MATIERES PLASTIQUES

Table des matières

1 Objectif....2
2 Composition chimique....2
3 Structure moléculaire....4
3.1 Les Thermoplastiques....4
3.2 Les Thermodurcissables....4
3.3 Les Élastomères....4
4 Mise en forme des thermoplastiques....5
4.1 Injection....5
4.2 Extrusion....5
4.3 Soufflage....5
4.4 Calandrage....5
4.5 Usinage....5
5 Propriétés des thermoplastiques....6
6 Amélioration des propriétés des thermoplastiques....6

1 Objectif

Choisir et utiliser convenablement un matériau plastique lors de la conception d'une pièce.

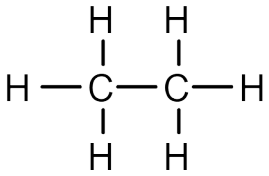
2 Composition chimique

Un matériau plastique est constitué de très grandes molécules appelées macromolécules ou polymères. Un polymère est une chaîne de séquences plus petites qui se répètent appelées monomères. Il est à base de carbone (polymères organiques) ou de silicium (polymères siliconés).

Exemple du polyéthylène (PE) :

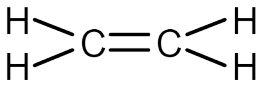
Il est issu de la transformation de l'éthane en éthylène puis en polyéthylène.

Éthane (C_2H_6)



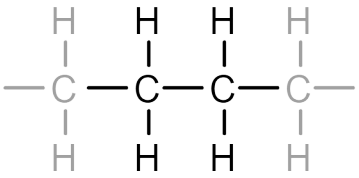
L'éthane est un gaz présent dans le gaz naturel et dans les gaz issus de l'extraction pétrolière.

Éthylène (C_2H_4)



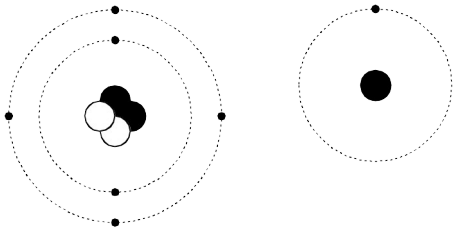
L'éthylène est un gaz obtenu industriellement à partir de l'éthane.

Polyéthylène $[C_2H_2]_n$



Le polyéthylène est un polymère associant jusqu'à 5000 monomères éthylène. Il est utilisé pour les films plastiques et les récipients alimentaires.

<u>Rappel :</u> Pour être stable, un atome de carbone doit compléter sa couche externe par 4 électrons. Il doit donc se lier avec d'autres atomes de carbone (liaison simple, double ou triple) ou d'hydrogène (liaison simple).



Au sein d'un polymère, les atomes sont liés par des liaisons covalentes (très solides).

La polymérisation est une réaction en chaîne initiée à l'aide d'un catalyseur. On obtient notamment le polyéthylène par polymérisation de l'éthylène sous une pression de 300 bar et en présence d'un catalyseur : l'oxygène.

Il existe des polymères naturels : cellulose, caoutchouc, ADN mais la plupart sont synthétiques (voir tableau page suivante).

Polymère (abréviation)	Développement du monomère	Polymère (abréviation)	Développement du monomère
Polyéthylène (PE) Film plastique Récipients alimentaires		Polyamide 6 (PA 6) (Nylon 6) Engrenages Coussinets Cordages	
Polypropylène (PP) Pare-chocs tableaux de bord		Polytéréphtalate d'éthylène (polyester saturé) (PETP) Bouteilles Fibres textiles (polaires) Fil d'imprimantes 3D	
Polychlorure de vinyle (PVC) Sols plastiques Tuyauterie		Polycarbonate (PC) CD, DVD Capots de protection transparents (casques)	
Polychlorure de vinylidène (PVDC) Tuyauterie		Polysulfone (PSU)	
Polystyrène (PS) Isolation Emballage		Cellulose (polymère naturel) Papier	
Polyméthacrylate de méthyle (PMMA) (PLEXIGLAS) Phares Vitres de téléphone		Polybutadiène (PB) (élastomère) Pneus	
Polyacrylonitrile (PAN) (ACRYLIQUE) Fibres textiles		Polyisoprène (PiP) (élastomère) Pneus	
Polytétrafluoroéthylène (PTFE) (TEFLON) Isolation électrique Coussinets			
Polyoxyméthylène (POM) (polyacétal) Engrenages			

3 Structure moléculaire

3.1 Les Thermoplastiques

Les polymères (macromolécules) des thermoplastiques sont linéaires et forment un enchevêtrement de fibres liées entre elles par des liaisons de Van der Waals (liaison faible).

