzir produtos conformes e dentro de suas dimensões aceitáveis.

A simulação computacional tem comprovado ser uma ferramenta poderosa para ajudar a reduzir significativamente os custos de manufatura e a alcançar uma qualidade dimensional consistente durante todo o tempo de produção de um painel estampado ou conjunto montado. Essa capacidade é ainda maior quando critérios mais avançados são utilizados e incorporados na análise, para a criação de um processo robusto, capaz de absorver as variações das condições de contorno no mundo real.

As melhores práticas de compensação de retorno elástico, cultivadas ao longo de décadas, têm sido eficazes no gerenciamento da qualidade dimensional para o processo de conformação de aços média e alta resistência / baixa liga (HSLA). No entanto, nas últimas duas décadas, novas categorias de aços avançados de alta resistência (AHSS) e ligas de alumínio de alta resistência surgiram. Para lidar com esses materiais, processos cada vez mais inovadores passaram a ser aplicados, trazendo um novo ingrediente a esta receita, colocando em cheque essa vasta experiência coletiva. Embora as ferramentas de engenharia virtual tenham assu-

mido um papel central na mitigação e gerenciamento do comportamento do material e seu retorno elástico, as melhores práticas para a aplicação efetiva dessas ferramentas não são claramente compreendidas.

Este artigo analisa as melhores práticas de engenharia e simulação que são cruciais para executar com sucesso essa estratégia.

PREMISSAS PARA UM BOM MODELO DIGITAL:

A modelo digital – Simulação – deve ser realizado seguindo um criterioso conjunto de requisitos, visando reproduzir exatamente aquilo que será construído, gerando assim resultados mais confiáveis. Todos os aspectos do processo de estampagem, das características e condições do ferramental, do material e lubrificação devem ser considerados, por terem influência direta nos resultados.

Condição do ferramental: - Tipo de acionamento da almofada, ajuste do prensa chapas, folgas de parede, raios de entrada, limitadores, cinemática dos aços e seus alívios, incluindo os recalques. Tudo deve ser representado na simulação assim como eles serão realizados durante a produção, enfim, o modelo digital deve refletir de forma precisa as características construtivas e movimentos de todas as operações.

Processo: As características da linha de prensas, forças de prensa chapas, a localização de pinos de almofada e cilindros de nitrogênio, enfim, todas

as características de processo devem ser definidas exatamente como serão projetadas e construídas.

Material: Ensaios são indispensáveis para caracterizar os materiais para simulação e para futuros eventos de ajustes e produção. O comum ensaio de tração é útil para representar o comportamento material sob tensão, mas não mais suficiente. Para se prever o retorno elástico de forma mais confiável para os aços AHSS e alumínio de alta resistência, testes combinados de compressão e de tração são necessários, assim como parâmetros de anisotropia. Para esses materiais, a suposição, comumente aplicada na simulação, de que o material se comporta da mesma forma sob tensão e compressão, independente do sentido de laminação, levará a previsões incorretas e não confiáveis.

Outro teste valioso para previsão dos resultados é o ensaio de embutimento, que possibilita a avaliação do estado de deformação em diferentes condições de tensões, tornando capaz o estudo do comportamento combinado de compressão e de tração ao longo da conformação.

O teste combinado de compressão e tração não é corriqueiro, e esses dados não estão comumente disponíveis. No entanto, dada a sua importância para a previsão e o gerenciamento do retorno elástico, que é maior para os materiais avançados, espera-se que os fornecedores de materiais tomem nota, gerem e distribuam esses dados de forma mais

AutoForm

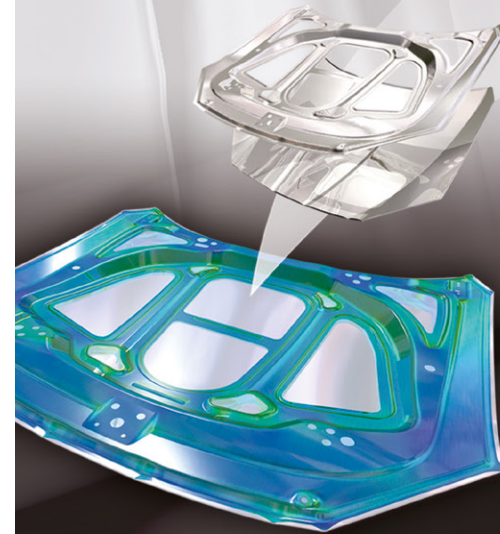
Soluções de Software para
Conformação de Chapas Metálicas

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*



ampla em um futuro próximo.

