

Publié par :



Le « Feuillard technique » est publié exclusivement sur le site Internet du CQRDA. Pour télécharger cette publication, rendez-vous au <http://cqrda.ca/feuillard.php> ou au http://cqrda.ca/ar_publications.php. Pour toute demande d'information, n'hésitez pas à nous contacter au 418 545-5520.

DESCRIPTION

L'emboutissage est un procédé de formage qui consiste à transformer une tôle plane en une forme creuse de géométrie plus ou moins complexe. Ce procédé nécessite une presse hydraulique ou mécanique équipée d'un outillage constitué essentiellement par un poinçon et une matrice. En général, on ajoute un serre-flan pour prévenir le plissement de la tôle en périphérie du poinçon. Le métal subit une déformation permanente lorsque la tôle est entraînée par le poinçon dans la matrice. On nomme « embouti » le corps creux avec une paroi plus ou moins cylindrique et un fond, obtenu par emboutissage.

La figure suivante montre trois séquences de réalisation d'un embouti à partir d'un flan prédécoupé dans une tôle :

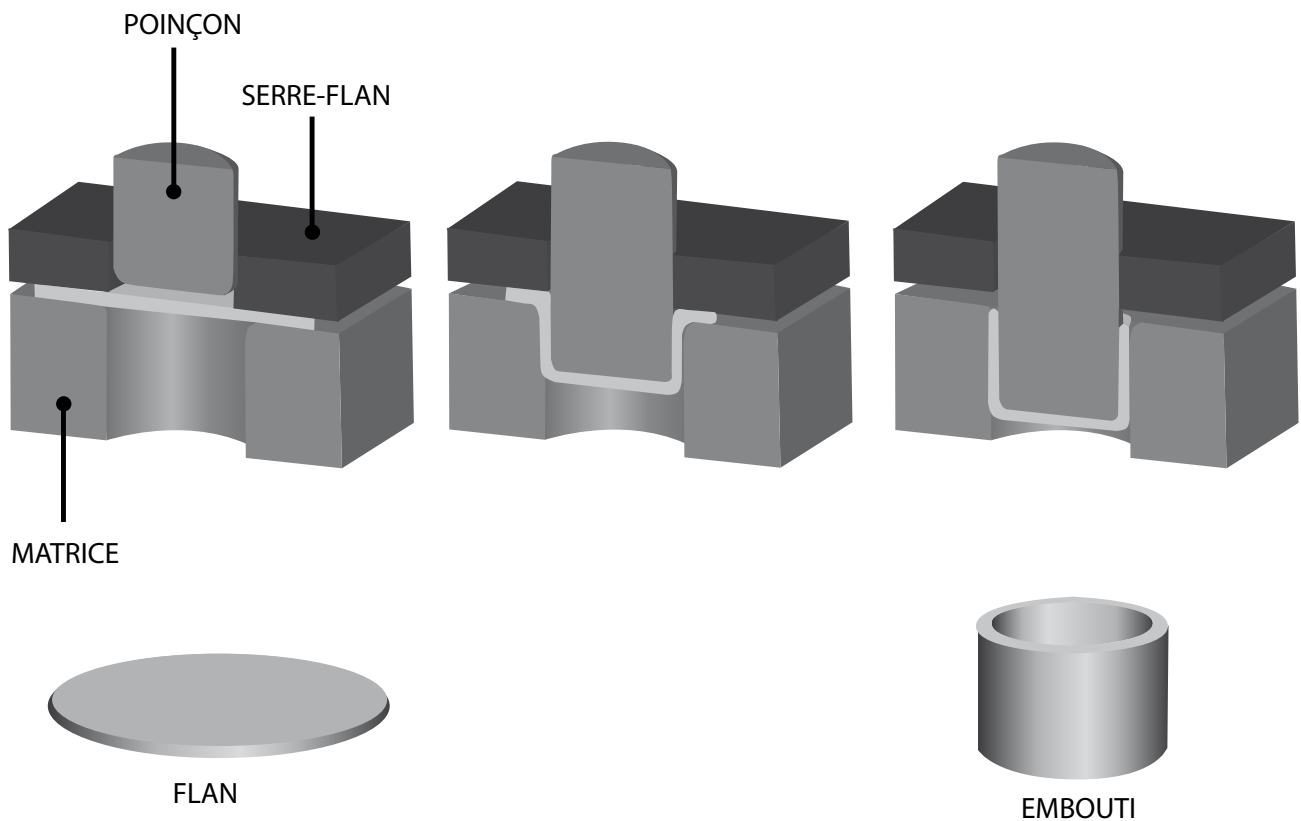


Figure 1

L'emboutissage est réalisé lorsque la tôle n'est pas bloquée en périphérie de la cavité de la matrice. Dans le cas contraire, la tôle ne peut pénétrer dans la matrice qu'en s'étirant et en s'amincissant, ce qui limite la profondeur du bosselage réalisable sans déchirure de la tôle. Cette situation propre aux opérations de formage se produit lorsque la tôle est retenue en périphérie soit par l'outillage ou par un rebord de tôle trop grand relativement à la partie que l'on veut déformer.

L'ensemble des facteurs à prendre en considération pour réaliser l'outillage et la pièce emboutie est affaire de spécialiste. Au tout début de la conception d'un embouti, les variables à considérer sont : les propriétés de l'alliage, le type de presse, le besoin en outillage ainsi que le nombre de pièces à fabriquer. Il est important de noter que le coût de la pièce emboutie va dépendre de sa taille, des contraintes du procédé et du volume de production. L'emboutissage est un procédé généralement utilisé pour des productions de moyenne et de grande série, et pour des pièces de faible taille.

CONDITIONS LIMITES POUR L'EMBOUTISSAGE

