

| | | |
|-------------------------------------|---|------------------|
| Département génie mécanique | ISET DE SOUSSE | Mise en forme |
| PLASTURGIE Niveau : 3 | <u>TP n° 2</u> Thermoformage (Thermoformage sous vide) | Durée : 3 h |

DOCUMENTS RESSOURCES :

1. ANNEXE 2 : FICHE MATIÈRES PS ;

2. SÉQUENCE VIDÉO.

- ◆ Lire le dossier ressources (annexes) ;
- ◆ Visionner le film ;
- ◆ Répondre aux questions.

3. ANNEXE 4 : PRÉCIS MATIÈRES PLASTIQUES: STRUCTURES PROPRIÉTÉS, MISE EN ŒUVRE, ET NORMALISATION, PAGES 173-176 ;

L'ÉTUDIANT EST APPELÉ À PRÉPARER AVANT LE JOUR PRÉVU POUR LE TP :

⇒ LA RÉPONSE À TOUTES LES QUESTIONS DE L'APERÇU THÉORIQUE ;

⇒ UN RÉSUMÉ ÉCRIS DE LA PARTIE EXPÉRIMENTALE ;

⇒ UNE LISTE DE BESOIN DU MATÉRIEL À COMMANDER DE LA PART DU MAGASINIER ;

I. INTRODUCTION

Le **thermoformage** est une technique qui consiste à prendre un matériau sous forme de plaque en plastique, à le chauffer pour le ramollir, et à profiter de cette ductilité pour le mettre en forme avec un moule. Le matériau redurcit lorsqu'il refroidit, gardant cette forme.

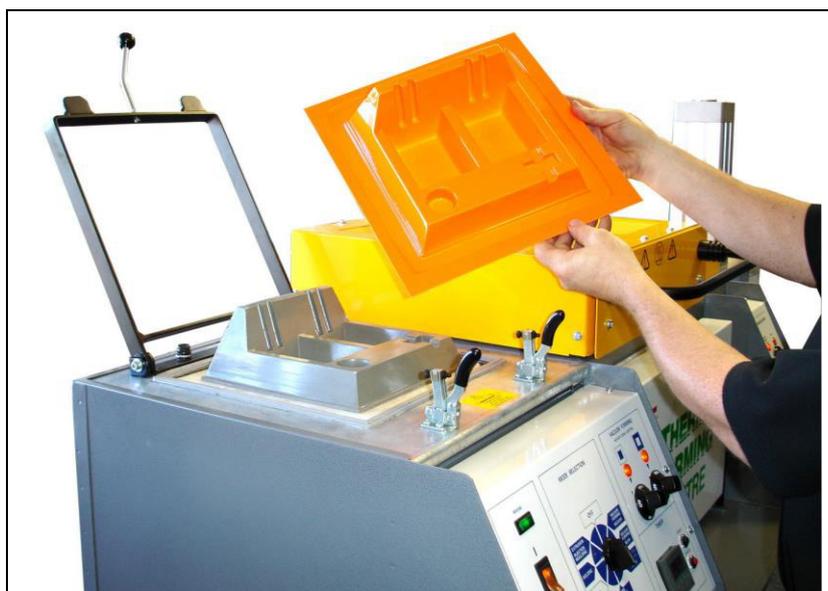


Figure 1 - poste de thermoformage.

Les thermoplastiques les plus aptes au thermoformage sont:

- Polystyrène
- PVC
- Polypropylène et
- Polyéthylène

D'autres thermoplastiques peuvent être thermoformés après séchage :

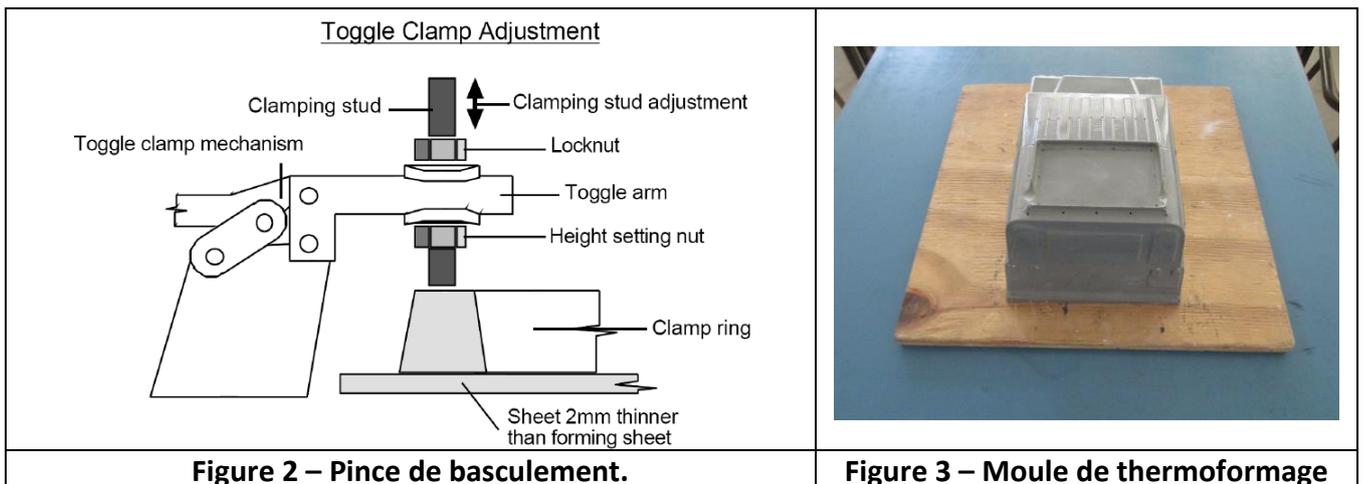
- acrylique extrudé
- ABS et
- Polycarbonate

