

DÉCOUPAGE-EMBOUTISSAGE

AutoForm-Sigma L'analyse de robustesse du process d'emboutissage

L'approche numérique est largement utilisée par l'industrie de l'outillage-emboutissage, et une nouvelle étape est désormais franchie grâce à l'analyse de robustesse de process. Face à la variabilité de certains paramètres sous presse, une simulation classique d'emboutissage atteint sa limite puisque les résultats d'un calcul ne correspondent qu'à un seul jeu de paramètres définis dans la mise en données. Une solution numérique d'analyse de robustesse de process telle qu'AutoForm-Sigma apporte alors une aide précieuse aux outilleurs. Au cours de la mise au point et de la mise en production d'un outillage de presse conçu par Loire Etude, des casses imprévues et répétitives ont été constatées sur les pièces embouties. Une analyse numérique de robustesse effectuée avec AutoForm-Sigma a révélé rapidement et simplement que ces défauts étaient dus à la variabilité du matériau. Cette approche a donc permis à Loire Etude de confirmer de manière incontestable la qualité de son outillage, et lui a ouvert de nouvelles perspectives de compétitivité.

La simulation d'emboutissage

L'approche numérique a fait son apparition il y a déjà près de 20 ans dans le monde de l'outillage-emboutissage. Depuis, OEMs, outilleurs, frappeurs, BE, utilisent au quo-



Suite à la livraison de cet outillage d'emboutissage validé grâce à la simulation numérique (logiciel AutoForm-Incremental), Loire Etude et son client ont cependant constaté au cours de la mise au point qu'une quantité importante de pièces présentait des ruptures sous presse.

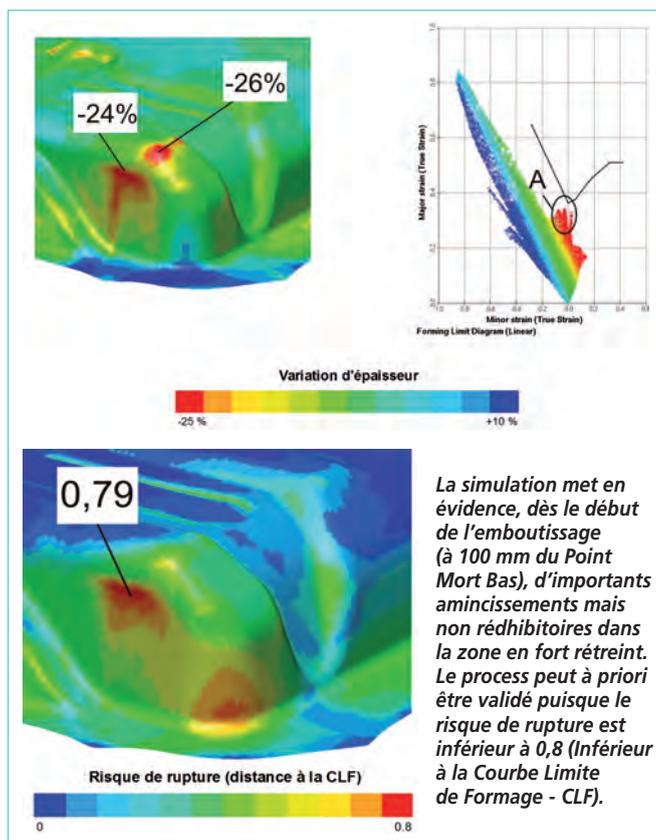
tidien la simulation numérique de formage de tôle pour mettre au point "virtuellement" leurs process. L'éditeur AutoForm est depuis plusieurs années reconnu pour ses solutions logicielles destinées à la conception d'outillages de presse et au formage de tôle, tout au long de la chaîne process



emboutissage. Il équipe 40 constructeurs automobile, dont la plupart des fournisseurs ont choisi AutoForm comme logiciel standard. Toutefois, lors de la mise au point comme de la production, il existe toujours un certain degré de variabilité des paramètres : les efforts de presse ne sont pas constants, la position du flan varie, l'épaisseur et les caractéristiques du matériau peuvent se modifier en fonction des bobines, le niveau de lubrification évolue, etc. Lorsqu'il s'agit de prendre en compte les variabilités du process réel, une simulation classique d'emboutissage atteint alors sa limite, puisque les résultats d'un calcul ne correspondent qu'à un seul jeu de paramètres définis dans la mise en donnée. C'est la raison pour laquelle AutoForm propose le logiciel AutoForm-Sigma, une solution numérique d'analyse de robustesse de process qui apporte notamment une aide précieuse aux outilleurs.