Atrito: O atrito durante o processo de conformação depende do tratamento superficial das ferramentas, revestimentos da ferramenta e chapa metálica, lubrificante usado, *gap* das ferramentas, da velocidade relativa entre as superfícies da chapa e da ferramenta, e do calor gerado durante a conformação. Ferramentas sofisticadas estão disponíveis para levar esses fatores em conta para representar as condições de atrito com mais precisão criando assim um modelo tribológico mais condizente com a realidade. Essa capacidade adiciona confiabilidade aos resultados da simulação (Figura 1a – Influência do modelo de atrito / Figura 1b – Modelo de atrito simulado).

Assentamentos: Geralmente a chapa metálica tem o maior nível de estiramento na primeira operação de repuxo. Um estiramento uniforme é importante para a função da peça e para controlar as distorções do painel. Quando este

produto é transportado do repuxo para as operações seguintes, a acomodação elástica do material provoca distorções dimensionais, fazendo com que o mesmo encolha. Dependendo da intensidade dessa variação, a peça pode passar a não se acomodar mais nas operações posteriores.

O resultado deste assentamento impreciso, pode a incorrer em deformações indesejáveis e não previstas que prejudicam a acurácia da simulação como um todo. Este processo de análise do comportamento do retorno elástico entre as operações necessita ser realizado com muito cuidado e atenção para ser representado no modelo digital aplicando tais distorções nas superfícies das operações subsequentes (Figura 2a - Seção de corte, região de interferência entre chapa e ferramenta / Figura 2b – Análise de assentamento distância entre a chapa e o adaptador inferior / Figura 2c – Deformações indesejadas).

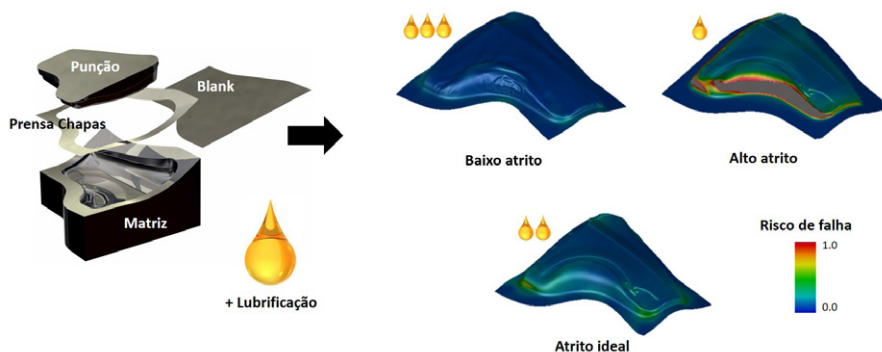


Figura 1a: Influência do modelo de atrito.

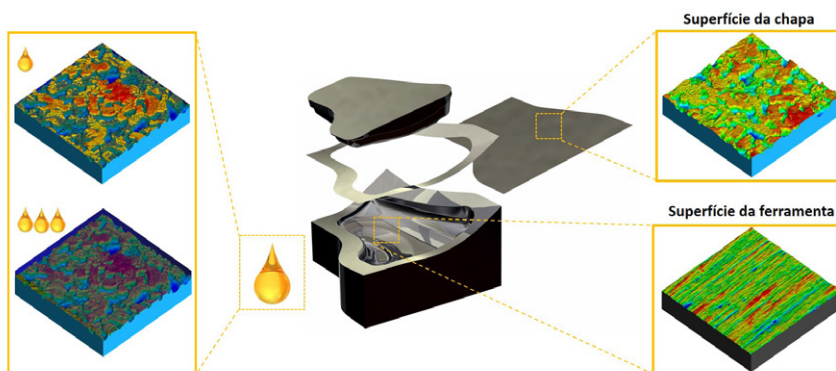


Figura 1b: Modelo de atrito simulado.

