Technologie ISF : un procédé rapide et flexible pour le formage de tôle

03 mars 2017, 01:00

Bart Verlinden

Les éléments de chaudronnerie de forme libre sont fréquents dans l'industrie manufacturière, mais la production de ce type de pièce est souvent coûteuse et difficile, à plus forte raison lorsqu'il s'agit de fabriquer des petites séries et des prototypes. Depuis quelques années, Sirris a acquis l'expérience avec le procédé ISF (incremental sheet metal forming - formage incrémental des tôles métalliques). Malgré que cette technologie ne date pas de hier, elle reste peu connue ou peu utilisée dans l'industrie. Pourtant, le formage incrémental présente un grand potentiel pour rentabiliser la production 3D d'éléments de chaudronnerie.

La production en petites séries d'éléments de chaudronnerie de forme libre (aléatoire) est requise dans divers domaines d'application. Les procédés de production classiques, tels que l'emboutissage par exemple, conviennent pour la fabrication de grandes séries, mais ne sont envisageables pour la fabrication en petites séries, compte tenu du coût élevé des investissements en matériel. Les techniques artisanales de chaudronnerie ne sont pas non plus une solution, dans un contexte industriel, parce que le temps de production serait trop long, et le coût de la main-d'oeuvre trop élevé. Il n'en reste pas moins que la production en petites séries d'éléments de chaudronnerie de forme libre est nécessaire dans beaucoup d'applications. A défaut de savoir quelle est la technologie de production rentable et quelles sont les possibilités inhérentes à cette technologie, beaucoup d'ateliers de chaudronnerie mettent en oeuvre des méthodes de production suboptimales.

Le procédé du formage incrémental des matériaux en feuilles (ISF) apporte une réponse à la problématique évoquée ci-dessus : la technologie est utilisable en complément des techniques existantes, utilisées dans les entreprises de chaudronnerie pour produire des éléments spécifiques de forme libre, et qui seraient difficilement réalisables, ou non rentables, par les procédés traditionnels. En combinant le formage incrémental avec les différents procédés de chaudronnerie, chacun ayant ses avantages spécifiques, il est possible de continuer à réduire les coûts de production, et d'élargir l'éventail des options, ce qui pourra se traduire par une plus grande liberté de conception, ouvrant la voie au développement de nouveaux produits et applications.

Technologie

Le procédé ISF permet de donner une forme géométrique à une tôle. Le procédé de formage et l'impression 3D partagent deux points en commun : le produit est fabriqué couche après couche (incrémental) et à partir d'un fichier CAO. La différence est la suivante : l'imprimante applique le matériau couche après couche, tandis que le procédé ISF modifie la forme de la tôle selon le même principe, couche après couche, sous l'action d'un outil hémisphérique. La méthode consiste à 'pousser' une forme spécifique dans le matériau, avec appui ou non de la tôle sur un support, le

contour de la forme souhaitée étant réalisé couche après couche. Le matériau de départ est le plus souvent une tôle plate, mais il est également possible d'ajouter des détails géométriques à des éléments (pré)formés.

Trois variantes

Selon la manière dont la tôle est fixée (sur support ou non), on distingue trois variantes :

Dans la variante **TPIF** (two point incremental forming), la tôle est appuyée sur une matrice (ou une partie de matrice). Pendant le procédé de formage, le dispositif de serrage descend en même temps que l'outil. Dans cette variante, le rebond du matériau n'est pas compensé, ce qui limite la précision géométrique ; d'autre part l'utilisation d'une matrice (ou partie d'une matrice) est un facteur de coût important qui contredit en quelque sorte la rentabilité économique du procédé ISF.

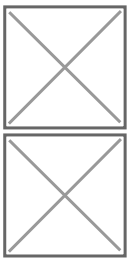
La variante plus connue et usuelle est le formage **SPIF** (single point incremental forming) ; dans cette variante aucune matrice n'est requise et la tôle est fixée au moyen d'un dispositif de coinçage. Le plus souvent en combinaison avec une contreplaque (backing plate) qui soutient le flanc (pourtour) non concerné par le formage. La production de cette plaque d'appui est à la fois peu coûteuse et rapide (par découpe au laser, par exemple), ce qui contribue à la rentabilité de cette technique.