Les contraintes qui apparaissent dans le flan au début de l'emboutissage sont principalement influencées par le rapport entre le diamètre d'entrée de la matrice « d » et le diamètre du flan « D ». Lorsque le poinçon commence à entraîner la tôle dans la matrice (fig. 2a), une force de traction « Ft » est générée en périphérie de l'orifice de la matrice (section motrice du flan). Pour ne pas avoir d'amincissement pouvant amorcer une déchirure du métal, cette force de traction ne doit pas générer une contrainte de traction « σ_t » qui soit supérieure à la limite élastique « Re » du métal. La partie annulaire du flan (la couronne) qui est confinée entre la matrice et le serre-flan est tirée vers le centre et doit subir une déformation globale par compression pour que son périmètre puisse être réduit à celui de la matrice. On peut simplifier l'analyse, à partir de la figure 2b, en considérant que chaque petit secteur de cercle de cette couronne doit entrer en déformation par compression. Cette supposition de contrainte uniaxe nous donne une relation simple entre la force de compression « Fc » et la contrainte de compression

« σ_c » ; on a $Fc = \sigma_c \left(\frac{D-d}{2} \right) e$, où « e » est l'épaisseur de la tôle. Au tout début de l'opération d'emboutissage, σ_c doit dépasser la limite élastique du métal pour que l'embouti commence à se former. Dans la section motrice (la longueur de

cette section motrice est indiquée en rouge dans la figure 2b), on a $Ft = \sigma_t \left(\frac{d}{2} \alpha \right) e$, où « α » est l'angle (en radian) de cette « pointe de tarte ». En faisant l'équilibre des forces suivant l'axe des X, on doit avoir $Ft = 2 \left(Fc \frac{\alpha}{2} \right)$. Si on remplace

Ft et Fc par leur valeur, on obtient $\frac{d}{D} = \frac{\sigma_c}{\sigma_c + \sigma_t}$. Puisqu'en début de déformation σ_t doit être plus petit ou égal à Re et

que σ_c doit être plus grand ou égal à Re , on a la condition limite $\frac{d}{D} \geq \frac{Re}{Re + Re}$, ce qui donne un facteur d'emboutissage

$\frac{d}{D} \geq 0,5$. Ce résultat valable pour un flan en aluminium recuit correspond au rapport de réduction limite réalisable en une

seule opération d'emboutissage.