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

www.autoform.com

AUTOFORM
Forming Reality

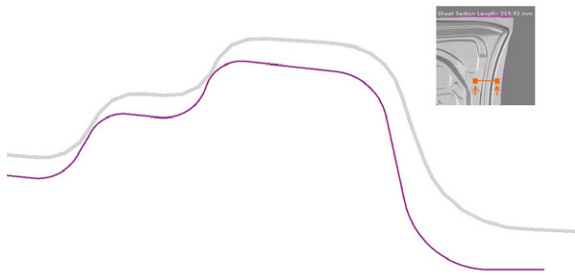


Figura 2a: Seção de corte, região de interferência entre chapa e ferramenta.

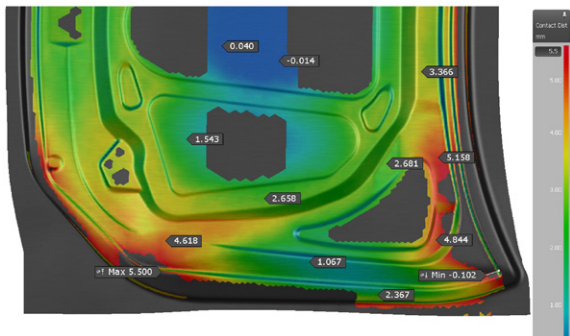


Figura 2b: Análise de assentamento distância entre a chapa e o adaptador inferior.

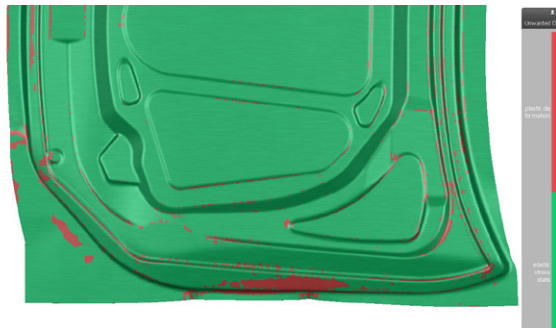


Figura 2c: Deformações indesejadas.

Usinar as superfícies de assentamentos nas operações de corte para o assentamento correto dos painéis é essencial para que a representatividade dos fenômenos de retorno elástico seja precisa e deformações não previstas sejam minimizadas.

Validação: A simulação completa do processo precisa ser finalizada, incorporando todos os detalhes anteriores. Os resultados da simulação da versão finalizada precisam ser aceitáveis sobre todas as métricas necessárias para a conformação robusta com foco na qualidade do produto.

A abordagem comum para se finalizar uma simulação é manual e iterativa. Começando com um resultado inicial de simulação, as condições do ferramental e do processo são modificadas manualmente com base na experiência, e um novo resultado de simulação é gerado. Esta abordagem muitas vezes pode ser demorada, e pode não produzir um resultado ideal pois muitas são as variáveis, sendo muito difícil

conseguirmos levá-las em consideração simultaneamente e de forma a criar os melhores cenários possíveis. A tecnologia que permite uma abordagem mais sistemática, eficiente e que explora todos os cenários plausíveis, antes de identificar o cenário ideal, já está disponível hoje e pode gerar grandes ganhos tanto na definição de um processo mais eficaz, quanto no tempo para tal (Figura 3 – Melhoria sistemática do processo).

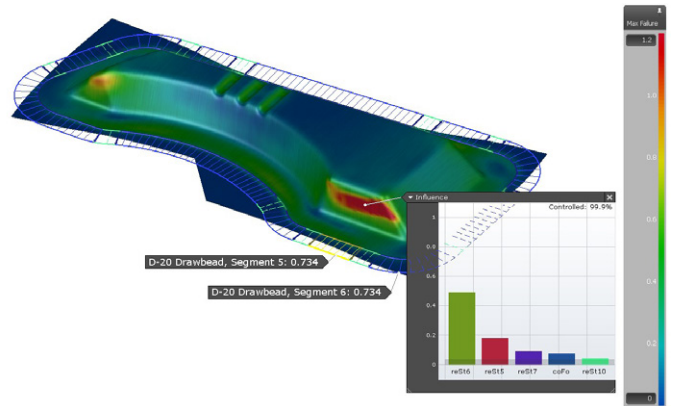


Figura 3: Melhoria sistemática do processo, parâmetros de influência utilizando análise SIGMA.

