

LE PLIAGE DE L'ALUMINIUM

Le pliage est un procédé très ancien qui, pour le travail du métal, s'applique généralement au produit laminé (plaque, feuille, barre et tige). L'objectif est de produire un pli d'un angle précis, à un endroit précis, d'une pièce métallique éventuellement prédécoupée. Les forces requises pour cette opération sont produites en exerçant une force suffisante le long de la ligne de pliage placée au centre de deux appuis (presse plieuse), ou en exerçant une force suffisante pour courber la pièce encastrée le long de la ligne de pliage (machine à plier, étau ou pince). On associe fréquemment pliage et cintrage, du fait que dans la zone pliée, on génère, comme pour le cintrage, un rayon de courbure sous l'action des forces de flexion.

Rayon de pliage minimum

À la surface, à l'extérieur du pli, le métal subit une déformation maximale en tension. Le rayon de pliage minimal, qui peut être imposé par les outillages, dépend de l'allongement maximum **A** (en %) que peut supporter l'alliage (à la température de l'opération). Lorsque le rayon est plus grand que trois fois l'épaisseur **e** du métal, le rayon minimum de pliage **R** est donné par :

$$R = e \cdot (100-A) / 2 A$$

Il s'agit d'une assez bonne approximation. Cependant, pour des rayons plus courts, il vaut mieux, pour chaque alliage, s'en tenir aux recommandations qu'on retrouve dans la littérature et ensuite valider le résultat par des essais. Pour des alliages durs (**A≈8%**), le rayon de pliage minimal est d'environ **6 e**.

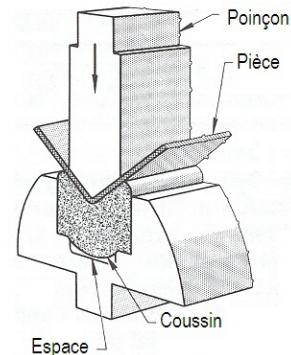
On aura intérêt à placer la ligne de pliage des tôles perpendiculairement au sens du laminage; ou mieux à 45 degrés, direction qui offre le meilleur allongement. De plus, cette orientation, transversale aux impuretés et aux précipités allongés par le laminage, aide à prévenir les criques qui se forment dans les fibres les plus étirées.

Le découpage des tôles par cisailage produit une zone durcie et moins ductile qui favorise la formation de criques aux deux bords du pli. Un découpage au laser ou au jet d'eau abrasif élimine normalement ce problème.

Les alliages d'aluminium dur ont des allongements plus faibles que l'acier; Il faut en tenir compte lorsqu'on utilise des matrices de pliage conçues pour l'acier.

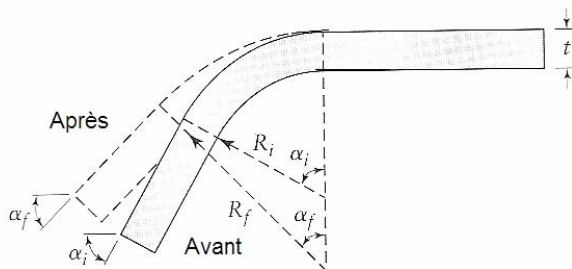
Fini de surface

Les alliages d'aluminium (même les plus durs) ont une dureté nettement plus faible que l'acier, ce qui expose les surfaces aux marques laissées par les frottements et les contacts des outils. Des rayons d'appui plus généreux et mieux polis, de même que l'utilisation d'un film plastique, aidera à prévenir l'endommagement des surfaces devant conserver un aspect décoratif. Lorsque la surface à protéger est à l'extérieur du pli, et que les opérations sont récurrentes, on peut envisager sérieusement l'utilisation d'un coussin en polyuréthane tel que montré ci-après.



Retour élastique

Lors du pliage d'une pièce à un angle imposé par l'outillage (angle du vé sur presse plieuse), il y a un retour élastique lors du retrait du poinçon. L'angle final obtenu diffère de celui imposé par l'outillage, de la valeur correspondant à ce retour élastique. Plus la limite élastique de l'alliage est grande plus le retour élastique sera grand. On peut vouloir estimer ce retour élastique qui dépend

