



# Le découpage de l'aluminium

*Sofiène Amira*

23 mai 2018

## Le découpage de l'aluminium

### Partie 1. Procédés de formage

#### 1. Découpage/Poinçonnage

##### Introduction

Le découpage des métaux en feuille est réalisé par l'action de cisaillement entre deux bords découpant tranchants (le poinçon et la matrice). Les étapes de l'action de cisaillement menant au découpage sont illustrées à la figure 1, depuis la pénétration du poinçon dans le matériau jusqu'à la fracture des bords et le détachement de la partie découpée.

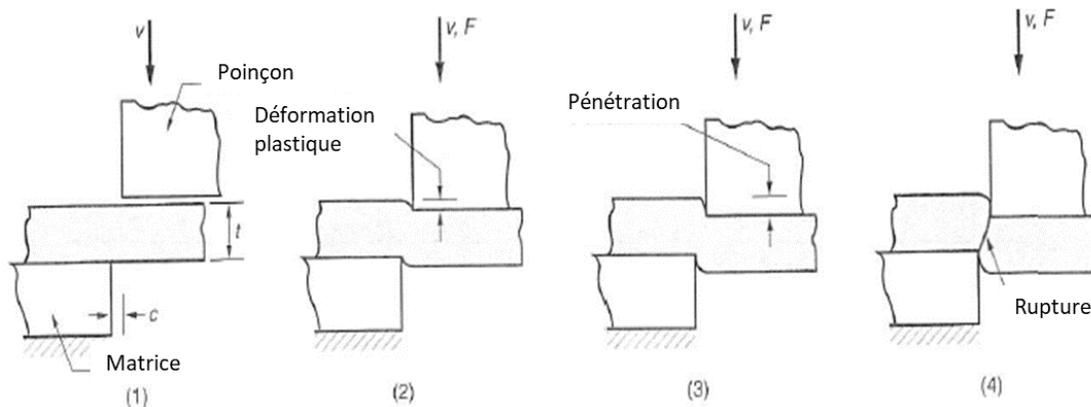


Figure 1, [1]

Le découpage de pièces plates en alliages d'aluminium est souvent réalisé dans des presses découpeuses (ou poinçonneuses) à cause de leur productivité élevée et leur capacité à maintenir les tolérances demandées sur les côtes. La capacité des presses découpeuses est déterminée en fonction de la force de cisaillement nécessaire pour la réalisation du découpage. Cette dernière est calculée en fonction de la résistance au cisaillement, de la longueur et de l'épaisseur à découper. La résistance au cisaillement des alliages d'aluminium dépend du type de l'alliage et du traitement appliqué (durcissement structural ou écrouissage). Le tableau 1 montre que la résistance au cisaillement des alliages d'aluminium les plus communément utilisés peut varier de 65 à 365 MPa. À titre de comparaison, la résistance au cisaillement des aciers au carbone usuels varie de 241 à 462 MPa.

Tableau 1, [2]

Alliages et traitements	Résistance moyenne au cisaillement simple		Résistance au découpage-cisaillement	
	MPa	psi	MPa	psi
<b>Alliages à durcissement structural</b>				
2014-T6	300	43500	284	41200
Alclad 2014-T6	303	4400	292	42300
2024-T3	324	4700	294	42600
Alclad 2014-T6	312	45300	283	41000
2024-T4	330	47900	294	42600
Alclad 2024-T4	313	45400	285	41300
Alclad 2024-T81	274	39800	267	38800
Alclad 2024-T86	295	42800	287	41600
6061-T6	208	30200	196	28500
Alclad 6061-T6	196	28400	190	27500
7075-T6	361	52400	341	49400
Alclad 7075-T6	336	48700	322	46700
7079-T6	319	46300	295	42800
7178-T6	398	57800	363	52700

Alliages et traitements	Résistance moyenne au cisaillement simple		Résistance au découpage-cisaillement	
	MPa	psi	MPa	psi
<b>Alliages à durcissement par écrouissage</b>				
1100-O	90	13000	66	9600
1100-H14	97	14100	81	11800
1100-H18	117	17000	107	15500
3003-O	98	14200	85	12400
3003-H14	109	15800	98	14200
3004-O	141	20400	121	17600
3004-H34	161	23300	154	22200
3004-H38	190	27600	181	26300
5050-O	116	16900	103	15000
5050-H34	132	19200	121	17500
5050-H38	130	18800	127	18400
5086-O	186	27000	171	24800
5086-H32	198	28700	184	26700
5086-H34	207	30000	196	28400
5154-O	178	25800	154	22400
5154-H34	203	29400	185	26800
5154-H38	200	29000	186	27000
5454-O	186	27000	160	23200
5454-H32	187	27200	172	24900
5454-H34	205	29800	193	28000
5456-O	239	34700	203	29400
5456-H24	238	34600	211	30600

