

Obtention de pièces par forgeage

Procédés de forgeage & Règles de tracé des pièces forgées

A la fin de ce cours, vous devez être capable de :

- présenter les différents *procédés de forgeage*,
- réaliser le tracé d'une pièce *brute de forgeage*.

1 Généralités

Le *forgeage* est un procédé d'obtention de pièce qui consiste à déformer de manière *plastique* (*déformations irréversibles*) une pièce brute d'*alliage métallique* (*acier, fonte, aluminium*). Ce procédé permet d'obtenir, à partir d'une pièce de formes géométriques simples (souvent un lopin issu de laminage), une pièce aux formes géométriques extérieures complexes.

Exemples de pièces obtenues par forgeage puis usinage

Fusée de poids lourd



Vilebrequin



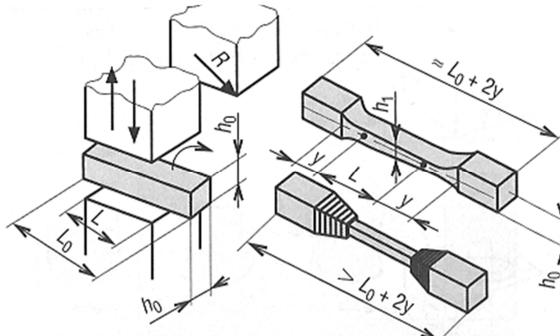
Engrenage



Pour la plupart des procédés de forgeage, le matériau de la pièce est porté à l'*état chaud*. Selon les opérations de forgeage, la température est comprise entre 650°C (afin d'éviter la création de fissures lors des déformations) et 1300°C (température inférieure à la température de fusion).

La *déformation plastique* peut être réalisée par différents outils associés chacun à un procédé de forgeage :

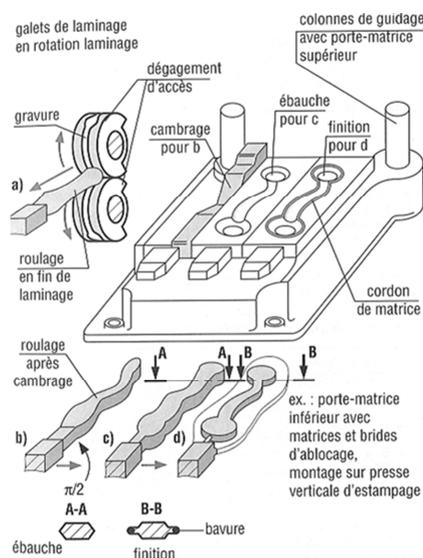
- *forgeage libre*, l'outil est alors un *marteau pilon*. La pièce à l'état chaud est positionnée sur une enclume et frappée par l'outil. Ce procédé de forgeage permet une mise en forme précise, une mise au diamètre, la réalisation d'un épaulement...



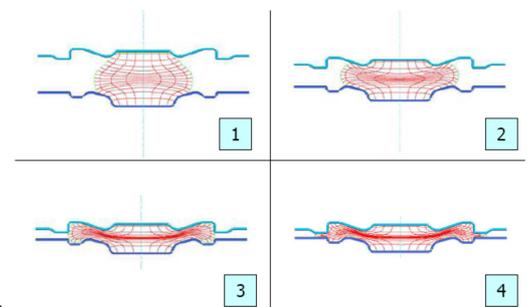
- *estampage* ou *matriçage*, l'outil est alors un *moule métallique* actionné par une *presse mécanique* ou *hydraulique*. Ce procédé de forgeage souvent utilisé en moyenne ou grande série (du fait du coût de l'outillage) permet d'obtenir des formes géométriques complexes et précises (voir exemple page 3),



Presse hydraulique d'estampage



lors de la déformation un *fibrage* de la matière est observée \Rightarrow résistance améliorée

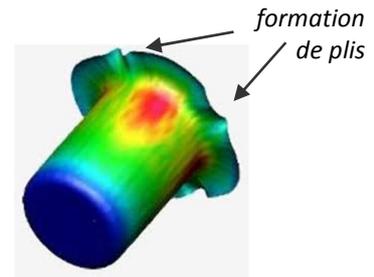
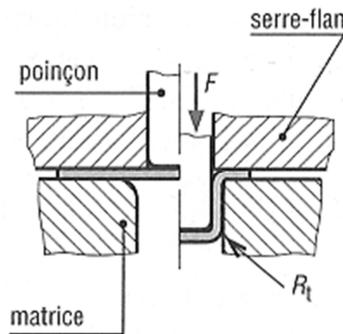


différentes phases d'estampage : du brut issu de laminage vers la pièce finale avant usinage

- *emboutissage*, l'outil est alors un *poinçon*. La pièce brute, dans ce cas une *tôle mince* (d'épaisseur $e < 10 \text{ mm}$), est mise en position sur une *matrice* et maintenue en position par un *serre-flan*. La déformation est obtenue par pénétration du poinçon et glissement au niveau du serre-flan. Ce procédé de forgeage est réalisé à froid.