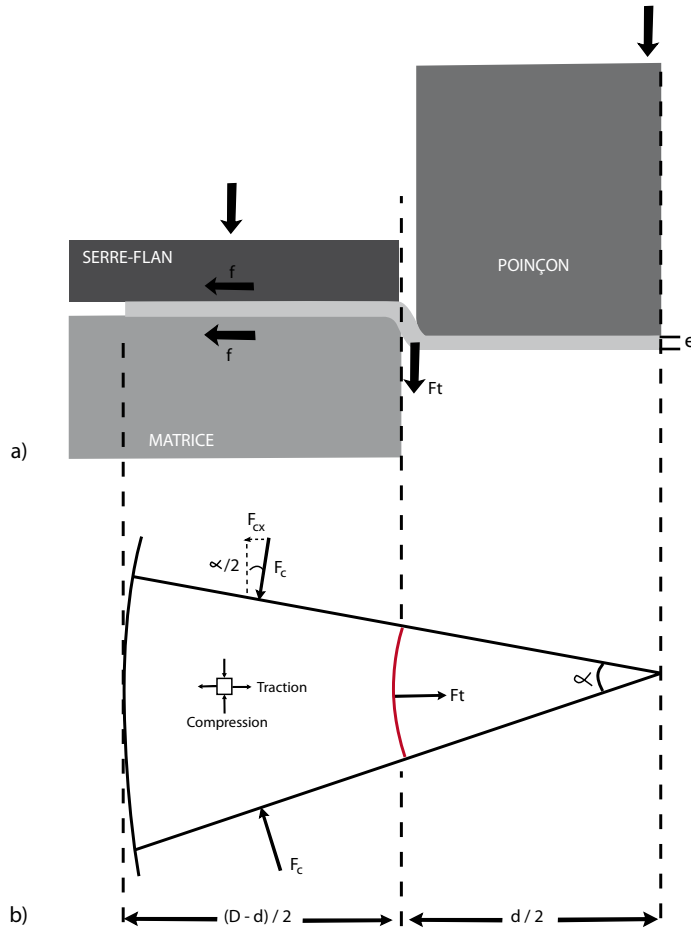


Figure 2

FORMATION DE PLIS

Il est facile de comprendre que si une force de compression importante s'exerce dans le plan de la tôle, tel qu'illustré à la figure 2b, il va s'ensuivre un plissement de celle-ci à la suite du phénomène de flambage. Le serre-flan a pour rôle de prévenir ce plissement en confinant la tôle dans un plan. L'opération sans serre-flan est réalisable sur des tôles d'une épaisseur suffisante. Si on veut se passer d'un serre-flan avec l'aluminium, on peut s'attendre à une épaisseur minimale de l'ordre de

$\frac{D-d}{7}$. Lorsque des plis se forment, ils vont s'écraser entre poinçon et matrice, mais rester visibles sur la pièce. Cet écrasement va conduire à une augmentation importante de la tension dans la section motrice et favoriser la rupture (défonçage).

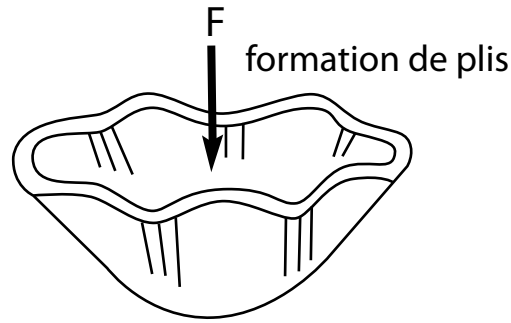


Figure 3

FROTTEMENT

Le frottement « f » du flan au contact du rayon d'entrée dans la matrice et entre matrice et serre-flan vient s'ajouter à la composante de compression. Ceci va contribuer à diminuer le potentiel de réduction en une seule passe. La lubrification est essentielle pour minimiser le frottement. Le frottement est important au contact du rayon d'entrée de la matrice, aussi pour favoriser la lubrification on choisira un rayon d'entrée d'au moins sept fois l'épaisseur du métal. De même, la pression du serre-flan doit être minimale et juste suffisante pour empêcher la formation de plis. En pratique, le frottement va nous obliger à utiliser un facteur d'emboutissage $\frac{d}{D}$ d'une valeur égale à plus ou moins 0,6.