II. COMPTE RENDU

Le rapport doit contenir **une partie expérimentale** décrivant brièvement ce qui a été fait pendant la séance et **une partie théorique** est nécessaire. Il doit également contenir une **discussion des résultats obtenus**. Il ne s'agit pas simplement d'observer et de décrire les échantillons séparément, mais de comprendre et d'expliquer les phénomènes à partir de groupes d'échantillons que l'on comparera pour mettre en évidence l'influence de tel ou tel paramètre.

C'est aussi dans cette partie que l'étudiant mettra les réponses aux éventuelles questions posées par l'assistant. On peut mettre un **résumé des résultats principaux**, ce que vous avez appris, une critique de la méthode etc., dans une **conclusion**.

L'ÉTUDIANT EST APPELÉ À FAIRE UN EXPOSÉ ORAL À LA FIN DE CHAQUE TP ET DOIT PRÉPARER POUR LA RÉPONSE À TOUTE QUESTION POSÉE PAR L'ENSEIGNANT.



LITTÉRATURE

[1] Documents machine.

[2] Précis Matières plastiques: structures-propriétés, Mise en œuvre, et normalisation, J.-P. Trotignon, J. Verdu, A. Dbraczynski et M. Piperaud.

(Document réponse)^{TP2 Thermoformage}

NOMS ET PRÉNOMS :

→ APERCU THEORIQUE

PRINCIPE ET MATIÈRES THERMOFORMÉES

1. Quelle est la forme adéquate de matériaux en thermoformage (Forme des pièces) ;

.....

2. Citer les principales matières thermoplastiques qui se transforment par thermoformage;

3. Quels sont les matériaux qui se transforment mieux les thermoplastiques amorphes ou les thermoplastiques semi cristallins ;

TECHNIQUE DU THERMOFORMAGE

4. Présenter par un schéma, la machine de thermoformage en utilisant ces termes (serre flan, modèle, plateaux chauffants, porte moule, compresseur, feuille TP) ;

| | |
|------------------|------------------|
| | <u>1.</u> |
| <u>2.</u> | <u>3.</u> |
| <u>4.</u> | <u>5.</u> |

5. Citer les étapes d'un cycle de thermoformage avec des schémas explicatifs (5 étapes, tableau ci-dessus) ;

FONCTIONNEMENT DES MACHINES DE THERMOFORMAGE

6. Le temps de chauffage de la plaque est relativement long : 2 à 10 min pour 1mm d'épaisseur. Quel sont les paramètres à tenir compte au cours de l'estimation du temps de chauffage ;
-

7. Déterminer, à partir de la bibliographie, les températures utilisées en thermoformage pour ces matériaux : PS, PVC et PA
-

8. Citer les causes éventuelles des ces défauts :

✓ Défauts d'aspect :

✓ Plis dans les angles :

9. À partir des échantillons fournis qui représentent des exemples de pièces thermoformées, identifier les défauts et leurs causes éventuelles ;
-
-
-

→ TRAVAIL EXPERIMENTAL

1. Identifier le matériau proposé et déterminer ces caractéristiques principales : (T_v **température de transition vitreuse**, T_f **température de fusion**) à partir de la littérature (fiche matière) ;
-

2. Régler la température de la plaque chauffante ($T_v + 30^\circ\text{C}$) ;
 3. Régler la pince de basculement selon l'épaisseur de plaque à thermoformer (fig. 2) ;
 4. Réaliser l'opération de thermoformage (voir *Mode de thermoformage*) à $T = T_v + 30^\circ$;
 5. Décrire, par une phrase, l'essai réalisé et le produit obtenu dans chaque cas ;
-
-

6. Présenter les défauts observés sur les produits, citer les causes éventuelles des ces défauts ;
-
-

7. Faire une comparaison entre les trois produits et commenter les résultats.
-
-

8. **NETTOYER et RANGER le poste de travail puis appeler l'enseignant.**

ANNEXE 1 TP2 THERMOFORMAGE DES THERMOPLASTIQUES

1. PRINCIPE

La technique de thermoformage utilise les matériaux semi-ouvrés tels que les plaques ou feuilles rigides en matière thermoplastique pour les transformer en objets tridimensionnels avec une épaisseur de paroi proche de l'épaisseur du matériau de départ.