C'est pourquoi les thermoplastiques sont très sensibles à la température. On distingue trois états en fonctions de la température θ et des caractéristiques θf (température de fusion) et θv (température de transition vitreuse) du matériau :

$\theta > \theta f$	$\theta f > \theta > \theta v$	$\theta v > \theta$
Liquide	Caoutchouteux	Solide

Les changements d'état sont réversibles. Cela permet la fabrication de pièces par fusion de la matière et injection dans un moule ou par extrusion à travers une filière.

Exemples : PE (Polyéthylène), PC (Polycarbonate), PVC (Polychlorure de Vinyle), PA (Polyamide), PS (Polystyrène)

3.2 Les Thermodurcissables

Les polymères des thermodurcissables forment un réseau géant tridimensionnel (parfois, une macromolécule suffit pour la pièce entière). Ce réseau n'est pas fusible après polymérisation. Beaucoup plus résistant à la température il ne fond pas et ne peut pas être transformé par injection. Il peut être néanmoins moulé en introduisant les deux composants (base et catalyseur) dans le moule et en y réalisant la réaction de polymérisation.

Exemple : Époxyde (colle araldite bi-composants), Phénoplaste (bakélite)

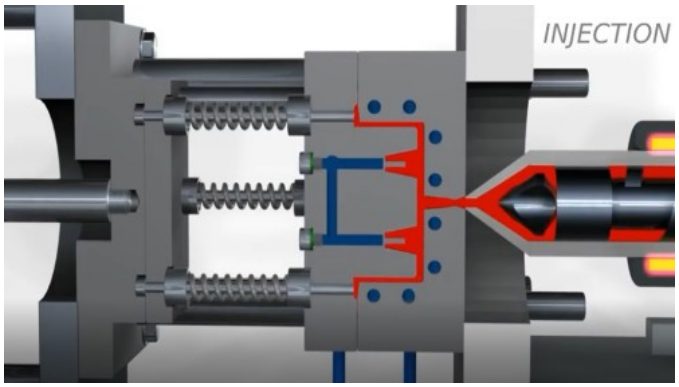
3.3 Les Élastomères

Ce sont des thermoplastiques utilisés au dessus de leur température de transition vitreuse.

Exemple : PVC souple (θ transition vitreuse : - 40°C)

4 Mise en forme des thermoplastiques

4.1 Injection

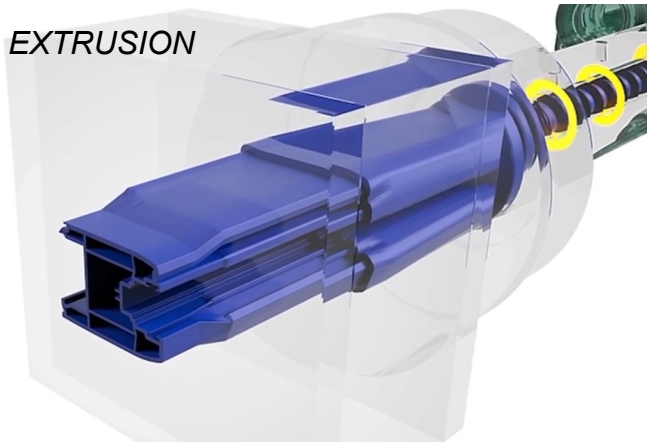


Le processus se décompose ainsi : fusion de la matière plastique, injection dans un moule fermé, refroidissement, ouverture du moule et éjection de la pièce.

4.2 Extrusion

La matière plastique fondue est poussée au travers d'une filière. La section de passage dans celle-ci donne la forme du profilé (tube, cornière, goulotte).

