

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les thermoplastiques

Blaga, A.

For the publisher's version, please access the DOI link below. / Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40000935>

Digeste de la construction au Canada, 1975-09

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=e1cbbdd9-5496-4ad9-94f1-bb2648515aad>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=e1cbbdd9-5496-4ad9-94f1-bb2648515aad>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 158F

Les thermoplastiques

Publié à l'origine en septembre 1975

A. Blaga

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Les thermoplastiques constituent une importante classe de matériaux synthétiques utilisés de plus en plus dans diverses applications. Par exemple, dans le bâtiment et la construction, les thermoplastiques remplissent diverses fonctions comme éléments légers structuraux et décoratifs ou comme parties auxiliaires d'autres matériaux et éléments. Etant donné que les digests précédents n'ont donné que des descriptions très sommaires des thermoplastiques, celui-ci présente une discussion plus détaillée de cette classe de matériaux, en décrivant leurs caractéristiques générales et les principales familles.

Caractéristiques

Les thermoplastiques sont dérivés de polymères linéaires ou légèrement ramifiés. Sous l'action de la chaleur, le matériau thermoplastique se ramollit et les chaînes moléculaires s'écoulent les unes sur les autres; le matériau se solidifie par refroidissement en prenant une nouvelle forme. Le processus de ramollissement par chauffage et de durcissement par refroidissement peut être répété un nombre indéfini de fois, car à la différence des résines thermodurcissables, les matières thermoplastiques ne subissent aucune modification chimique. Par conséquent, les déchets thermoplastiques peuvent être récupérés et recyclés. Les pièces fabriquées à partir de thermoplastiques peuvent couvrir toute une gamme de produits, allant des épingles et capteurs à des grands réservoirs d'eau et peuvent inclure des formes complexes telles que des revêtements, des adhésifs, des mousses, des plastiques renforcés (armés), ainsi que des matériaux résistants aux températures élevées.

Les principales familles de thermoplastiques

Les principales familles de thermoplastiques trouvées dans le commerce sont les polyéthylènes, les polypropylènes, les plastiques à base de poly (chlorure de vinyle), les polystyrènes, les acryliques, les nylons et les cellulosiques. À l'exception des nylons et des cellulosiques, le polymère de base de chaque famille possède une chaîne principale entièrement en carbone-carbone, qu'on peut représenter par la formule générale de la figure 1; les groupes désignés par R et R¹ sont donnés dans le tableau I. Les nylons et les cellulosiques sont dérivés de polymères qui possèdent aussi des atomes autres que le carbone dans la chaîne principale. Les

propriétés typiques des thermoplastiques industriels sont données dans les tableaux II et III, bien que les valeurs de certaines propriétés ne représentent qu'une fraction de la gamme totale possible et ne doivent servir qu'à des fins de comparaison.

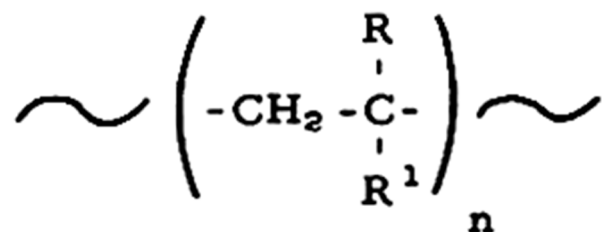


Figure 1. Formule générale des polymères thermoplastiques ayant une chaîne principale C-C.

Tableau I. Polymères thermoplastiques ayant une chaîne principale C-C

R	R ¹	Nom du polymère	Abréviation
H	H	Polyéthylène	PE
H	CH ₃	Polypropylène	PP
H	Cl	Poly (chlorure de vinyle)	PVC
H	C ₆ H ₅	Polystyrène	PS
H	COOCH	Poly (acrylate de méthyle)	PAM
CH	COOCH	Poly (méthacrylate de méthyle)	PMM