DIAMÈTRE DU FLAN

En fait, les contraintes sont biaxiales (tension-compression, figure 2b) dans la couronne. La compression réduit la longueur selon la direction tangentielle et la tension l'augmente dans la direction radiale, de sorte que l'épaisseur de la tôle varie très peu durant l'emboutissage. Il est donc facile de calculer le diamètre du flan requis pour un embouti donné. Diverses méthodes de calcul peuvent être utilisées pour obtenir le diamètre du flan en supposant que sa surface doit être égale à celle de l'embouti. Pour un embouti comme celui de la figure 1, en négligeant le rayon de raccordement entre le fond et la partie cylindrique et en négligeant l'épaisseur de la tôle, on obtient $D = \sqrt{d_2^2 + 4 d h}$, où h est la hauteur de l'embouti. Il y a aussi que $h = \frac{D^2 - d^2}{4 d}$ et en appliquant le facteur d'emboutissage de 0,6, on trouve que la hauteur maximale réalisable en une seule opération est $h = 0,44d$. Afin de produire un embouti plus profond, on peut réemboutir comme illustré à la figure suivante; cet emboutissage de seconde passe peut aussi se faire par retournement (Figure 4b).

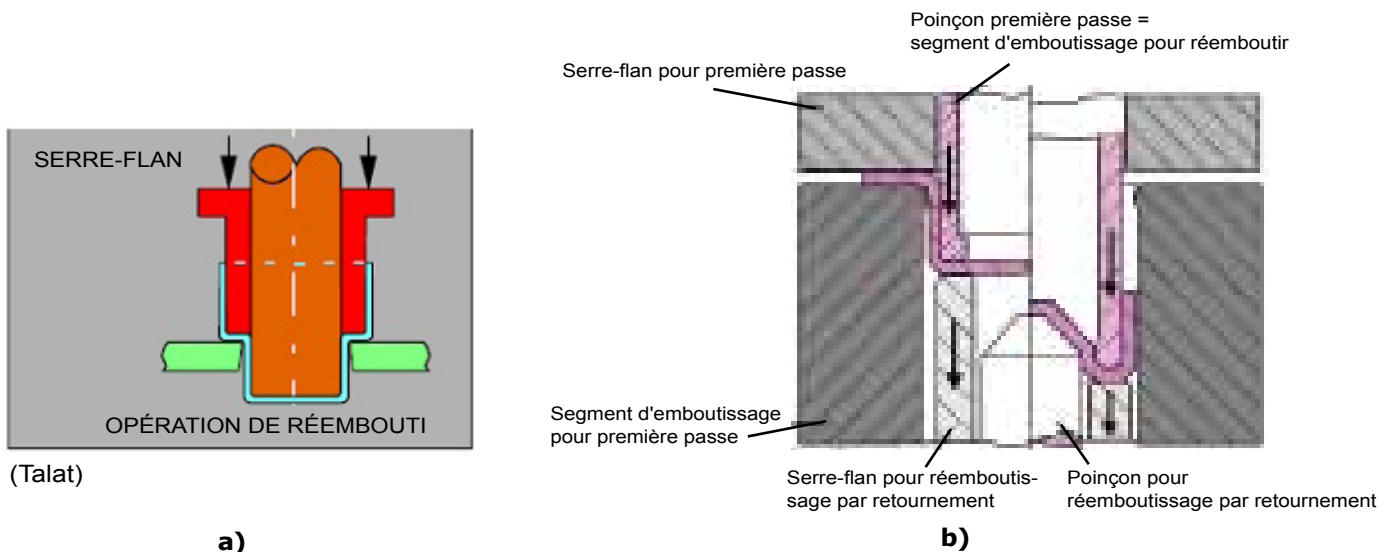


Figure 4



Emboutissage pour canette de 33 cl (Talat)