4.3 Soufflage

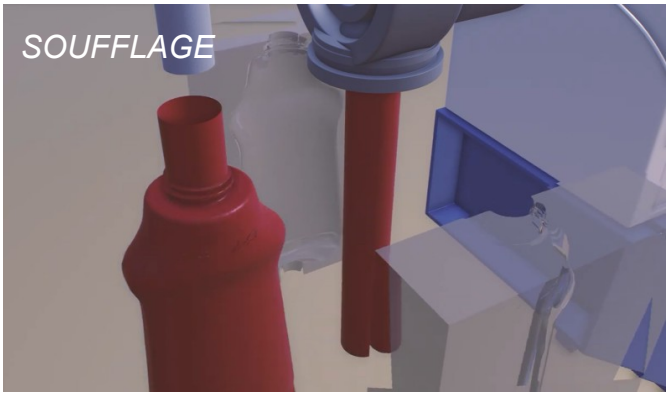


La matière plastique fondue est extrudée sous la forme d'un tube qui est introduit dans un moule puis gonflé d'air. Ce procédé est utilisé pour l'obtention de corps creux (bouteilles plastique).

4.4 Calandrage

La matière plastique visqueuse est laminée entre deux rouleaux puis refroidie sous forme d'un film.

4.5 Usinage



Les procédés précédents ne sont envisageables que pour une grande série de pièces. L'investissement (filière, moule) est important. Pour les petites séries ou les pièces unitaires, on utilisera l'impression 3D ou l'usinage de matières plastiques livrées en plaques.

Lors de l'usinage, il faudra faire particulièrement attention à :

- La flexion du brut sous les efforts de coupe.
- L'échauffement qui entraîne la fusion de la matière au lieu de sa découpe (lame de scie sauteuse coincée dans le trait de scie).

5 Propriétés des thermoplastiques

Leurs principaux avantages sont :

- Leur légèreté : ρ en g/cm^3 est compris entre 0,9 (PE) et 1,25 (PC). Rappel : aluminium 2,7 et acier 7,8 g/cm^3.
- Leur bonne isolation électrique (gaine de câble) et thermique (isolation des bâtiments).
- Leur transparence : transmission lumineuse de 92 % pour le PMMA et de 88 % pour le PC.
- Leur inoxydabilité à la plupart des produits chimiques.
- Leur un bon ratio Rm / ρ et E / ρ malgré une faible rigidité E et une faible limite élastique Rm.
- La possibilité d'y inclure des colorants qui permettent une large palette de couleurs.

Leurs principales faiblesses sont :

- Leur faible rigidité, qui décroît rapidement avec la température. Leur température maximale d'utilisation est généralement comprise entre 60°C (PE) et 120°C (PC).
- Leur rigidité qui décroît avec le temps. C'est le phénomène de fluage : allongement lent sous charge jusqu'à la rupture. C'est pourquoi, il ne faut jamais maintenir une pièce plastique sous charge lors de son utilisation (surtout en traction).
- Leur grande dilatation thermique : 50 à 100 fois plus que l'acier.
- Leur instabilité dimensionnelle par absorption d'eau au fil du temps (jusqu'à 3 % pour les PA).
- Leur combustibilité, la combustion s'accompagnant parfois de gaz toxiques : Le PVC brûle en produisant du chlorure d'hydrogène, gaz acide qui se dissout dans l'eau pour donner de l'acide chlorhydrique.

6 Amélioration des propriétés des thermoplastiques

Pour palier aux inconvénients cités précédemment, on leur ajoute des adjuvants ou des renforts.

- Des inserts métalliques disposés dans le moule lors de l'injection (axes, goujons, taraudages).
- Des fibres de verre qui améliorent la rigidité et la résistance : exemple PC seul E=2,4 MPa et Rm=70 MPa ; PC+30 % fibres verre E=6 MPa et Rm=120 MPa. Ces fibres peuvent être courtes et inclues lors de l'injection ou longues et disposées en nappes avant d'être imprégnées par le polymère.
- Des lubrifiants : sulfure de molybdène, talc, carbone qui permettent de leur faire acquérir des propriétés anti-usure. Exemple des coussinets plastiques de la marque Igus.
- Des ignifugeant qui permettent de retarder leur combustion (Classement UL V0).
- Des stabilisants qui empêchent leur dégradation sous l'action des UV.