Presse hydraulique d'emboutissage

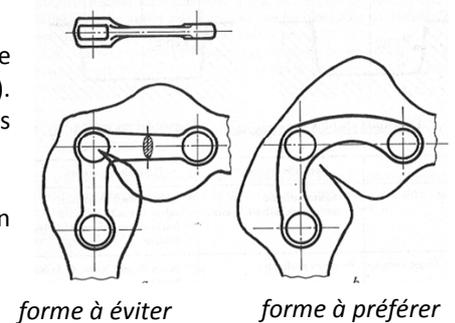


2 Propriétés des procédés de forgeage

Remarque : les matériaux utilisés lors des procédés de forgeage ont une bonne *ductilité*. Cette caractéristique représente l'aptitude de l'alliage à se déformer de manière plastique.

Dans le cas de l'estampage ou du matriçage, le forgeage est un procédé en concurrence directe avec le moulage (excepté dans le cas de pièces de formes intérieures complexes). Les problématiques de tracé de pièces forgées sont identiques à celles des pièces moulées (plan de joint, dépouille, variation de section continue...).

Il est de plus nécessaire de prendre en compte la formation des bavures au niveau du plan de joint afin d'éviter le repli des bavures sur la pièce finale.



2.1 Avantages des procédés de forgeage

- la déformation plastique engendre une orientation des fibres du matériau,
 \Rightarrow à poids égal, une pièce forgée est plus résistante qu'une pièce moulée,
- réduction des coûts d'usinage,
- gain de matière.

2.2 Inconvénients des procédés de forgeage

- géométrie des formes intérieures limitée (*poinçonnage* uniquement),
- la qualité des surfaces obtenues (IT10 à IT8) nécessite la plupart du temps un usinage (cas des *surfaces fonctionnelles*),
- cas de forge libre : une grande qualification des ouvriers est requise pour la réalisation de pièces complexes,
- cas de l'estampage et de l'emboutissage : la série doit être suffisante pour justifier l'investissement des outils, l'*ébavurage* est nécessaire en sortie de forgeage.

Remarque : les procédés de forgeage sont souvent suivis d'un *recuit* afin d'homogénéiser la structure cristalline de l'alliage (problématique équivalente à celle observée lors d'une trempe). Ce recuit est obligatoire si la pièce issue de forgeage doit être usinée.

Intérêt de l'estampage sur un exemple : support de roue directrice d'un chariot de manutention

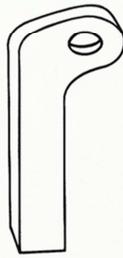
Solution mécanosoudée.

Assemblage de 3 composants usinés.



1. Usinage de l'axe.

L'axe principal autour duquel la fusée va pivoter est obtenu par tournage à partir d'une barre carrée A 50. L'usinage est long, donc coûteux, la perte de matière sous forme de copeaux est élevée.



2. Découpage de la biellette.

La biellette qui va commander le pivotement de la fusée est découpée dans du plat de 25 mm de même nuance que l'axe, puis cambrée.

3. Usinage de la bague.

La bague, qui sera rapportée par soudage sur la biellette, est taillée dans la masse, encore par du temps machine et de la perte de matière.

4. Assemblage.

L'axe, la biellette et la bague, sont successivement assemblés par soudage : un procédé cher par nature, non automatisable, même si la main-d'œuvre est qualifiée. Poids de la pièce terminée : 9,5 kg.

Ancienne solution



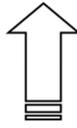
Gain de matière

Gain d'usinage

Gain d'assemblage

Gain de sécurité (par élimination des amorces de fissure)

Nouvelle solution



Solution "forge par estampage".

Une pièce monobloc.

1. Au départ, un lopin.

Première opération : amener le lopin d'acier A 50, même nuance que celle de la solution mécanosoudée, à la température de forgeage : 1 200°C.

2. Laminage, cambrage.

Le laminage imprime au lopin une forme particulière : les deux extrémités de la matière sont réparties en fonction de la forme définitive à obtenir.

La pièce est ensuite cambrée : l'angle de la biellette avec l'axe de pivotement préfigure la pièce finale.

3. Ébauche, finition, ébavurage et cintrage.

La matrice donne à la pièce son aspect définitif, brut d'estampage. La biellette est ensuite courbée par cintrage. La fusée de direction est prête pour l'usinage.

4. Usinage.

Pratiquement terminée, la fusée nécessite très peu d'usinage : seulement une mise aux cotes des portées de l'axe et de la bague de la biellette. Grâce à l'estampage, la quantité de matière restant à enlever est très limitée.

