

Mis en Forme des Thermoplastiques, 1961

Département VI a

Plastiques de Troisdorf



Mise en Forme des Thermoplastiques

Table des matières

A) Généralités

B) Mise en forme

1. Pliage et rebordage
2. Marquage
3. Etirage
4. Emboutissage
5. Soufflage
6. Formage sous vide
 - a) Généralités sur le moulage par aspiration et dépression
 - b) Diverses méthodes de formage sous vide
 - c) Machines pour le formage sous vide
 - d) Moules

C) Finissage

A) Généralités

Les demi-produits thermoplastiques suivants de notre fabrication sont mis en forme à chaud. Nous livrons en films, feuilles et plaques:

Astralon T®

Astralit T et U®

Trolitul ST et STf®

Trolen H®

Tronal®

Trovidur®

Trovitherm®

Les thermoplastiques sont mis en forme sous l'influence de la chaleur.

Pour le découpage des flans il faut tenir compte de ce que la matière se rétrécit à la chaleur en long et en large. L'épaisseur augmente donc en conséquence. Le rétrécissement est de 1 % à 3 % selon nature de la matière.

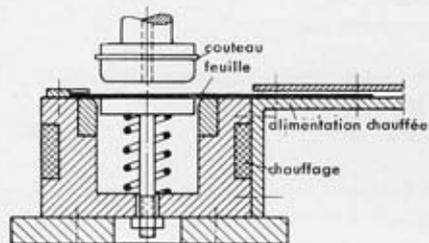
Les températures à appliquer sont différentes selon type de la matière et forme recherchée. Elles se situent en général entre 90°C et 130°C. Les moulages forts se font dans les limites inférieures; les pièces devant résister à des températures d'utilisation élevées — suivant nature de la matière — sont formées dans les limites supérieures.

Les thermoplastiques ont une conductibilité calorifique relativement faible. Il est donc indispensable de procéder avec le plus grand soin au chauffage de la matière. Il ne doit jamais être trop rapide, sans quoi on brûlerait la surface avant que le coeur ne soit réchauffé. Des bulles, des écailles et une coloration de la surface sont les signes certains d'un chauffage excessif qui affaiblit la matière.

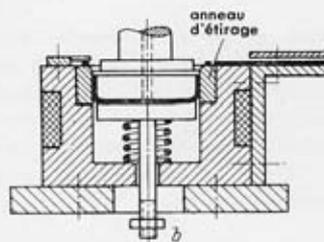
Pour le chauffage des outils on se sert de l'eau chaude, de la vapeur, du gaz ou de l'électricité. L'eau chaude et la vapeur ont l'avantage de permettre un refroidissement rapide par simple renversement sur de l'eau froide.

Règle de base: Plus le temps entre début de formage et refroidissement sera court, meilleure sera la qua-

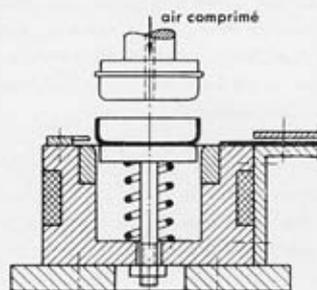
Fig. 1: Etirage



a) Mise en place du flan



b) étirage et coupage des bords



c) éjection de la pièce façonnée

lité de l'objet façonné. Seul pour Trolen H, le refroidissement doit être lent.

Parmi les divers modes de chauffage celui à l'étuve est particulièrement avantageux. Les pièces de faibles dimensions peuvent facilement être chauffées par simple courant d'air dirigé sur la zone à déformer.

Dans certains cas particuliers et lorsque l'utilisation de la flamme ouverte ne peut être évitée, il faut avoir soin de ne pas trop l'approcher de la feuille et de la faire courir sans arrêt le long de la partie à chauffer. On évite ainsi la surchauffe locale qui provoque des tensions en surface et la décomposition de la matière.

Le chauffage est correct quand la matière est devenue molle et souple. La durée de chauffage augmente avec l'épaisseur de la feuille ou de la plaque. Dans tous les cas il faut éviter que le chauffage ne se prolonge pendant des heures et des jours. Le moulage doit s'effectuer sans interruption. Les pièces formées à chaud ayant tendance à reprendre leur forme initiale il est nécessaire de les maintenir sous contrainte jusqu'à refroidissement — environ 40° à 60° C selon type de matière. De même et pour des raisons identiques les pièces façonnées ne doivent pas être soumises à des températures de 65° à 70° C et plus. Le refroidissement des pièces et des moules peut être accéléré par de l'air comprimé ou de l'eau froide.