L'utilisation de cette technique est possible grâce au comportement des matières thermoplastiques (plus marqué pour les amorphes) qui prennent une consistance caoutchouteuse au-dessus de leur température de transition vitreuse et peuvent donc être aisément formées et figées dans cet état par refroidissement.

2. MATIÈRES THERMOFORMÉES ET EXEMPLES

Les matières thermoplastiques qui se transforment par thermoformage sont : les produits vinyliques (PVC et ses copolymères), les styréniques et leurs copolymères, les méthacryliques, les cellulosiques, les polycarbonates.

Il faut noter que les thermoplastiques amorphes se thermoforment mieux que les cristallins.

La possibilité d'utilisation de la matière transparente ou translucide offre des possibilités très avantageuses par rapport à celles données par les matériaux classiques pour les luminaires.

Exemples d'application :

ABS : carrosseries, bateaux, planches à voile, carénage de motos ou de machines diverses, etc.

PMMA ou de PC : cockpits d'avions et de planeurs, vitres blindées, vasques de luminaires, panneaux publicitaires.

PS-choc, CAB, PVC : emballages de produits alimentaires et d'articles de consommation.

3. TECHNIQUE DU THERMOFORMAGE

3.1 Généralités

Le cycle de thermoformage classique se compose de cinq étapes (fig. 1) :

- fixation d'une plaque ou d'une feuille rigide sur un cadre (fig. 1.1),
- chauffage de la plaque au-dessus de la température de transition vitreuse du polymère (chauffage au four ou par IR et fixation ou glissement sur un cadre) (fig. 1.1 et fig. 1.2),
- formage par aspiration et maintien de la déformation de la feuille jusqu'à la fin du refroidissement (fig. 1.3),
- refroidissement de l'objet à la température ambiante (fig. 1.4),
- démoulage et découpage des bords s'il est nécessaire (fig. 1.5).

Bien que la méthode soit relativement simple, l'industrie utilise dans la plupart des cas des machines spéciales pour ce type de mise en œuvre (fig. 2).

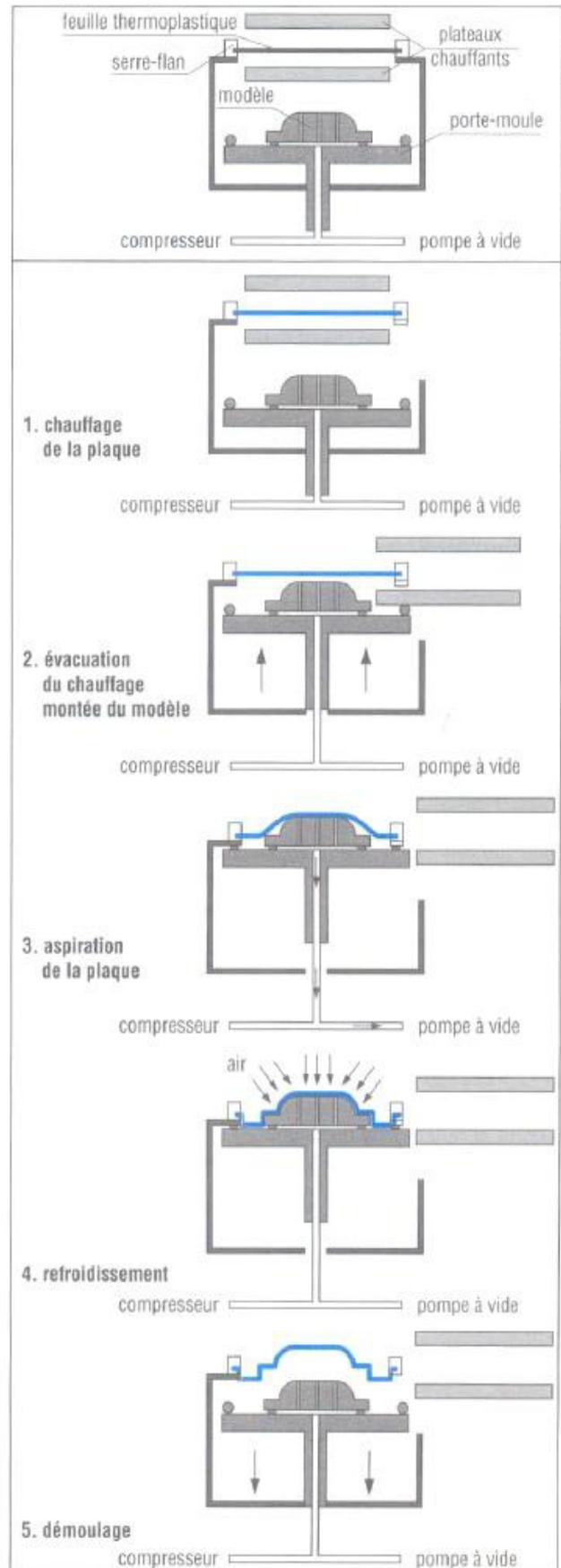


Fig. 1. Principe du thermoformage.

