



# Étirage sur forme de l'aluminium

Sofiène Amira

13 août 2018

## Étirage sur forme de l'aluminium

### 1. Étirage sur forme (Stretch forming)

L'étirage sur forme est un procédé de formage où le matériau est déformé contre une pièce rigide (qui joue le rôle de l'outil de formage) pendant qu'il est solidement serré sur les bords. Le matériau est souvent déformé tout juste au-delà de la limite d'élasticité. Les variantes de l'étirage sur forme sont les suivantes (voir figure 1) :

L'étirage sur forme par poussée : les deux bords opposés du matériau à déformer sont serrés entre deux mors, alors que l'outil de formage se déplace verticalement et transfère la force nécessaire au formage au matériau. L'une des applications de ce procédé est la fabrication des ailes d'avions.

- ❖ L'étirage rotatif sur forme
- ❖ Le formage par compression
- ❖ L'étirage radial sur forme

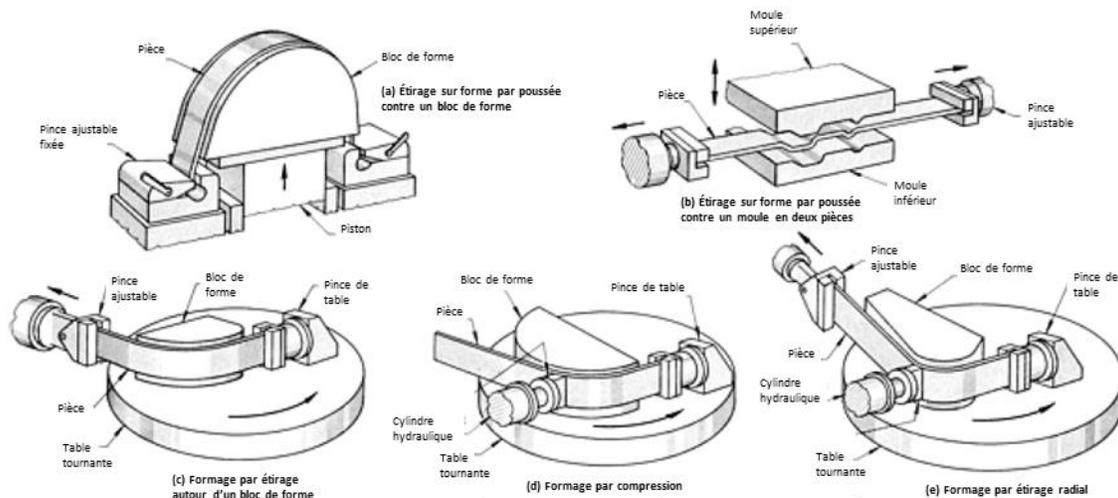


Figure1, [1]

L'étirage sur forme est très utilisé dans l'industrie aéronautique pour la fabrication de pièces de grandes tailles en alliages d'aluminium, comme les panneaux de

fuselage, les ailes, les capots-moteurs (engine-cowling) et les portes d'avions. Autres applications courantes de l'étirage sur forme incluent les plafonds des cabines de camions et des wagons de trains. Les formes typiques obtenues par étirage sur forme sont présentées à la figure 2.

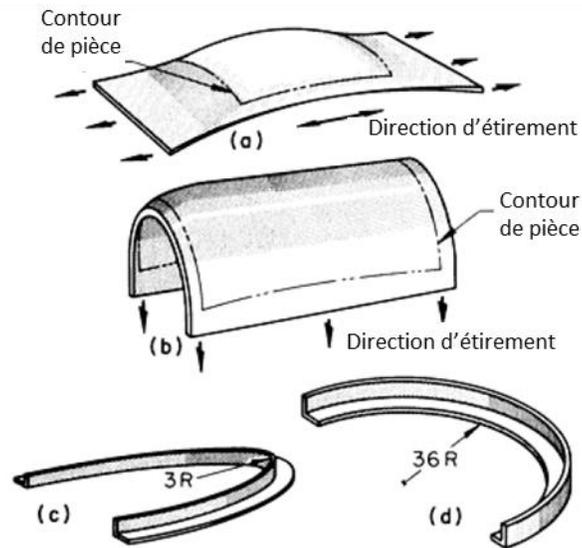


Figure 2, [1]

#### Avantages :

- ❖ Les contraintes résiduelles sont faibles et homogènes
- ❖ Faible retour élastique
- ❖ Absence de relaxation pendant les travaux d'usinage
- ❖ Obtention directe de la forme du produit fini
- ❖ Procédé économique, car il nécessite moins de force comparé aux procédés conventionnels ainsi que l'emploi d'un seul outil à la place d'un poinçon et d'une matrice. Le tableau x illustre les différences au niveau des équipements et des outils entre l'étirage sur forme et le formage conventionnel (emboutissage).