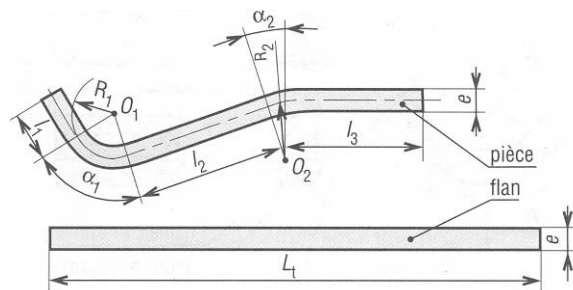


aussi du rayon de pliage et de l'épaisseur, mais il est souvent plus simple et plus fiable de faire quelques essais et corriger l'angle de pliage en fonction des résultats obtenus à partir de quelques échantillons. Pour s'assurer de résultats reproductibles avec des tôles et plaques plus larges, la largeur des échantillons doit être supérieure à 10 fois l'épaisseur. Par rapport au sens

du laminage, le pli doit être dans le même sens que celui de la pièce à fabriquer. On propose dans la littérature diverses solutions pour compenser le retour élastique. La solution retenue va dépendre de l'équipement utilisé et des exigences dimensionnelles de la pièce.

Le développement des tôles

Lorsqu'on peut assumer qu'il n'y a pas de déplacement de la fibre neutre (cas de $R/e \geq 3$), il est facile de calculer la longueur de la tôle requise (le flan) avec une bonne approximation. Dans tous les autres cas, il vaut mieux faire des essais sur échantillons et ajuster la longueur en fonction des résultats. La précision dimensionnelle courante, que l'on



obtient dans les opérations de pliage, est de ± 0.41 mm pour les épaisseurs inférieures à 3.2 mm. Pour des épaisseurs plus grandes, les tolérances augmentent proportionnellement à l'épaisseur.

Les forces de pliage

Les forces requises pour plier une pièce sont fonction de la résistance du métal, de la longueur L du pli et de l'épaisseur e à plier. Elles dépendent aussi de la répartition et de l'orientation des forces produites par l'équipement et son outillage. Les fabricants donnent la capacité maximale de leur équipement en se basant sur la nature du métal et son épaisseur. Sur certaines presses plieuses, on peut réaliser des plis jusqu'à 7.3 m (24 pieds) et produire des charges jusqu'à 8 900 kN (1000 tonnes).

Il peut être utile de connaître la capacité requise pour réaliser un pli sur presse plieuse. Lorsque la géométrie est un peu complexe (plis multiples) la force de pliage pourra être évaluée en faisant un certain nombre d'approximations.

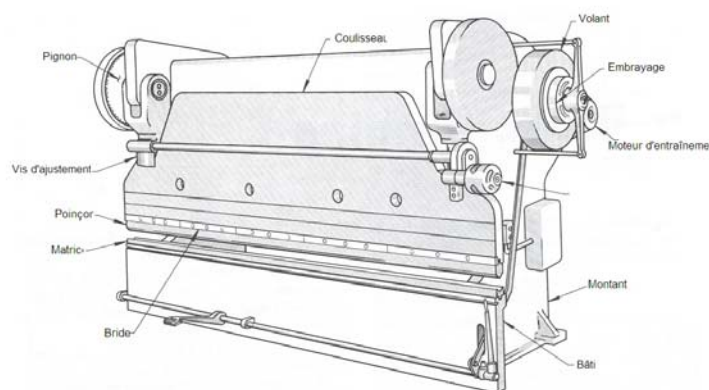
Par exemple, en pliage en l'air sur vé, la force est estimée par

$$F_{\max} = k \frac{e R_u L}{A}$$

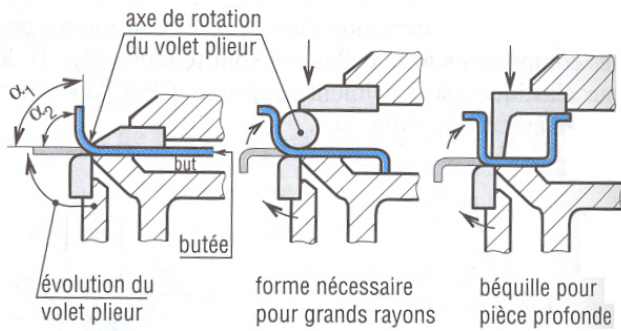
où R_u est la résistance du métal en traction, A est la largeur d'ouverture du vé et k est une constante qui intègre le frottement avec l'évolution de la géométrie du pli. La valeur de k est de 1.2 pour $A=16e$ et de 1.6 pour $A=6e$.

Les équipements

Pour des plis simples et droits on utilise généralement la presse plieuse ou la machine à plier.