Desenvolvimento do *blank*, otimização da linha de corte: Este é um item importante e deve ser verificado antes mesmo de se revisar os resultados do retorno elástico, pois mudanças em qualquer uma dessas linhas também resultarão em mudanças no mesmo (Figura 4a e 4b Estimativa de *blank* mínimo e *blank* mínimo retangular / Figura 4c Análise de desvio da linha de corte).

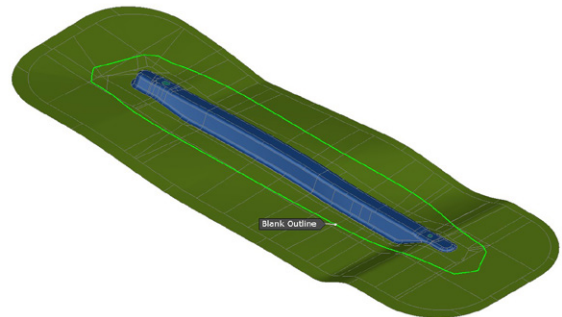


Figura 4a: Estimativa de *blank* mínimo

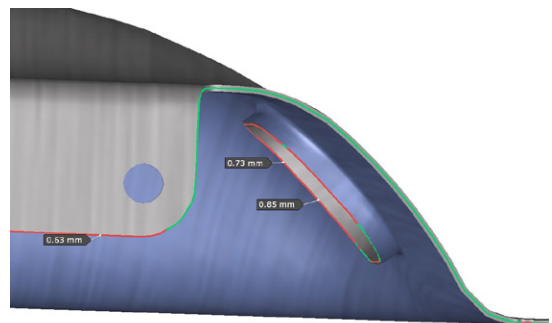


Figura 4c: Análise de desvio da linha de corte

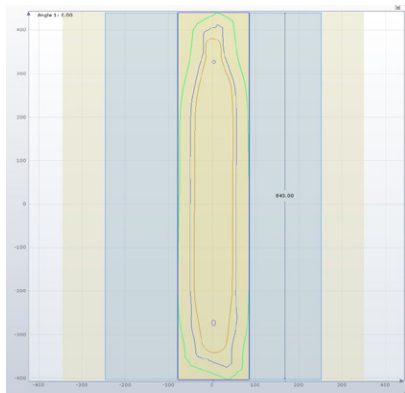


Figura 4b: Blank mínimo retangular (dir).

A medição do retorno elástico na simulação: Todo esse cuidado que foi detalhado anteriormente se destina a gerar resultados precisos e confiáveis de retorno elástico na simulação. Quando o mesmo está sendo medido, o painel precisa ser fixado de tal maneira que o próprio processo de fixação não introduza distorção adicional no painel. Assim, todo o processo precisa ser observado para que, durante a progressão de uma operação para a próxima, as variações sejam identificadas.

As tecnologias de simulação oferecem uma variedade

de ferramentas de diagnóstico para investigar estes tipos e características de fenômenos e variações. Medir corretamente o retorno elástico, sua amplitude e identificar o seu tipo e origem é vital para definir as contramedidas corretas a serem aplicadas (Modificar o processo? Modificar o produto? Compensar as superfícies?) (Figura 5a- Resultado retorno elástico sobre pontos e pilotos do dispositivo de controle / Figura 5b - Vetores para compensação / Figura 5c - Superfície compensada).

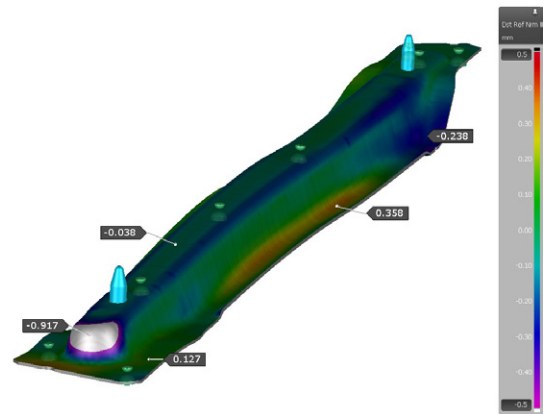


Figura 5a: Resultado retorno elástico sobre pontos e pilotos do dispositivo de controle.