B) Mise en Forme

1. Pliage et rebordage

La partie à réchauffer pour le pliage ou le rebordage doit être au moins cinq fois plus grande que l'épaisseur de la feuille ou de la plaque. Le rayon de courbure doit être du double ou plus, très exceptionnellement égal à l'épaisseur de la plaque. Les procédés classiques du travail des métaux s'appliquent aux thermoplastiques, avec gabarits et outils adaptés. L'objet formé doit être maintenu sous contrainte jusqu'à refroidissement complet.

2. Marquage

Les chiffres, lettres, signes etc. sont «imprimés» à chaud dans la surface de la matière, au moyen d'ou-

Fig. 2: Arrondis suffisants pour éviter le déchirement

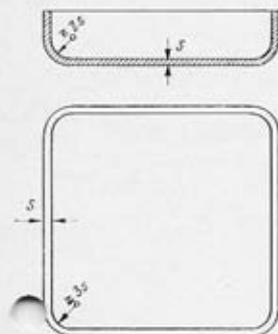
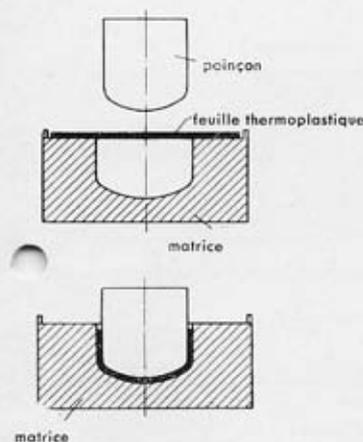


Fig. 3: Emboutissage sans serre-flan



tils analogues à ceux utilisés dans le travail des métaux, dans la cartonnerie ou l'industrie du cuir. Les feuilles ou plaques à travailler sont préchauffées suivant une des méthodes décrites en A. Les températures à appliquer sont différentes suivant le type de matière et se situent ordinairement entre 65° et 80°C. On peut également marquer des feuilles ou plaques non chauffées au moyen d'un poinçon chauffé à 75° et 90° C, toujours suivant type du matériau.

3. Etirage

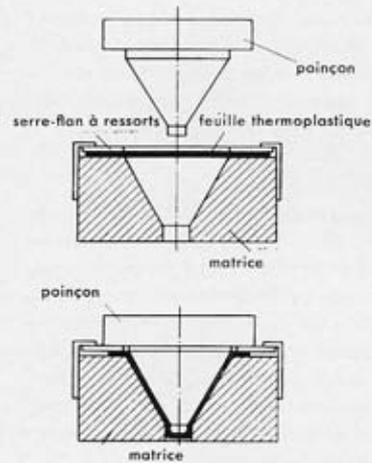
Les feuilles peuvent être étirées sur toutes les presses habituelles (fig. 1 a, b et c). La matière est réchauffée à 50° et 70° C de façon à obtenir un ramollissement suffisant. La température de l'anneau d'étirage est de 70° à 90° C. Pendant l'étirage la matière se réchauffe encore jusqu'à atteindre la température nécessaire à sa déformation plastique. L'espace entre poinçon et matrice doit être de 20 % à 25 % plus petit que l'épaisseur de la feuille. Les angles doivent être assez arrondis pour ne pas déchirer le flan (fig. 2).

4. Emboutissage

L'emboutissage (fig. 3 à 5) est fait sur la presse, l'outil se composant essentiellement d'un poinçon et d'une matrice. Pour les petites séries il est généralement en bois stratifié-comprimé Lignofol; et en acier pour les grandes séries. Suivant type, la matière est préchauffée aux environs de 100° à 130° C., de préférence à l'étuve. Le flan doit être déformé immédiatement après son introduction dans la presse, faute de quoi il refroidirait et perdrait son élasticité. Le refroidissement doit avoir lieu dans le moule. Pour éviter la formation de plis il est indiqué de se servir d'un serre-flan.

On peut également travailler avec contre-pression. La matrice est alors garnie d'un épais matelas de caoutchouc (p.ex. caoutchouc souple de 30 mm. ép.) ou de matière plastique élastique et souple (fig. 5). Pour obtenir une bonne déformation et pour assurer une longue vie au matelas, l'épaisseur de celui-ci doit être supérieure d'au moins cinq fois à la hauteur du moule mâle (voir h en fig. 5). Il est également utile de choisir du caoutchouc ou de la matière synthétique

Fig. 4: Emboutissage avec serre-flan



très souple de façon à garder dans leurs limites la pression de travail et la force de la presse. Les coussins utilisés sur les presses usuelles doivent avoir une souplesse de 50 selon DIN DVM 3503, la pression doit être de 250 à 300 kgs/cm² et la vitesse de 100 mm/s.