Les plastiques à base de polyéthylène

Ce sont les plastiques le plus largement utilisés. Bien qu'ils consistent parfois uniquement en polymère de polyéthylène (PE) produit par polymérisation de l'éthylène (un gaz), ils contiennent le plus souvent de petites proportions d'un ou plusieurs adjuvants tels que des charges, des pigments, des stabilisants, des agents antistatiques et des agents ignifugeants. Les polyéthylènes du commerce se subdivisent en deux types principaux: les polyéthylènes de basse densité (PEBD) et les polyéthylènes de haute densité (PEHD). Par rapport aux PEBD, les matériaux au PEHD ont une rigidité, une résistance mécanique et un point de fusion supérieurs, mais ils présentent une résistance plus faible à la fissuration provoquée par l'environnement.

Tableau II. Gamme type des propriétés des thermoplastiques de commerce (sans charge et sans renforcement) ⁽¹⁾

Nom du Thermoplastique	Résistance à la traction (lb/po ²) (ASTM D-638)	Allongement (%) (ASTM D-638)	Module de traction (10 ⁵ /po ²) (ASTM D-638)	Résistance à la compression (lb/po ²) (ASTM D-695)	Résistance à la limite élastique en flexion (lb/po ²) (STM D-790)	Dureté**
Polyéthylène basse densité	600-3,500	50- 800	0.14-0.55	-	4,800-7,000	41-60 (Shore D), R10-

haute densité	3,100-5,500	20-1,000	0.6-1.8	2,200-3,600	-	R15 60-70 (Shore D)
Polypropylène	4,300-5,500	200- 700	1.60-2.25	5,500-8,000	6,000-8,000	R85- R11
Poly(chlorure de vinyle) rigide	5,000-9,000	2- 40	3.5-6.0	8,000-13,000	10,000-16,000	65-85 (Shore D) ***
Poly(chlorure de vinyle) souple	1,500-3,500	200- 450	-	900- 1,700	-	50-100 (Shore A) ***
Polystyrène*	5,000-12,000	1- 2.5	4.0-6.0	11,500-16,000	8,700-14,000	M65- M80
Poly(méthacrylate de méthyle)	7,000-12,500	2- 10	3.5-4.8	11,000-21,000	12,000-19,000	M61- M105
Nylon 66	9,000-12,000	60- 300	1.75-4.15	6,700-12,500	No break	R108- R120
Acétate de cellulose	1,900-9,00	6- 70	0.7-6.0	2,000-36,000	2,000-16,000	R34- R125

* Type de général et résistant aux températures élevées

** Les chiffres précédés de M ou de R (symboles de l'échelle de dureté) représentent les valeurs obtenues au moyen de duromètre Rockwell (ASTM D-785)

*** Les lettres A et D désignent le type de duromètre Shore (ASTM D-2240)

Les plastiques en PE présentent un ensemble d'excellentes propriétés physiques et électriques, comme la résistance à l'eau et aux produits chimiques, ténacité, poids léger, flexibilité, facilité de mise en oeuvre et, un prix assez bas. Ils se prêtent à divers usages qui comprennent entre autres la fabrication des isolants pour fils électriques et câbles, des films d'emballage, des films coupe-vapeur, des fûts, des citernes d'eau froide, des réservoirs de stockage et autres grands conteneurs, des tuyaux de drainage, de la tuyauterie et des plaques, Leurs défauts sont une faible résistance à la fissuration et l'écoulement ou le fluage à la température ambiante sous l'action des contraintes mécaniques. La résistance au vieillissement est faible, car le PE est sensible à la lumière ultraviolette et à l'oxygène. Il en résulte une perte de résistance mécanique, une réduction de l'allongement et de la résistance au déchirement. Bien que les stabilisants soient capables de retarder la détérioration, il y en a peu qui soient compatibles avec le polymère. Les matériaux additionnés du pigment noir de fumée résistent bien aux intempéries.