Alta tecnologia em projeto e produção de moldes de até 10 toneladas para injeção de alumínio.

www.gama.ind.br



Video Institucional



GAMA INDÚSTRIA DE MATRIZES | CAXIAS DO SUL - RS | 54 3535.5770 | www.gama.ind.br | gama@gama.ind.br

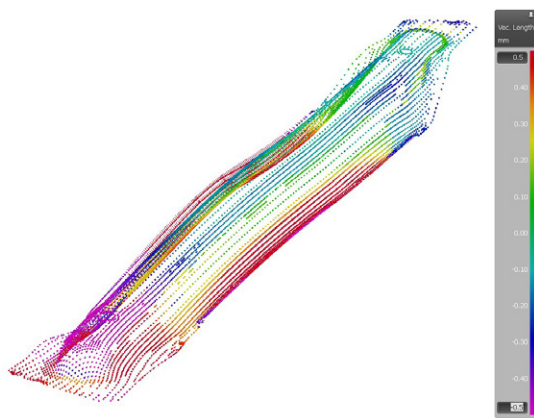


Figura 5b: Vetores para compensação.

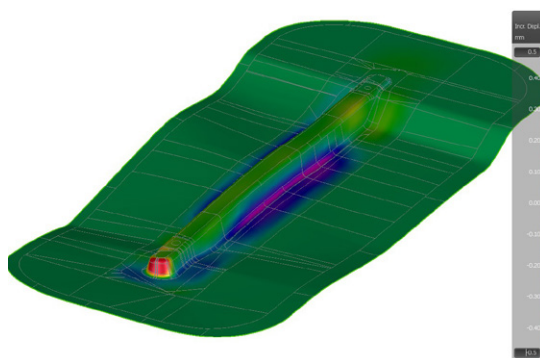


Figura 5c: Superfície compensada.

MITIGANDO O PROBLEMA:

A mitigação envolve a identificação e minimização da distorção do painel resultante do retorno elástico e ou outras deformações indesejáveis - curvatura das paredes laterais, falta de estiramento, produção do efeito lata de óleo - reduzindo as amplitudes necessárias para a compensação e posteriormente aplicando as contramedidas apropriadas - produto ou processo -. A tecnologia de simulação fornece ferramentas de diagnóstico que são úteis para essa identificação.

Da mesma forma, grandes desvios não podem ser simplesmente compensados; o retorno elástico precisa ser reduzido a níveis gerenciáveis antes de se tentar a compensação.

A cunhagem - compressão dos raios - e o *ironing* costumam ser usados para atenuar os desvios do retorno elástico, quando apropriado. Essas contramedidas, em combinação com diversas outras, reduzem consideravelmente o retorno elástico e tendem a estabilizar o produto deixando-o em um ponto de partida muito melhor a compensação (Figura 6 – Compressão dos raios).

Com base em tudo o mencionado acima e após a minimização dos desvios e estabilização dos mesmos, as compensações são executadas tomando como base valores fixos / determinísticos dos parâmetros do material, e outras condições de conformação. Entretanto, no mundo físico, estes parâ-

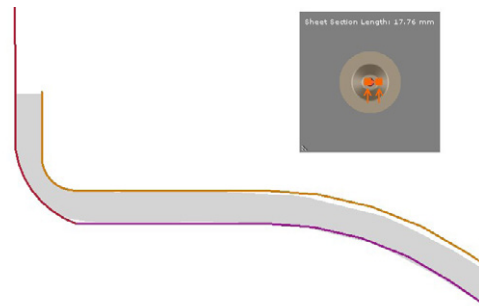


Figura 6: Compressão de raio (Coining).

metros e a espessura do material variam dentro dos limites aceitáveis de especificação. Além disso, atrito, variação da posição do *blank*, temperatura e inúmeras outras condições são literalmente “ruídos” incontrolláveis. À medida que esses parâmetros mudam de golpe para golpe e de bobina para bobina, pode-se esperar que os resultados do produto, incluindo os desvios, mudem. Se essa variação for grande, abrangendo vários milímetros em termos de amplitude de retorno elástico ou de até mesmo outros pontos de qualidade tais como qualidade superficial, não é de esperar que a compensação seja bem-sucedida.

Portanto, é fundamental avaliar a robustez ou repetibilidade do processo considerando a presença destes “ruídos”.