KISF (kinematic incremental sheetmetal forming) est une variante qui utilise deux broches, la première est l'outil de formage, la seconde va s'appuyer au revers de la tôle, pour servir de support à l'endroit souhaité (il s'agit en quelque sorte d'un moule cinématique). Dans cette variante, le coût d'investissement est plus élevé, toutefois elle ne requiert aucune matrice (ou partie de matrice) ni aucune plaque d'appui, et le degré élevé de flexibilité inhérent à cette technologie permet de réaliser un élément de chaudronnerie dans le plus bref délai.


(Cliquez pour agrandir)

Platformes

Le formage incrémental est appliqué sur différentes plateformes : machine CN à trois axes ou plus (machine à fraiser, par exemple), une machine CN dédiée, ou un robot industriel. Chacune de ces plateformes a ses propres avantages et inconvénients.



Par exemple, la grande rigidité inhérente à la machine CN à trois axes, machine dédiée, présente des avantages importants en ce qui concerne la précision, mais avec l'inconvénient d'un coût élevé pour le rayon d'action disponible. De plus, il faut mentionner un autre inconvénient : les fraiseuses sont typiquement conçues pour résister aux forces radiales de l'outil, alors que le procédé SPIF génère également des forces considérables dans le sens axial. Une machine dédiée (par exemple

Amino) permet de remédier à cet inconvénient.

Une solution alternative moins coûteuse est la mise en oeuvre de robots industriels, qui présentent un avantage supplémentaire : le grand rayon d'action. La rigidité des robots est nettement moindre ; toutefois, ce facteur peut être compensé via la programmation. Enfin, quelques groupes de recherche, parmi lesquels le constructeur automobile Ford, ont développé voici quelques années une quatrième possibilité : les hexapodes (voir l'article Techniline). Ces constructions à six pattes sont capables de faire face à des forces élevées et sont très rigides en raison même de leur cinématique parallèle. Toutefois, leur rayon d'action, en comparaison avec les robots, est nettement moindre.



Avantages du procédé ISF

Le procédé ISF est une méthode de production flexible qui permet de réaliser rapidement un travail sur mesure :

- En comparaison avec les procédés classiques de formage, le temps de réalisation est très court (et donc le 'time-to-market'), parce qu'il est possible de réaliser rapidement la programmation de la machine CN, sur base d'un modèle 3D-CAO et parce qu'il n'est souvent pas nécessaire d'utiliser un outil spécifique au produit.
- La technologie est rentable parce qu'elle ne requiert aucun outillage coûteux et parce qu'elle supprime dans une large mesure la nécessité de mettre en oeuvre des matrices (coûteuses et complexes).
- Le procédé de formage offre l'avantage d'une grande flexibilité, en autorisant une grande variété de géométries (grande liberté de forme), de plus les modifications de concept ne posent en général aucun problème.
- La plage des dimensions est très vaste, les limites à cet égard sont déterminées par le matériel disponible.
- Le procédé est rentable pour les petites et moyennes séries, et même pour la fabrication de pièces uniques.
- Cette technologie ouvre la possibilité d'améliorer les performances des produits existants. Les entreprises sont ainsi en mesure de développer des applications et produits personnalisés, ayant une plus grande valeur ajoutée, et/ou de développer des produits novateurs en vue de gagner des parts du marché.
- En raison du coût d'investissement limité (un robot, par exemple), cette technologie est à la portée des PME.
- S'agissant du poste de coût 'matériau', le procédé de formage ISF est une technologie très efficace.

Limitations du procédé ISF

Toutefois, cela ne signifie pas que le procédé ISF permette de tout faire, même si les années de recherche ont permis entretemps de repousser en tout ou en partie les limites inhérentes au procédé. Certes, il reste encore de quoi faire à cet égard, mais la phase de valorisation industrielle est à portée de main.