Tableau III. Propriétés mécaniques générales des thermoplastiques du commerce (sans charge et sans renforcement) ⁽¹⁾

Nom du thermoplastique	Vitesse de combustion (Inflammabilité), (po/min) (ASTM D-635)	Temp. de fléchissement (°F at 264 lb.po ²) (ASTM D-648)	Coefficient de dilatation thermique 10 ⁻⁵ /°F (ASTM D-696)	Absorption d'eau en 24 h (%) (ASTM D-570)	Effet des solvants organiques(ST M D-790)	Effet de la lumière solaire (vieillissement)
------------------------	---	---	---	---	---	--

Polyéthylène

basse densité	Très lent (1.00-1.04)	90-120	5.6-11.1	<0.02	Résistant (au-dessous de 140°F	Stabilisation nécessaire
haute densité	Très lent (1.00-1.04)	110-130	6.1-7.2	<0.01	Résistant (au-dessous de 176L)	Types résistants aux intempéries, disponibles en toutes couleurs
Polypropylène	Lent	125-140	3.2-5.7	<0.01	Résistant (au-dessous de 176°F	
Poly(chlorure de vinyle) rigide*	Auto-extinguible	-	2.8-10.3	0.15-0.75	Se dissout ou subit un gonflement dans les cétones et les esters	-
Poly(chlorure de vinyle) souple*	Lent à auto-extinguible	-	3.9-13.9	0.15-0.75	Se dissout ou subit un gonflement dans les cétones et esters	-
Polystyrène**	Lent	220 max	3.3-4.4	0.03-0.01	Soluble dans les hydrocarbures aromatiques et chlorurés	Jaunissement et fendillement
Poly(méthacrylate de méthyle)	Incombustible à lent (0.6-1.3)	155-215	2.8-5.0	0.1-0.4	Soluble dans les cétones, les esters, les hydrocarbures aromatiques et chlorurés	Aucun
Nylon 66	Auto-extinguible	150-220	4.4	1.5	Résistant aux solvants ordinaires	Se décolore légèrement
Acétate de cellulose	Lent à auto-extinguible	111-195	4.4-10.0	1.7-7.0	Soluble dans la plupart des solvants ordinaires	Faible

* Plastiques à base de poly (chlorure de vinyle) homopolymère et de copolymère dérivé de chlorure de vinyle et d'acétate de vinyle

** Types d'usage général et résistants aux températures élevées

Les plastiques à base de polypropylène

Le polypropylène (PP) est lié au point de vue de la structure chimique et se fabrique par polymérisation du propylène (un gaz). Les plastiques à base de polypropylène présentent un ensemble inhabituel de propriétés. Ils possèdent une très bonne résistance à la fissuration due aux contraintes mécaniques, et plus particulièrement aux contraintes en flexion; ils ont une densité très faible, de bonnes propriétés mécaniques, y compris une excellente résistance aux chocs, tout en étant durs et ayant des surfaces très résistantes aux rayures. En outre, les plastiques en PP ont de bonnes caractéristiques diélectriques, ils sont chimiquement inertes et

insolubles à la température ambiante. D'autres propriétés remarquables sont la résistance à la putréfaction et à la moisissure, ainsi qu'une bonne résistance à la chaleur jusqu'à une température de 116°C (240°F). Les formulations des propylènes peuvent comporter des adjuvants tels que des pigments, du noir de fumée, des caoutchoucs, des antioxydants et des stabilisants aux rayonnements UV dans le cas des éléments exposés à l'extérieur. Les applications courantes se trouvent dans la fabrication des tuyaux et raccords, des pièces d'automobile, des ustensiles ménagers, des meubles, des films et des plaques, des filaments utilisés dans les tapis des bâtiments résidentiels et industriels, des cordages, des rubans, du capitonnage et des étoffes pour draperies.

Les plastiques à base de poly (chlorure de vinyle)

En raison de la grande variété de ses propriétés, le poly (chlorure de vinyle) (PVC) est de tous les plastiques, celui qui se prête au plus grand nombre d'usages. On l'appelle aussi vinyle. Quelle qu'en soit l'utilisation ou la méthode de fabrication, il faut toujours ajouter des ingrédients aux résines PVC, en particulier pour empêcher la dégradation au cours de la transformation et en service. En raison de la sensibilité du PVC à la chaleur et à la lumière, il faut toujours utiliser des stabilisants. Les autres adjuvants renferment des plastifiants, des lubrifiants et des adjuvants destinés à modifier la résistance au choc, ou à faciliter la mise en forme. Les substances telles que les pigments, les teintures, les agents ignifugeants, les charges et les fongicides, peuvent être ajoutées pour répondre à des exigences bien précises.