Tableau 1, [1]

| Presse          | Capacité |      |       |      | Poids de l'outillage |      | Hauteur de la presse |     |
|-----------------|----------|------|-------|------|----------------------|------|----------------------|-----|
|                 | Poinçon  |      | Pince |      |                      |      |                      |     |
|                 | kN       | tonf | kN    | tonf | kg                   | tons | mm                   | in. |
| Conventionnelle | 8000     | 900  | 5300  | 600  | 20,000               | 22   | 7320                 | 288 |
| Étirement       | 2200     | 250  | 760   | 85   | 6300                 | 7    | 5100                 | 200 |

## Alliages

Les alliages d'aluminium qui possèdent une bonne aptitude à l'étirage sur forme sont généralement caractérisés par une ductilité élevée, un intervalle de formage étendu (la différence entre la résistance maximale et la limite d'élasticité) et une bonne ténacité. Les alliages d'aluminium sont souvent étirés sur forme aux états métallurgiques O (Recuit) et W (Mise en solution suivi d'une trempe). L'aptitude à l'étirage sur forme est évalué grâce à des tests (*Erichsen Cup Test*, *Limiting Dome Height Test*, *Hydraulic Bulge Test*) qui mesurent la capacité d'un matériau à être étiré bi-axialement sans rupture. Le tableau 2 présente les propriétés mécaniques des alliages d'aluminium les plus étirés sur forme, classés selon leur aptitude à l'étirage.

Tableau 2, [1]

| Alliage               | Résistance à la traction |     | Limite d'élasticité |     | Intervalle de formage |     | Élongation en 50mm (2po.), % | Aptitude à l'étirement |
|-----------------------|--------------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------|-----|------------------------------|------------------------|
|                       | MPa                      | ksi | MPa                 | ksi | MPa                   | ksi |                              |                        |
| 7075-W <sup>(c)</sup> | 331                      | 48  | 138                 | 20  | 193                   | 28  | 19                           | 100                    |
| 2024-W <sup>(c)</sup> | 317                      | 46  | 124                 | 18  | 193                   | 28  | 20                           | 98                     |
| 2024-T3               | 441                      | 64  | 303                 | 44  | 138                   | 20  | 18                           | 95                     |
| 6061-W <sup>(c)</sup> | 241                      | 35  | 145                 | 21  | 97                    | 14  | 22                           | 90                     |
| 7075-O                | 221                      | 32  | 97                  | 14  | 124                   | 18  | 17                           | 80                     |
| 2024-O                | 186                      | 27  | 76                  | 11  | 110                   | 16  | 19                           | 80                     |
| 6061-O                | 124                      | 18  | 55                  | 8   | 69                    | 10  | 22                           | 75                     |
| 3003-O                | 110                      | 16  | 41                  | 6   | 69                    | 10  | 30                           | 75                     |
| 1100-O                | 90                       | 13  | 35                  | 5   | 55                    | 8   | 35                           | 70                     |
| 7075-T6               | 524                      | 76  | 462                 | 67  | 62                    | 9   | 11                           | 10                     |

## Outils

Matériaux :

Les matériaux utilisés pour la fabrication de l'outil de formage dépendent essentiellement de la taille de la série à produire, de l'amplitude de contrainte à appliquer (fonction de l'épaisseur et des propriétés mécaniques du matériau à former), de la taille et de la forme de l'outil, ainsi que de l'usure. Les matériaux utilisés pour la fabrication de l'outil de formage doivent conserver leur contour sous la pression de formage, résister à l'abrasion et conserver un état de surface lisse. La liste des métaux utilisés pour la fabrication de l'outil de formage inclut le bois dur, des composites (époxy/fibre de verre), des alliages (de moulage) de zinc, de l'aluminium anodisé, et dans certains cas des aciers (exemple, le SAE1020) avec, parfois, des plaquages de chrome.

### **Lubrifiants**

L'utilisation des lubrifiants est recommandée pour l'étirage sur forme, car ils réduisent la friction générée par le contact entre le l'outil de formage et le métal. Cette friction risque, en effet, de réduire la capacité d'étirage. En général, les lubrifiants utilisés pour l'emboutissage profond donnent de bons résultats dans le cas de l'étirage sur forme.

### **Problèmes et dépannage**

- ❖ Déchirement (Tearing) : se produit lorsque l'allongement se produisant dans certaines parties de la pièce (courbures prononcées par exemple) dépasse l'allongement maximum lors de l'étirage.
- ❖ Plis (Wrinkles)
- ❖ Gauchissement (buckling)

### **Exercice d'application. Étirage sur forme.**

Calculez la force nécessaire pour fabriquer par étirage sur forme une feuille en aluminium 2219 de section 0,0127 x 3 m<sup>2</sup>. La limite d'élasticité de l'aluminium 2219 est de 250 MPa alors que sa résistance maximale est de 360 MPa.

### **Réponse :**

La force (F) nécessaire à l'étirage sur forme, qui détermine la capacité de la machine destinée à cette application, peut être estimée à partir de la formule suivante :

$$F = \frac{R_e + R_m}{2} \times S$$

Avec

Re : La limite d'élasticité du matériau à former, en MPa

Rm : La résistance maximale du matériau à former, en MPa

S : la section initiale de la feuille (ou tôle) à former, en mm<sup>2</sup>

Dans le cas de notre exemple, la force nécessaire à l'étirage sur forme sera :

$$F = \frac{250+360}{2} \times (12,7 \times 3000) = 11620 \text{ kN.}$$

NB : la valeur obtenue pour la force d'étirage grâce à cette formule est une moyenne en général. Pour certaines applications, la force doit être augmentée de 25% de plus pour compenser l'écoulement, la friction, les contours complexes, ainsi que d'autres variables.

*Écrit par Sofiene Amira*