Fig. 5: Emboutissage avec matelas caoutchouc ou matelas en matière plastique souple

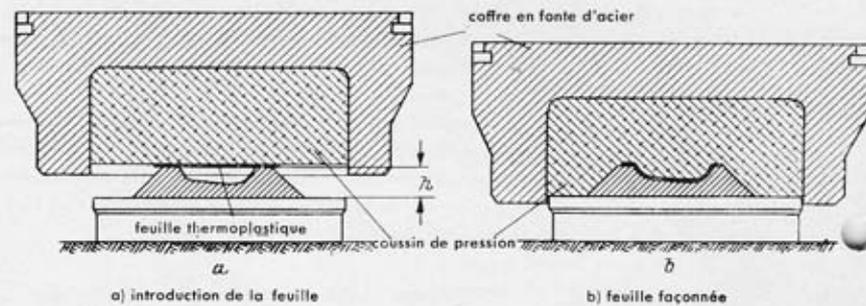
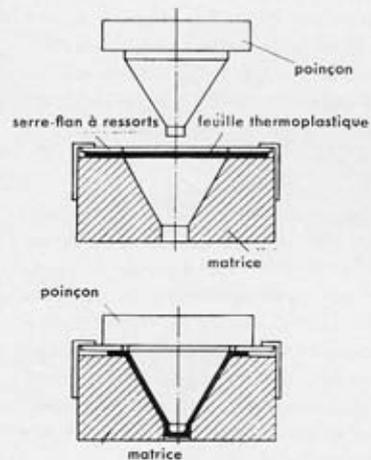
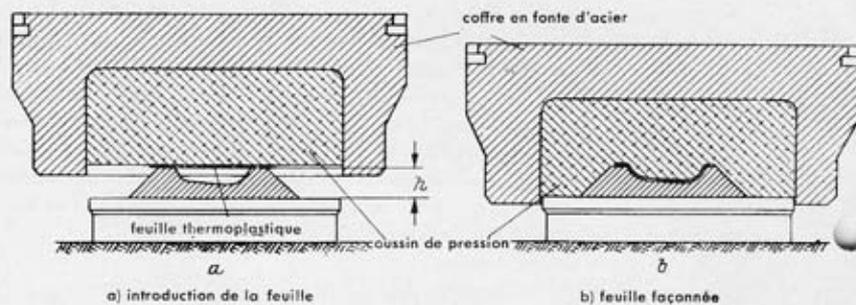


Fig. 4: Emboutissage avec serre-flan



très souple de façon à garder dans leurs limites la pression de travail et la force de la presse. Les coussins utilisés sur les presses usuelles doivent avoir une souplesse de 50 selon DIN DVM 3503, la pression doit être de 250 à 300 kgs/cm² et la vitesse de 100 mm/s.

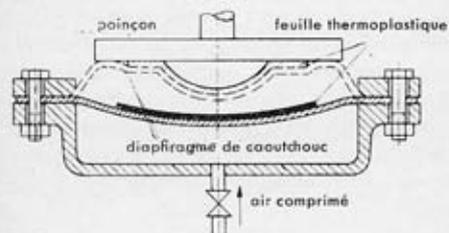
Fig. 5: Emboutissage avec matelas caoutchouc ou matelas en matière plastique souple



c) coupe de la pièce emboutie



Fig. 6: Soufflage avec membrane de caoutchouc



5. Soufflage

Divers procédés de soufflage sont connus et nous n'en citerons que les plus usuels très brièvement:

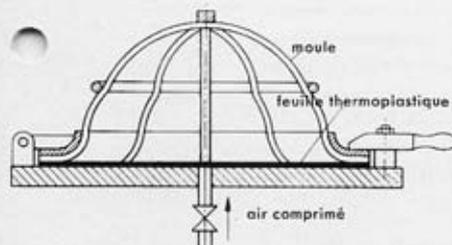
a) le flan préparé est porté à température convenable, au mieux en étuve, et suivant type de matériau à 100° à 130° C, puis posé sur une feuille de caoutchouc (diaphragme). Par introduction d'air comprimé on serre diaphragme et flan contre le moule (en pointillé dans la fig. 6). L'air comprimé est maintenu jusqu'à refroidissement de la matière (voir fig. 6).

b) une deuxième méthode consiste à fixer le flan préchauffé dans un cadre et de le souffler de bas en haut contre un moule qui lui donne la forme désirée (fig. 7).

c) On peut également souffler à l'air libre (fig. 8). Dans ce cas le flan est préchauffé aux env. de 130° C et fixé rapidement dans un cadre où il est maintenu solidement. La forme est obtenue par le gabarit de l'anneau de soufflage et la pression d'air appliquée. Dès que les dimensions recherchées sont atteintes on refroidit avec de l'eau ou de l'air comprimé.