Essa comparação é baseada na estatística de controle de processo comumente aplicada Cp & Cpk. É claro que as medidas de melhoria e mitigação executadas ao longo do desenvolvimento do processo contribuem fortemente para a repetibilidade dos resultados do processo.

Hoje, a tecnologia de simulação é capaz de realizar essas avaliações, bem como possibilitar diagnósticos e estudos de hipóteses para melhorar os resultados de repetibilidade através de análises SIGMA (Figura 7a - CPK e figura 7b CP).

Após a obtenção deste processo e da observação de todos os itens acima, estamos prontos para o processo de compensação, lembrando de observarmos o comportamento de todas as operações e a propagação de possíveis problemas.

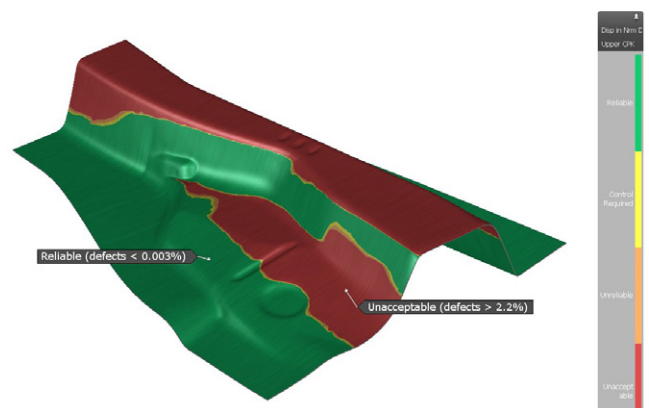


Figura 7a: CPK

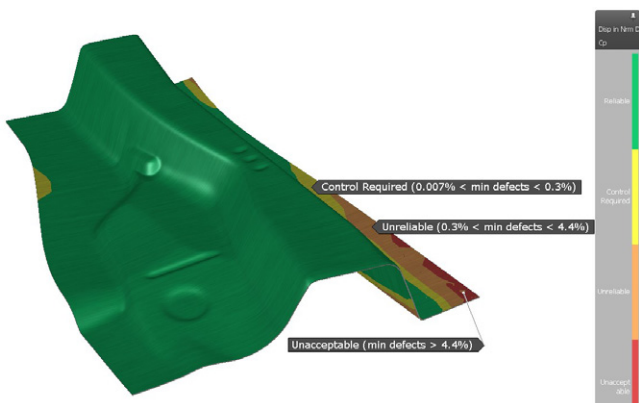


Figura 7b: CP.

Depois das iterações necessárias, uma análise deve ser realizada para verificar se repetibilidade do processo não foi alterada, visto que as condições de estiramento podem ter sido modificadas. Assim como é necessário verificar se todas as superfícies pós compensação estão dentro das tolerâncias desejadas e caso necessário atuar em possíveis pontos de correção.

Uma vez atingido os padrões desejados o gêmeo digital está pronto para ser construído conforme simulado, levando em consideração toda a cadeia de produção, com base nele o projeto e as superfícies podem ser finalizadas e encaminhadas para a construção.

Para que esse processo de engenharia extenso e criterioso traga benefícios no mundo físico - ciclos de teste reduzidos, melhor qualidade do painel, custo geral reduzido - é imperativo que as ferramentas sejam construídas exatamente como validadas e que o processo seja executado exatamente como projetado.

Espero que tenham gostado da reflexão que nos prepara para um novo passo e direção ao *Press Shop 4.0* ou se preferirem *“Smart Press Shop”*.



César Augusto Batalha - Atualmente atua como Gerente Geral da AutoForm do Brasil, sendo o responsável pela operação, suporte técnico e vendas em todo o território nacional e pelo suporte ao mercado argentino, tem mais de 25 anos de experiência na indústria automotiva com background nas áreas de tecnologias voltadas a carrocerias e montagem, engenharia, produção, gestão e implementação de projetos. cesar.batalha@autoform.com.br

A melhor solução para proteção contra corrosão e abrasão

Camada uniforme dispensando retrabalho posterior
 Dureza até 68 hrc
 Camada de 1 até 150 micras
 Auto Lubrificante



Super Finishing

Níquel Duro - Químico
 Níquel - Lub
 Anodização Dura
 Níflon