Les matériaux à base de PVC homopolymère (dérivé d'un seul type de monomère) forment deux types importants: les PVC rigides et les PVC plastifiés ou souples. Le terme « rigide » désigne ordinairement les PVC non plastifiés, qui ne contiennent normalement que le polymère additionné de stabilisant, de lubrifiant, et parfois, d'agents destinés à améliorer la résistance au choc. Cependant, le terme est utilisé aussi parfois pour inclure des produits légèrement plastifiés (jusqu'à 20 pour cent), bien que ces derniers devraient être appelés « semi-rigides ». D'autres polymères sont souvent ajoutés au PVC en vue d'améliorer leur résistance au choc ou de faciliter la transformation. Les produits fabriqués en PVC rigide sont durs, tenaces et difficiles à transformer, mais ils ont une assez bonne stabilité aux intempéries, des propriétés électriques supérieures, une excellente résistance à l'humidité et aux agents chimiques, ainsi qu'une excellente stabilité dimensionnelle. Ils sont auto-extinguibles.

Les PVC rigides sont utilisés pour fabriquer des tuyaux de drainage, d'évacuation et de ventilation, des réseaux de distribution d'eau et d'irrigation, ainsi que divers éléments de construction, y compris des parements de maisons, des châssis de fenêtres, des panneaux pour bâtiments, des gouttières, des conduites pluviales, des solins et des carreaux de murs.

Le PVC souple contient des proportions appréciables de plastifiants (de 20 à 50 pour cent et même davantage) qui le rendent plus flexible et plus facile à transformer. Il possède une résistance mécanique plus faible, ainsi qu'une tenue à la chaleur et aux intempéries moins bonne que le PVC rigide. Les compositions PVC souples sont utilisées pour fabriquer des isolants de câbles et fils électriques, des revêtements de parquets et (le murs, de la tuyauterie des films d'emballage, des rideaux de douche, des plaques ondulées, des coupe-bises, des encadrements de fenêtres et des panneaux décoratifs. Le PVC souple est aussi utilisé de plus en plus dans l'industrie automobile.

Le polystyrène et les plastiques dérivés

La famille des plastiques à base de polymères dérivés du styrène comprend: le polystyrène (PS), les copolymères de styrène avec des monomères de vinyle (éthylènes monosubstitués), ainsi que des alliages de polystyrène et de copolymères à base de styrène, avec des élastomères. Les plastiques à base de PS sont relativement peu coûteux, faciles à mouler et à colorer; ils présentent une faible absorption d'eau, une bonne stabilité dimensionnelle, de bonnes propriétés d'isolation et une assez bonne résistance aux agents chimiques.

Les principaux plastiques commerciaux à base de PS se divisent en trois types: d'usage général (standard), à poids moléculaire élevé et résistant à la chaleur. Le type d'usage général ou standard est le moins coûteux et sert dans les applications qui exigent une bonne transparence et rigidité, comme par exemple, les jouets, les emballages, les conteneurs et les assiettes à

jeter après usage. Le type à poids moléculaire élevé sert parfois lorsqu'il faut un produit à résistance au choc améliorée sans perte de transparence, qui se produit lorsqu'on emploie du PS à haute ténacité. Etant donné sa faible conductivité thermique, le PS sert d'isolant thermique sous forme de mousse de polystyrène, où le polymère constitue la matrice solide.