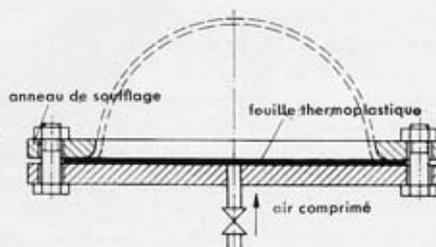
Dans les procédés b) et c) on peut travailler avec de la vapeur ou de l'eau chaude, sans avoir à préchauffer la matière.

Fig. 7: Soufflage en moule

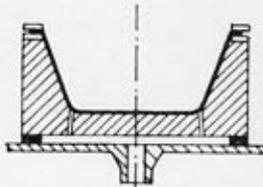
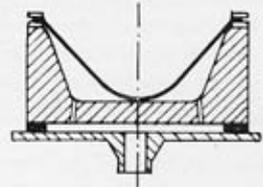
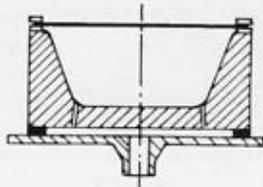


La feuille préchauffée est introduite et soufflée.

Fig. 8: Soufflage à l'air libre



I. Méthode négative



6. Formage sous vide

a) Généralités

Parmi les diverses méthodes de formage à chaud, la technique du moulage sous vide a gagné pas mal d'importance au cours des dernières années. Elle a l'avantage de permettre le formage de pièces de fortes dimensions, très minces, avec des outils relativement simples. Les frais d'outillage, d'investissement et d'entretien sont minimes. La fabrication de grandes séries est possible, et la rentabilité des courtes séries est assurée. Les petites pièces peuvent être moulées rapidement en employant des formes multiples.

Pour le formage sous vide, la feuille ou plaque est fixée solidement au-dessus d'un pot d'aspiration. Lors du découpage des flans inutile de tenir compte du rétrécissement de la matière. Après chauffage rapide et uniforme de l'air se trouvant entre le moule et la feuille ou plaque, le vide est appliqué et la matière sous l'effet de la pression atmosphérique pénètre dans le pot et en épouse les contours. On refroidit ensuite et on enlève la pièce. Un froid trop brutal, surtout par zones, doit être évité, il entraînerait des fentes et des craquelures dans l'objet moulé. On a généralement intérêt à préchauffer les moules aux environs de 50° à 70° selon type du matériau mis en oeuvre.

b) Méthodes de formage

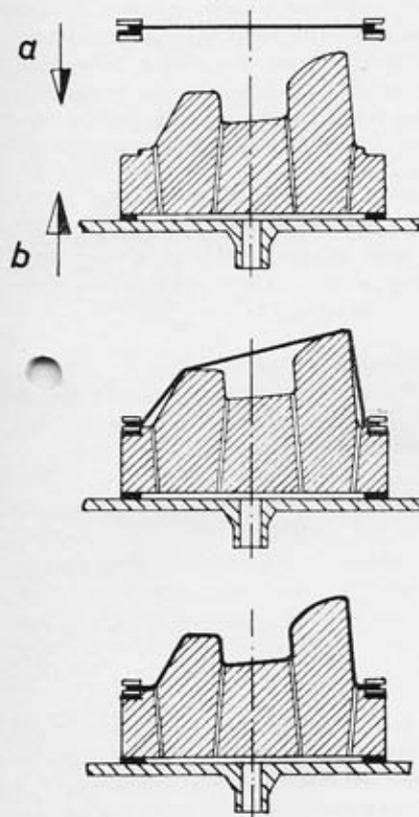
Les méthodes de formage par dépression/aspiration les plus usuelles sont :

- la méthode négative
- la méthode positive
- la méthode positive avec préallongement pneumatique
- la méthode négative avec préallongement mécanique (emboutissage-aspiration)

I. Méthode négative

Employée surtout pour le formage de pièces demi-sphériques ayant une profondeur limite de 40 % du diamètre de l'outil.