L'aspect des bords varie sur la section de la feuille cisailée. Cet aspect, illustré à la figure 2, montre quatre zones :

- ❖ Zone de tombée de découpage (Rollover) : Courbure causée par une déformation de la pièce qui survient avant même que le découpage ne commence
- ❖ Zone de brunissement. Doit représenter, idéalement, le tiers (1/3) de la section cisailée.
- ❖ Zone de fracture.
- ❖ Bavure : arrête rugueuse laissée sur le métal par le découpage.



Figure 2, [3]

L'aspect des bords cisailés dépend des propriétés mécaniques de l'alliage et de l'épaisseur de la feuille ainsi que des caractéristiques des outils de coupe. **L'effet de ces variables est présenté dans ce qui suit :**

### Outils

Les outils utilisés pour le découpage des alliages d'aluminium sont généralement les mêmes que ceux destinés au découpage des aciers, mais se caractérisent par une durée de vie plus longue. En général, les outils destinés au découpage des alliages d'aluminium sont en aciers à outil comme le A2, A6, D2, DC53, O1, O6. Cependant, d'autres matériaux, comme l'acier au carbone, la fonte et même le zinc, peuvent être utilisés pour la fabrication des outils de découpe des alliages d'aluminium en fonction de la taille et de la complexité des pièces découpées, ainsi que de la taille de la série (nombre de découpes).

### Tolérances sur les pièces découpées

Dans la plupart des cas, une tolérance de 0,005" (0,127 mm) peut être obtenue sur les pièces en alliages d'aluminium fabriquées par découpage. Des tolérances plus serrées peuvent nécessiter la réalisation des opérations supplémentaires sur l'outil (affutage) ainsi que des travaux de finition sur les pièces découpées, ce qui entraîne l'augmentation des coûts opératoires. En outre, une correction afin de tenir compte des variations dimensionnelles de l'outil au cours de l'opération de découpage.

### Jeu entre le poinçon et la matrice (Clearance)

Le jeu entre le poinçon et la matrice est un paramètre important pour la réussite de l'opération de découpage et de poinçonnage. En effet, un jeu bien optimisé permet l'obtention d'un cisaillement uniforme le long de la paroi. Si le jeu entre le poinçon et la matrice est très faible, des fissures secondaires risquent de se former ce qui créera une zone de brunissement irrégulière et entraînera une augmentation des forces de découpage. Si le jeu entre le poinçon et la matrice est très grand, le métal risque de s'écouler dans cet espace ce qui entraînera la formation d'une bavure excessive. La figure 3 montre l'effet du jeu entre le poinçon et la matrice sur l'aspect du bord découpé.

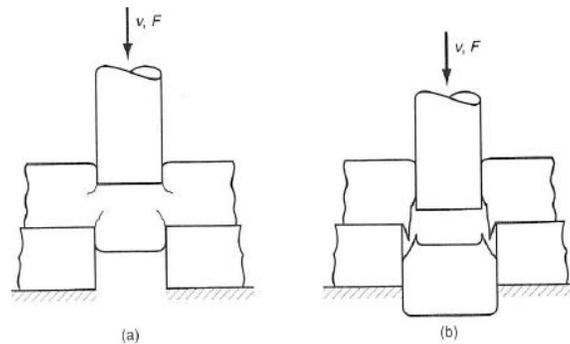


Figure 3, [1]

Le jeu entre le poinçon et la matrice paramètre dépend du type de l'alliage d'aluminium et de l'épaisseur de la feuille à découper, et se situe généralement entre 5 et 8% de l'épaisseur de la feuille à découper/poinçonner. Le tableau 2 résume des valeurs suggérées pour le jeu entre le poinçon et la matrice destinée au découpage et le poinçonnage de différents alliages d'aluminium.