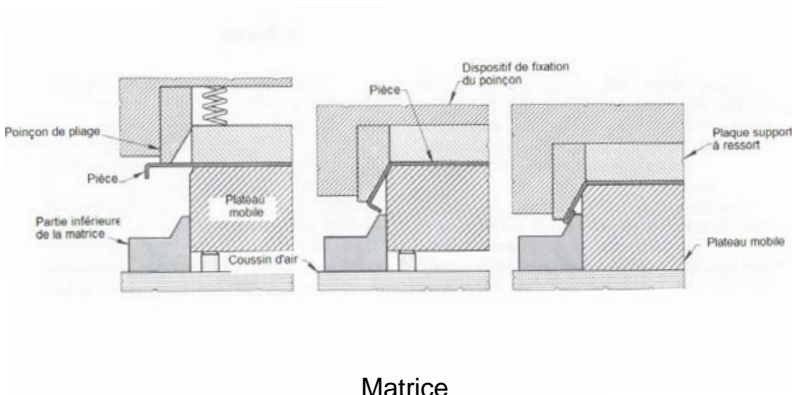


Presse Plieuse



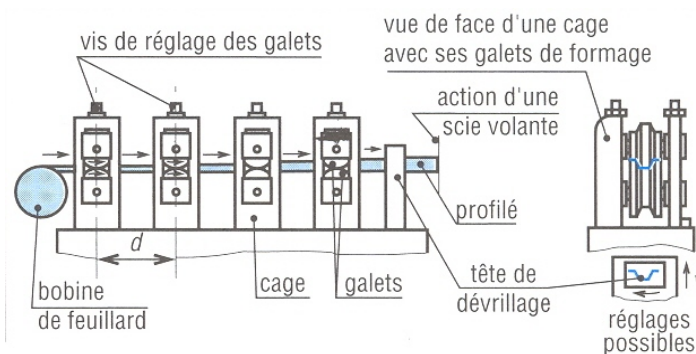
Machine à plier

Lorsque la précision et la cadence de production l'exige, ou lorsque le pli n'est pas rectiligne, on utilisera des outils spéciaux (matrices) montés sur presse hydraulique ou mécanique. Pour les alliages traitables thermiquement, et lorsque la situation le permet, on aura intérêt à plier le métal dans l'état recuit ou dans l'état W, c'est-à-dire immédiatement après la trempe et avant d'effectuer le vieillissement.

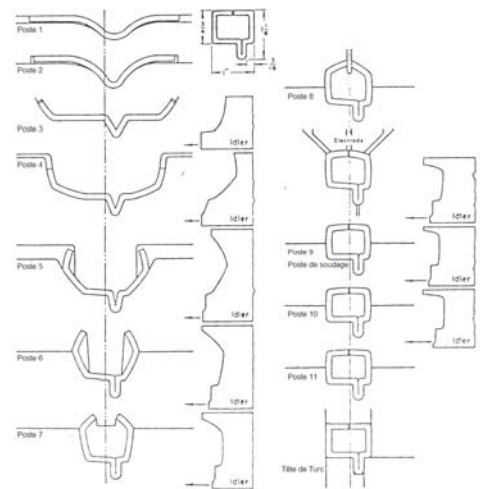


Matrice

Pour fabriquer de longs profilés, on utilise une profileuse ou machine à galet. Les pliages successifs qui conduisent à la géométrie finale sont produits entre les galets de cages montées en série. Sur ce type de machines alimentées par un feuillard enroulé sur bobine, on peut retrouver jusqu'à 30 cages.



Machine à galet



Pliages successifs

Il existe une grande variété d'équipement de pliage. On peut consulter un répertoire en ligne intéressant et assez complet à <http://www.machine-outil.com>

Voici les distributeurs québécois d'équipements de pliages identifiés dans icriq.com :

Garant Machineries

Téléphone : (418) 837-5832
 Contact : Yves Garant
 Courriel : info@garantmachinerie.com
 Site internet : www.garantmachinerie.com

Scies ACME

Téléphone : (514) 875-1990 ou 1 800 361-3736
 Contact : Franco Delullis ou Michel Kannage
 Site internet : www.acmesaw.com

Références

- ASM Specialty Handbook, Aluminum and aluminum alloys (1993).
- ASM Metals Handbook, vol. 14, Forming.
- TALAT Lecture 3701, Formability characteristics of aluminum sheet.
- KISSEL J. R., FERRY R. L. *Aluminum Structures*; John Wiley & Sons, New York, New York; 1995, 417 p. ISBN 0-471-05385-6
- KALPAKJIAN S. *Manufacturing engineering and technology*, 2nd ed. Reading, Massachusetts; Addison-Wesley 1989.
- CRIQ, *Recherche d'entreprises en ligne* [en ligne]; disponible sur www.icriq.com.
- BEAULIEU D., *Calcul des charpentes d'aluminium*; Les Presses de l'aluminium, Saguenay, 2003, 810 p., ISBN 2-923168-00-3.
- Précis de construction mécanique, Tomes 1, 2 et 3 (Nathan AFNOR).