Figure 5

Le durcissement du métal produit lors de la première opération va augmenter le facteur d'emboutissage vers 0,8. En effet, le métal de la section motrice pour la deuxième passe possède les propriétés d'origine du métal alors que la couronne du réembouti a été durcie par déformation plastique. L'emboutissage peut au besoin être effectué en plusieurs passes de réduction de diamètre. Le nombre de passes nécessaires, donc l'outillage requis, varie en fonction du métal, de la géométrie de la pièce et de la profondeur de l'embouti. Avec l'aluminium, en effectuant plusieurs opérations d'emboutissage, on peut espérer obtenir un embouti d'une hauteur de 4 à 5 fois son diamètre. La réduction peut toutefois être poursuivie en effectuant un recuit « de recristallisation » qui élimine le durcissement du métal produit par les premières passes d'emboutissage.

Les tôles produites par le laminage présentent une certaine anisotropie de leurs propriétés mécaniques. Les allongements vont varier suivant la direction considérée par rapport à la direction de laminage. Il en résulte un défaut de hauteur appelé « cornes d'emboutissage », tel qu'illustré à la figure 6.

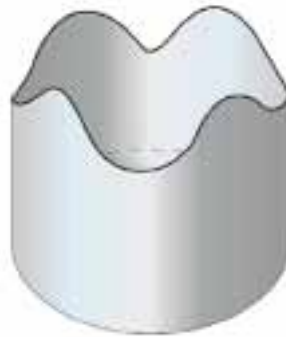


Figure 6

Ces cornes ont une longueur de 1% à 2% de la hauteur de l'embouti dans le cas des cannettes de boissons. L'emboutissage doit donc être suivi d'un détourage (découpage du métal en excédent sur le contour de la pièce finie) afin d'obtenir un rebord droit. Un découpage excédentaire représente une perte de matériau significatif dans ce genre de production.

RÉFÉRENCES

Demi-produits aluminium, Pechiney Rhenalu, Paris, 1997, 159 pages

L'aluminium dans l'automobile, Pechiney Rhenalu, Paris, 1998, 144 pages

DEGARMO E. P., BLACK J T. KOSHER R. A. *Materials and Processes in Manufacturing* 9 ed. John Wiley & Sons; 2003. ISBN 0-471-03306-5

Kalpakjian S., S. R., *Manufacturing Processes for engineering materials*, 4th ed. Prentice Hall.

<http://aluminium.matter.org.uk/> Principes fondamentaux de l'emboutissage profond

TALAT, Emboutissage profond, EAA, 1994

TALAT, Étude de la fabrication des boîtes, EAA, 1994

TALAT, Formability Characteristics of Aluminium Sheet, EAA, 1994

ENTREPRISES SPÉCIALISÉES EN EMBOUTISSAGE

Matritech inc.

Drummondville

Tél. : (819) 474-6630 / Fax : (819) 474-2809

Protol inc.

Saint-Léonard

Tél. : (514) 321-3133 / Fax : (514) 321-1674

Atelier Donat Pelletier inc

Delson

Tél. : (450) 638-0774 / Fax : (450) 638-5478

adp-stamping@sympatico.ca / www.adp-stamping.com

Le Feuillard technique est publié par :

Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium

637, boulevard Talbot, bureau 102

Chicoutimi (Québec) G7H 6A4

Téléphone : 418 545-5520 | Télécopieur : 418 693-9279

info@cqrda.ca | www.cqrda.ca

Rédaction

Maurice Duval

Collaboration

Édith Villeneuve

Conception

Marianne Parent

Révision linguistique

Andréanne Martin