II. Méthode positive



Le flan est posé sur le pot d'aspiration et maintenu hermétiquement par le cadre contre le joint étanche de la matrice. Après ramollissement de la feuille, l'air du pot est aspiré par des trous très fins, on refroidit aux env. de 40° C et on enlève la pièce.

II. Méthode positive

Egalement appelé drapage, ce procédé est employé pour le formage de pièces profondes et complexes.

La feuille fixée dans son cadre est chauffée. Contrairement au premier procédé, il est mobile et s'abaisse sur le moule mâle (a), ou celui-ci s'élève pour venir s'insérer (b). Après avoir assuré l'étanchéité, on établit le vide et la feuille se trouve aspirée contre le moule.

III. Méthode positive avec préallongement pneumatique

Technique employée pour le formage de pièces à grandes déformations, telles que bacs pour réfrigérateurs.

Le flan est fixé dans son chassis au dessus du pot ouvert. Après chauffage on souffle librement la feuille thermoplastique, on élève le moule mâle qui vient s'appuyer par les bords contre la feuille, et on établit le vide. Par l'effet du refroidissement causé par le moule plus froid et sa résistance au frottement, la matière sera un peu plus forte aux points d'appui et de premier contact.

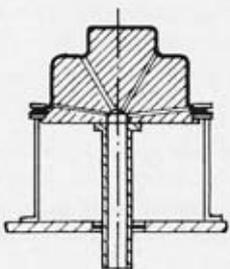
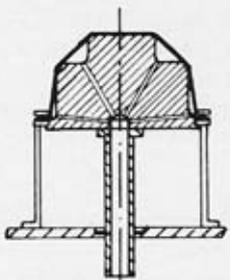
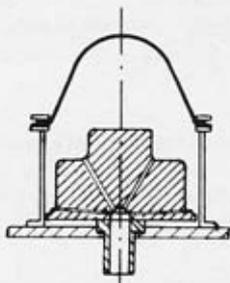
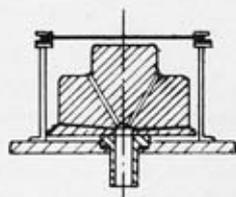
IV. Méthode négative avec préallongement mécanique

(emboutissage-aspiration)

Avec cette méthode les différences d'épaisseur restent dans des limites raisonnables même aux endroits les plus creux. On l'applique surtout lorsque la méthode I ne donne plus satisfaction en raison des trop grands affaiblissements des parois qu'elle provoque.

La feuille ou plaque fixée dans son chassis est chauffée à température convenable, emboutie et l'air des creux évacué par aspiration. Le procédé permet d'appliquer la méthode négative à des feuilles et plaques de fortes épaisseurs.

III. Méthode positive avec préallongement pneumatique



Dans la fabrication de grandes pièces avec parties très creuses, on peut combiner la méthode IV avec la méthode négative ou la méthode positive; de même qu'il est possible de combiner les quatre méthodes suivant dessin et forme de la pièce à réaliser. Ainsi on peut obtenir des creux marqués sur des pièces formées par la méthode positive, en appliquant en même temps la méthode négative avec préallongement mécanique.

Les faces que l'on veut garder très lisses ne doivent jamais entrer en contact avec la surface du moule, il est donc très important de choisir la méthode de formage en conséquence.

c) Machines pour le formage sous vide

Le système d'aspiration doit être puissant et capable d'établir rapidement le vide, le cylindre doit avoir une capacité suffisante.

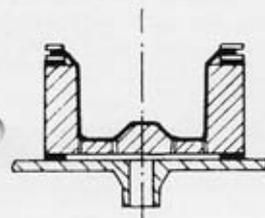
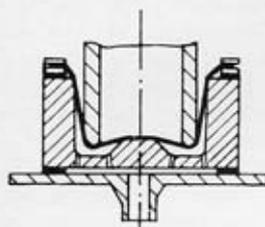
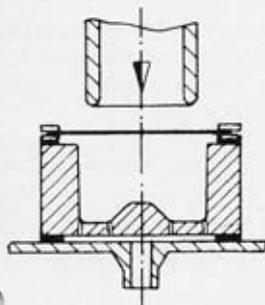
Les machines, selon leur grandeur, sont généralement pourvues d'un ou de deux dispositifs d'aspiration. Pour la fabrication en série et si l'on veut s'assurer une rentabilité certaine, il est indispensable de disposer de deux systèmes d'aspiration, de façon à pouvoir établir un rythme régulier à la marche de la machine.