Tableau 2, [2]

Alliage et état	Dégagement par côté, %†
<b>1100</b>	
O	5,0
H12, H14	6,0
H16, H18	7,0
<b>2014</b>	
O	6,5
T4, T6	8,0
<b>2024</b>	
O	6,5
T3, T36, T4	8,0
<b>3003</b>	
O	5,0
H12, H14	6,0
H16, H18	7,0
<b>3004</b>	
O	6,5
H32, H34	7,0
H16, H38	7,5
<b>5005</b>	
O	5,0
H12, H14, H32, H34	6,0
H36, H38	7,0

Alliage et état	Dégagement par côté, %†
<b>5052</b>	
O	6,5
H32, H34	7,0
H36, H38	7,5
<b>5083</b>	
O	7,0
H323, H343	7,5
<b>5086</b>	
O, H112	7,0
H32, H34, H36	7,5
<b>5154</b>	
O, H112	7,0
H32, H34, H36, H38	7,5
<b>5257</b>	
O	5,0
H25	6,0
H28	7,0
<b>5454</b>	
O, H112	7,0
H32, H34	7,5
<b>6061</b>	
O	5,5
T4	6,0
T6	7,0

## Angle de coupe des outils

L'obtention d'un cisaillement uniforme le long de la paroi à découper dépend également de l'angle de coupe qui détermine le tranchant (sharpness) des outils. Des bords coupants des outils qui sont émoussés à cause de l'usure durant le processus de découpage/poinçonnage provoquent des effets similaires à ceux d'un jeu excessif entre le poinçon et la matrice, d'où la nécessité de réaliser un affutage périodique des bords coupants des outils pour maintenir leur tranchant.

## Angle d'effilage de la matrice

Afin d'éviter le collage des pièces à découper dans la matrice, les parois des matrices utilisées pour le découpage/poinçonnage des alliages d'aluminium sont souvent effilées d'un angle de  $\frac{1}{2}^\circ$  par rapport à la verticale.

## Lubrification

La lubrification peut aider à réduire le collage aux parois de la matrice de la pièce à découper et de faciliter son détachement du poinçon sans déformation.

## Problèmes et dépannage

- ❖ Bavure (burr)
- ❖ Écaillage (sliver)
- ❖ Zone irrégulière de brunissement et de fracture
- ❖ Pièce découpée coincée dans la matrice

## Calcul de la force de découpage

Lorsqu'une cisaille découpe une pièce métallique, elle doit exercer une force suffisante pour démarrer la découpe et de continuer l'action de cisaillement. En découpage conventionnel, seulement une partie du matériau est cisailée, la partie restante est détachée par les fissures induites par l'action de cisaillement.

La force nécessaire au découpage dépend de l'épaisseur et du type du matériau, de la pente formée par la lame supérieure par rapport à la lame inférieure (voir figure x) exprimé en po/pi (système impérial) ou en mm/m (système métrique), et du pourcentage de la pénétration requis. Cette force se calcule comme suit :

$$F = \left( \frac{S \times P \times T^2 \times 12}{R} \right) \left( 1 - \frac{P}{2} \right)$$

Avec :

F : Force de découpage, lb

S : Contrainte de cisaillement, psi

P : Pénétration de la lame dans le matériau, %

T : Épaisseur di matériau, po

R : la pente de la lame supérieure par rapport à la lame inférieure, po/pi

Exemple de calcul :

Pour découper une feuille en alliage d'aluminium 5086-H32, de 0,2'' d'épaisseur, avec une résistance au cisaillement de 28700 psi (voir tableau 1), et une pénétration de 60% sur une cisaille avec une pente de la lame supérieure par rapport à la lame inférieure de 1/4, la force nécessaire est :

$$F = \left( \frac{28700 \times 0,6 \times 0,2^2 \times 12}{1/4} \right) \left( 1 - \frac{0,6}{2} \right) = 23144 \text{ lb}$$

Soit 103 kN environ.

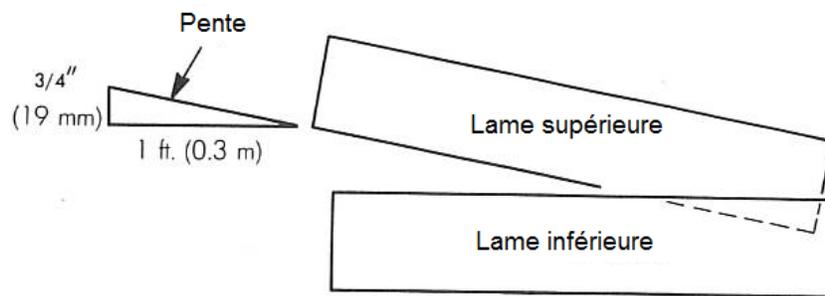


Figure 4 - La pente formée par la lame supérieure par rapport à la lame inférieure (3/4 po/pi dans ce cas).

Écrit par Sofiene Amira