Les principaux inconvénients des plastiques à base de PS sont leur fragilité, leur basse température de fléchissement (de 82 à 88°C) et leur faible résistance aux solvants organiques y compris les produits de nettoyage à sec. En outre, de par leur nature, les résines PS offrent une faible résistance aux intempéries; lorsqu'elles sont exposées à l'extérieur, elles jaunissent et se fendillent. Cependant, plusieurs des défauts mentionnés précédemment peuvent être surmontés par une formulation adéquate, par copolymérisation du styrène avec des monomères de vinyle ou en utilisant un mélange de polystyrène avec d'autres polymères.

Au point de vue de la production commerciale, les copolymères les plus importants du styrène sont le caoutchouc synthétique à base de copolymère de styrène-butadiène et le copolymère de styrène-butadiène utilisé dans la peinture au latex. Le copolymère de styrène et d'acrylonitrile revêt aussi une grande importance. Les résines ABS sont des systèmes à deux phases: une phase formée par un caoutchouc à base de copolymère styrène-butadiène et en une matrice vitreuse continue de copolymère de styrène-acrylonitrile. Les plastiques à base de ABS ont une plus grande stabilité aux températures élevées et une meilleure résistance aux solvants que les PS qualité choc et conviennent particulièrement bien à la fabrication des pièces robustes. Les ABS servent à fabriquer des tuyaux de drainage, d'évacuation et de ventilation, des portes coulissantes, des glissières de fenêtres, des coupe-bises, des coffrages du béton et des appareils ménagers.

Les acryliques

Cette famille de plastiques comprend une gamme de polyacrylates, le poly (méthacrylate de méthyle) (PMM) et un important polymère capable de former des fibres, le polyacrylonitrile. Les acryliques les plus importants sont à base de PMM qui est un polymère amorphe. Le PMM possède entre autres propriétés remarquables une bonne transparence, une absence de couleur et une bonne résistance aux intempéries. Les trois types importants du commerce sont: les plaques coulées (utilisées en vitrage), la poudre à mouler standard (utilisée pour fabriquer des lentilles et des cadrans) et la poudre à mouler qualité choc, qui donne des produits moins transparents, mais ayant une plus grande résistance aux chocs.

Les nylons

Les nylons sont des polyamides et proviennent des réactions entre les molécules possédant des groupes amines ($-NH_2$) et acides carboxyliques ($-COOH$). Leur chaîne principale comporte des atomes d'azote (figure 2). Les nylons se caractérisent par une grande résistance mécanique, une ténacité remarquable, une bonne résistance à l'usure, une bonne tenue aux agents chimiques et un très faible coefficient de frottement. Cependant, les pièces fabriquées en nylon ont une faible stabilité dimensionnelle à cause de leur sensibilité à l'humidité et du fluage à froid. Les nylons ont été utilisés d'abord sous forme de fibres et de films, mais les améliorations récentes des matériaux et des techniques de transformation ont permis de les employer pour fabriquer diverses petites pièces utilisées dans le domaine de la technologie: par exemple, des engrenages, des paliers, des coussinets, des cames et autres pièces mécaniques, des roulettes et glissières d'armoires, des bâtis d'appareils ménagers, des coulisses, des revêtements de fils électriques et des pièces d'automobiles.

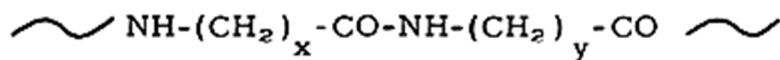


Figure 2. Molécule de polyamide

Les cellulosiques

Ce sont des plastiques obtenus par modification chimique de la cellulose, polymère naturel existant dans le bois, le coton, etc. Le plastique le mieux connu de cette classe est l'acétate de cellulose. Ses propriétés remarquables sont: une bonne ténacité, une haute résistance au choc, de bonnes propriétés électriques et un faible poids. Ses principaux inconvénients sont: une

basse température de distorsion et une absorption d'eau élevée. L'acétate de cellulose sert à fabriquer des manches d'outils, des bâtis, des jouets, des appareils d'éclairage électriques, des abat-jours, et des revêtements et laques de protection du bois et des métaux.

Référence bibliographique

1. Guide to Plastics, by the Editors of Modern Plastics Encyclopedia, McGraw-Hill, Inc., New York, 1970.