Les progrès significatifs ont été enregistrés dans les domaines suivants :

Limitations dans les caractéristiques du produit

- Angle de paroi maximal (voir les 'règles du jeu') : cette limitation a été repoussée par la mise en oeuvre de procédés ISF avec apport thermique, et des stratégies de traitement en plusieurs étapes.
- Précision géométrique : amélioration en appliquant des trajectoires d'outils compensées.
- Amélioration de la qualité de surface.
- Dimensions : limites repoussées, depuis que des plateformes ISF plus grandes sont disponibles.

Forces requises par le procédé

Les forces augmentent en fonction de l'épaisseur de la tôle, de la résistance du matériau, de l'ampleur de la déformation… La construction de machines capables de produire des forces plus élevées ont permis de repousser les limites inhérentes au procédé.

Limites inhérentes au matériau

Il s'agit de la possibilité de déformer les matériaux à résistance élevée, ou bien des matériaux à rebond élastique élevé.

Règles du jeu

Pour la mise en oeuvre de cette technologie, quelques 'règles du jeu' sont à prendre en compte :

- épaisseur de tôle et amincissement, étant donné que pendant le formage aucun matériau n'est ajouté, l'épaisseur initiale de la tôle va diminuer en fonction de la déformation (allongement/élongation) ;
- angle de paroi maximal : la tôle amincie va se fissurer à partir d'un angle déterminé, en fonction du matériau. Il s'agit de l'angle de paroi maximal à prendre en compte lorsqu'il s'agit de réaliser un formage en une seule passe.
- rayon de courbure minimal : l'outil de déformation est une sphère ayant un diamètre déterminé, qui limite le rayon du détail géométrique.

Applications

Voici quelques exemples de possibilité d'application, notamment dans les domaines suivants :

- Architecture : bardage de façade structurel 3D, ou composants de bâtiments avant-gardistes, production de matrices pour constructions en béton coulé, formage de panneaux vitrés, objets d'art, ...
- Véhicules : prototypes de carrosserie, personnalisation de produits pour les véhicules de classe 'premium', éléments en tôle ou matrices pour composants en plastique ou composite pour véhicules, par exemple, locomotrices et voitures de trains, trams, autobus, engins agricoles.
- Aérospatiale : prototypes, matrices de grands composants en plastique ou composite, pièces pour avions de loisir.
- Énergie : composants pour éoliennes.

- Chimie et alimentation : réservoirs de stockage pour liquides ou gaz.
- Aménagement intérieur : meubles personnalisés, parois intérieures, sanitaires, mobilier de jardin.
- Publicité, décoration et événements : panneaux de publicité, logos et construction de stands en tôle, ou matrices pour la production de composants en plastique ou matériaux composites destinés à la construction de stands.
- Secteur médical : réalisation de prothèses et implants pour chaque patient individuel.



Exemples d'application pour la production de petites séries de grands éléments de chaudronnerie : a) architecture '3D structural facing'; b) voitures anciennes; c) éoliennes à pales horizontales; d) avions anciens ; e) capots de machine; f) panneaux publicitaires



Composant embouti, détails géométriques (dépouilles négatives) réalisés par SPIF (Source : Fraunhofer IWU)



Réalisation d'un implant crânien pour un patient, avec le procédé SPIF (Source : KU Leuven)

Application lab

Pour transférer vers l'industrie le savoir et l'expérience acquise avec le procédé de formage incrémental, Sirris en partenariat avec la KU Leuven a mis en place un laboratoire d'application. Le but de ce laboratoire est de mettre à la disposition des entreprises l'infrastructure, le savoir, le support technologique et la possibilité d'explorer et de faire des essais avec la technologie.



Sirris planifie la publication dans les prochains mois d'une **série d'articles sur les différentes possibilités d'application du procédé de formage incrémental (ISF)**. Vous souhaitez les informations sur la parution de chaque nouvel article ? Enregistrez-vous pour recevoir en exclusivité dans votre boîte de messagerie le lien conduisant vers ces publications !

* = *obligatoire*

Email Address *

First Name

Last Name

Enregistrer

Auteurs



Bart Verlinden