Entre simulation et réalité constatée

Loire Etude, concepteur et fabricant d'outillages de presse d'emboutissage depuis plus de 40 ans et spécialiste incontournable des pièces de structure de grandes dimensions pour l'industrie automobile, utilise les solutions de simulation numérique AutoForm pour valider la conception de ses outillages. Or, lors de la mise au point et de la mise en production d'un outillage de presse fourni à l'un de ses clients, Loire Etude a constaté des casses imprévues et répétitives sur les pièces embouties. Les phases de mise au point et de mise en production sont toujours des périodes délicates, et la simulation d'emboutissage réduit bien évidemment grandement les risques en permettant d'anticiper les problèmes sous presse (plis, casses, amincissements excessifs, retour élastique, etc...). Néanmoins, quelle que soit la compétence de l'outilleur et la qualité du logiciel, les conditions réelles l'emportent toujours sur les conditions idéales de la simulation. Une



approche numérique complémentaire pour assurer la robustesse du process s'avère donc être un outil de première importance. Ce problème persistant a amené Loire Etude et son client à lancer un plan d'action basé sur l'approche numérique. Une nouvelle simulation a été lancée en mettant en données les paramètres process "réels" mesurés sur la presse et en se basant sur le CCPU (Certificat de Contrôle du Produit en Usine) de la matière utilisée ainsi que sur le cahier des charges matière communiqué au sidérurgiste. La comparaison des résultats de cette simulation "au plus proche de la réalité" avec les résultats physiques a démontré à nouveau une différence. En effet, la simulation prédisait des amincissements importants, mais pas de ruptures avérées.

L'analyse numérique en phase avec la réalité

Face à ces résultats, il a été décidé de faire appel à une analyse de robustesse avec le logiciel AutoForm-Sigma, l'objectif étant d'étudier à l'aide d'un outil numérique spécifique l'impact de la variation des paramètres matériaux et process sur l'emboutissabilité : amincissements, ruptures, plis, stabilité dimensionnelle, ...

La méthode a consisté à réaliser les 4 étapes suivantes :

1/ Il a été défini manuellement des paramètres variables et décidé de leur degré de variation (suivant une loi normale). Pour la partie process la position du flan a été établie à ± 1 mm, le coefficient de frottement à $\pm 10\%$ et les efforts de serre flan et de retenue des joncs à $\pm 20\%$. Pour les paramètres liés au matériau, la limite élastique $R_{p0,2}$ de 260 à

320 MPa, la résistance à la rupture R_m de 380 à 440 MPa, les coefficients d'anisotropie* $r_{0, 45}$ et 90 à $\pm 20\%$ et l'épaisseur comprise entre 1,9 et 2,1 mm.

2/ La définition automatique d'un plan d'expérience prenant en compte les 8 variables indépendantes précédentes au travers de 120 simulations.

3/ La réalisation automatique des simulations correspondant au plan d'expérience.

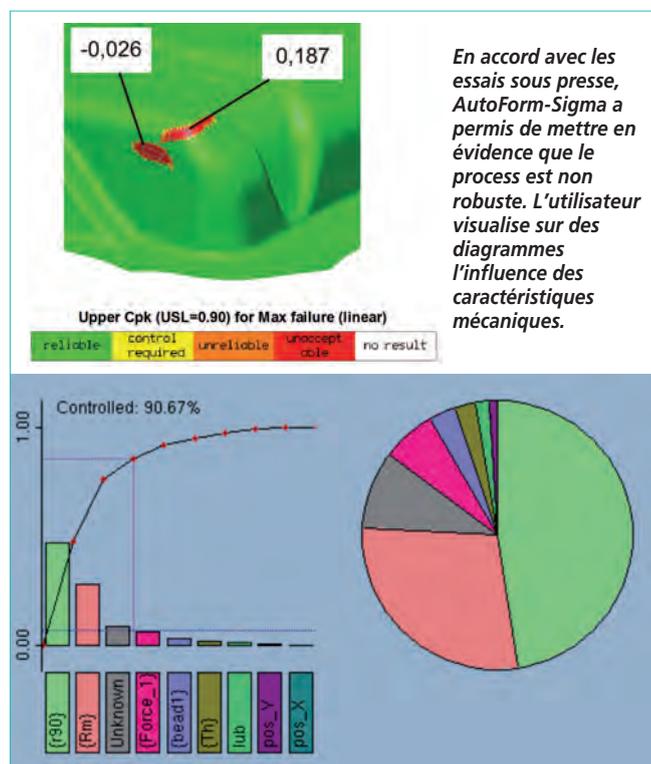
4/ L'analyse de la capabilité du process et la recherche des paramètres influents.

Il en a résulté que la capabilité du process s'est avérée mauvaise. En effet le Cpk^{**} , en limite haute du risque de rupture, atteignant -0,026, il en a découlé un taux de défaillance de plus de 500 ppm (pièces par million) et, dans une zone contigüe 0,187, soit plus de 250 ppm.