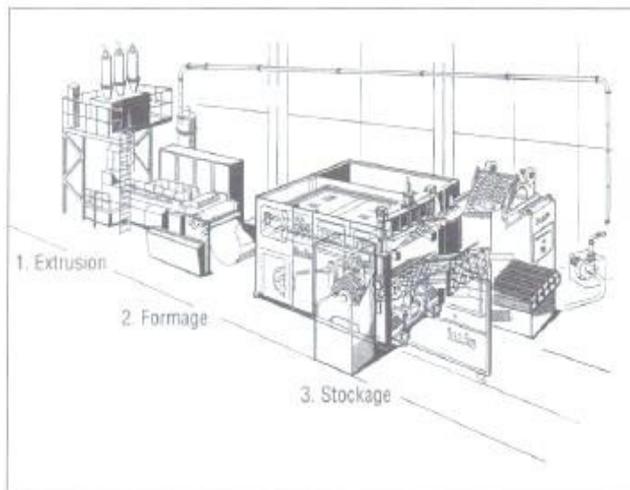


Fig. 2. Installation industrielle de fabrication de gobelets de grande productivité.

3.2 Fonctionnement des machines de thermoformage

3.2.1 Chauffage.

Selon la taille des pièces, il est réalisé par un four ou par des panneaux infrarouges. On peut thermoformer directement en sortie d'extrusion de la plaque. Les panneaux IR sont montés sur un chariot inférieur et un supérieur (fig. 2) qui sont placés de chaque côté de la feuille pour la chauffer directement des deux côtés. Cette solution est très avantageuse dans le cas de plaques épaisses. Le temps de chauffage est relativement long : 2 à 10 min pour 1 mm d'épaisseur (fonction de la matière et de sa couleur). Le système de fixation de la plaque sur le cadre provoque le refroidissement des bords par la fuite de chaleur à travers le châssis métallique de la machine. On compense ces pertes par des dispositifs spéciaux tels que l'écran réflecteur, l'isolation du serre-flan, le chauffage individuel. La puissance des organes chauffants est de l'ordre de 25 à 30 kW.m². La température de chauffage (20 à 30 °C minimum au-dessus de T_v) dépend de la matière. On a intérêt à chauffer la matière à la température minimale admissible pour augmenter la cadence du formage.

Températures utilisées pour le thermoformage : voir ci-dessous.

| matière | température de formage en °C | | température moule en °C | température poinçon en °C |
|-------------------|------------------------------|----------|-------------------------|---------------------------|
| | optimum | minimum | | |
| PS | 140-175° | 120° | 50-65° | 80-120° |
| ABS | 150-175° | 140° | — | — |
| PMMA moulé | 145-180° | — | — | — |
| PMMA extrudé | 110-160° | — | — | — |
| PVC plastifié | 140-180° | 95-125° | 40-46° | 60-150° |
| PEhd | 135-190° | 120° | 65-95° | 150° |
| PP | 150-200° | — | — | — |
| CA | 130-160° | 100-120° | 50-60° | — |
| EC | 150-200° | — | — | — |
| PA (caprolactame) | 215-220° | 210° | 65-75° | — |
| Polyoxyméthylène | 185-200° | 185° | — | — |

Tableau 1. Température de thermoformage.

| nature de défauts | défauts provenant de : | | | | | |
|------------------------------------|------------------------|------------------|---------|--|-----------------------------------|----------------------|
| | Mise en œuvre | Machine ou moule | Matière | Conception de la pièce | | |
| | | | | Rapport profondeur-largeur trop grande | Manque de renforts ou de nervures | Manque de dépouilles |
| Défaut d'aspect | + | + | + | | | |
| Défaut de géométrie | + | + | | | | |
| Défaut de résistance | + | + | + | + | + | |
| Parois latérales trop étirées | + | + | + | + | | |
| Angles trop étirés | | + | | + | | |
| Plis dans les angles | | | | | + | + |
| Microfissures, trous ou déchirures | + | + | + | + | | + |
| Gauchissement | + | + | + | + | | |
| Manque de rigidité | | | + | | + | |

Tableau 2. Classification de défauts et de leur origine.