La source de chaleur doit être conçue de manière que le radiateur vienne par rotation se placer en position de chauffe au-dessus de la feuille montée dans le châssis. On recommande généralement de préchauffer les feuilles supérieures à 1,5 mm. d'ép., mais il est indispensable de préchauffer les plaques de plus de 2 mm. Sur les grandes machines une table spéciale est prévue à cet effet.

Pour tenir compte des propriétés différentes des matières et de l'épaisseur variable des flans on fera en sorte que la hauteur du radiateur ou bien que la chaleur radiante soient réglables. Dans la pratique la mise en chauffe zonale donne de bons résultats. La coloration dans la masse de la matière n'a pas d'influence sensible sur la durée du chauffage.

Le chauffage de la surface de la feuille ou plaque doit

**IV. Méthode négative
avec préallongement mécanique**
(Emboutissage-soufflage)



être aussi uniforme que possible. Des réflecteurs métalliques peuvent être fixés en bordure des radiateurs et permettent d'obtenir d'excellents résultats. S'ils manquent les bords de la feuille, influencés par le froid du châssis de serrage, restent plus froids et ont plus de difficulté à se déformer. Lorsqu'il n'est pas possible de monter les réflecteurs sur le châssis même, on peut compenser la perte de chaleur par un système de chauffage monté sur le châssis.

Une trop longue durée de chauffage, de même qu'une trop forte intensité de chaleur provoquent des surchauffes. On s'en rend compte par la mobilité de la surface et le louchissement de la matière. La surchauffe prolongée provoque des bulles.

Les thermoplastes étant mauvais conducteurs de chaleur, le chauffage unilatéral provoque d'assez fortes différences de températures entre recto et verso de la feuille. On rétablit l'équilibre en préchauffant le verso. Certaines machines sont équipées d'un double chauffage. Nous indiquons des constructeurs de machines sur demande.

d) Moules

Pour les fabrications en séries, les moules sont généralement en métal (p.ex. alliages légers) ou en bois stratifié (Lignofol). Pour les courtes séries et les prototypes on les exécute en bois (frêne, érable, aulne), en résines synthétiques, en plâtre, en ciment magnésien (Stonex) et autres matériaux analogues.

Lors du choix du matériau des moules il ne faut jamais perdre de vue que la pièce moulée épousera la structure de surface du moule dans ses moindres détails.

Le choix de la méthode de travail doit être fait avant la construction des moules. Si l'on veut obtenir des épaisseurs de parois régulières les moules en forme de coupes, utilisés dans la méthode négative sans préemboutissage, doivent avoir une pente supérieure à 20°. Les moules de la méthode positive ne doivent jamais être strictement verticaux, mais avoir une inclinaison conique, l'enlèvement de la pièce formée en est facilité.

Pour permettre l'aspiration de l'air on perfore des trous très fins aux parties les plus creuses du moule. Ils ne doivent pas excéder 0,5 à 1 mm., plus gros ils marqueraient la pièce. Leur nombre dépend de l'importance du creux; en principe ils doivent être conçus de manière à permettre d'évacuer en une seconde 40 fois le volume d'air enfermé. Dans les moules coulés on obtient les trous en insérant des fils de métal de 0,5 à 1 mm. dans la matière.

En vue d'un bon rendement, le cadre dans lequel est fixé le flan, doit être conçu de manière à obtenir une fermeture rapide et convenable. Le moule doit être garni de joints résistants aux températures de travail.

C) Finissage

Les instructions générales que nous publions pour nos différents produits sont en principe valables pour le finissage. Il faut néanmoins noter une fois de plus que l'utilisation d'outils à angle de coupe positif provoque facilement des craquelures et fentes dans la pièce. Il est bon d'appliquer des valeurs supérieures aux normes citées dans les différentes littératures; pour le découpage à la scie à ruban p.ex. jusqu'à moins dix degrés. L'espacement des dents doit être de 2 à 3 mm. — Travailler à vitesse maximum de la lame et avec le moins possible d'avance. Un bon plateau et une bonne tenue sont tout aussi importants qu'une bonne coupe de l'outil. Ces observations sont particulièrement importantes lorsqu'on travaille à la cisaille à guillotine, sans quoi la matière s'écaille et se fendille. La coupe en biseau est à préférer à la coupe parallèle.

Lorsqu'on découpe à l'emporte-pièce les mêmes observations sont valables: un bon plateau, une bonne tenue et des outils bien affûtés sont de toute première utilité.