Le process a donc été considéré comme non robuste, l'analyse numérique confirmant bien les résultats en accord avec les essais sous presse.

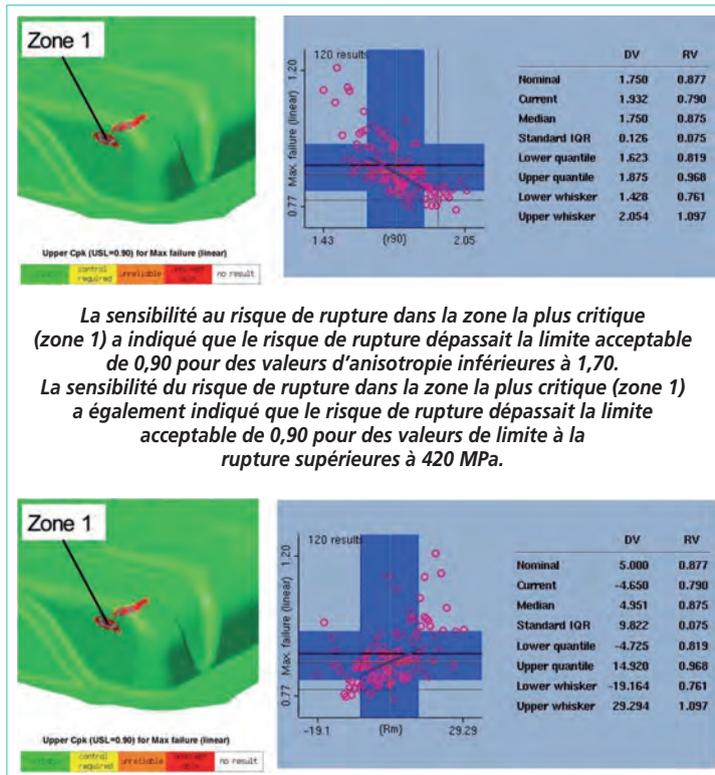
Mise en évidence du problème

L'analyse d'influence a, quant à elle, permis de mettre en évidence que seules certaines caractéristiques mécaniques de la tôle influent sur les risques de ruptures de ce process. Ainsi, le paramètre prépondérant est l'anisotropie (coefficients d'anisotropie : r_{0° , r_{45° , r_{90°). Un paramètre secondaire s'est également avéré influent avec l'écroûissage (coefficient d'écroûissage R_m). L'analyse de robustesse a donc permis de confirmer que le process d'emboutissage défini initialement n'était pas robuste vis à vis des variations inhérentes au matériau utilisé. L'anisotropie et, dans une



moindre mesure, le coefficient d'écroissage, ont été des paramètres prépondérants influençant la stabilité du process.

Ceci explique donc pourquoi les résultats des essais sous presse ont été différents des résultats de la simulation initiale, puisque les coefficients d'anisotropie utilisés pour la simulation (fournis par le cahier des charges) ne correspondant pas à ceux du matériau réel.



Gain de temps et assurance qualité

Grâce à AutoForm-Sigma, Loire Etude a donc pu confirmer à son client sans contestation possible la qualité de son outillage. De plus, il a pu étayer cette confirmation par la mise en évidence de l'origine des problèmes rencontrés en mise en production, uniquement dus au matériau.

Loire Etude considère qu'une analyse systématique de robustesse avec AutoForm-Sigma a un avenir prometteur pour la sous-traitance outillage-emboutissage et apporte une véritable valeur ajoutée à l'outilier. En effet, l'analyse de robustesse garantit la qualité des outils fabriqués, par la détermination de la capacité du process correspondant (Cpk). Elle facilite également la mise au point et la mise en production grâce à la connaissance des paramètres influents. De plus, AutoForm-Sigma est un logiciel simple et rapide, tant pour la mise en œuvre que pour l'analyse d'une étude de robustesse, critères essentiels pour une utilisation par un homme métier, non expert en calcul numérique.

Une analyse systématique de robustesse avec AutoForm-Sigma assure ainsi au client des procédés de fabrication plus stables pendant tout le cycle de production grâce à l'identification des fenêtres de process correspondantes. Cette analyse numérique permet d'assurer la réduction des délais d'immobilisation, des temps d'ajustement d'outils et de la quantité de défauts de pièces, grâce à des process de fabrication plus robustes ■

*L'anisotropie (contraire d'isotropie) est la propriété d'être dépendant de la direction. Quelque chose d'anisotrope pourra présenter différentes caractéristiques selon son orientation.

**Le terme CP représente l'aptitude d'un processus à produire de manière précise et répétable. Pour tenir compte du décentrage par rapport aux tolérances on introduit le facteur K, ainsi le CPK représente aussi le centrage de la production par rapport aux limites de la tolérance.