

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les matières plastiques

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/10.4224/40001112>

Digeste de la construction au Canada, 1975-08

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=58c2f44b-9300-4d22-9bf5-efdcae254800>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=58c2f44b-9300-4d22-9bf5-efdcae254800>

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 154F

Les matières plastiques

Publié à l'origine en août 1975

A. Blafa

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.

Bien que les (matières) plastiques soient de plus en plus utilisé(e)s comme matériaux de construction, leur nature et leurs caractéristiques sont généralement mal connues. Chaque plastique possède un ensemble de propriétés, de procédés de fabrication et de considérations d'ordre économique qui le rend idéal pour certaines applications et impropre à d'autres. Par conséquent, il est important que les usagers connaissent la nature de ces matériaux, afin d'être en mesure de s'en servir avantageusement dans des applications appropriées.

Dans un sens général, on dit qu'un matériau est plastique lorsqu'il peut se déformer sous l'action d'une force sans perdre sa cohésion, tout en conservant sa nouvelle forme lorsque la force a cessé d'agir. Le terme «plastique» est utilisé dans l'industrie pour désigner les substances et les matériaux (matières premières ou produits finis) à base de polymères organiques synthétiques qui peuvent devenir fluides et se prêter au moulage. La définition actuelle se restreint, en outre, aux matières plastiques à base de polymères organiques, à l'exclusion des élastomères et des fibres. Dans le domaine de la technologie on appelle matière plastique, un mélange comportant un polymère et divers ingrédients (par exemple, des plastifiants, des stabilisants, des charges, etc.), transformé en produit fini. Le présent digest décrit la terminologie et la nature générale des plastiques tels qu'ils existent avant la fabrication des pièces finies ou des objets.

Les polymères organiques

Pour comprendre la nature des plastiques, il est nécessaire d'examiner les substances qui en constituent la base, c'est-à-dire, les polymères organiques. Ces derniers sont des substances formées de grosses molécules en forme de chaîne, composées d'atomes de carbone, dans lesquelles s'intercalent parfois d'autres atomes. Bien que les polymères organiques existent dans les substances naturelles telles que la cellulose et le caoutchouc naturel, les plastiques sont presque tous à base de polymères artificiels (ou synthétiques). Les polymères organiques synthétiques proviennent de substances comportant des molécules relativement petites qui se joignent dans certaines conditions en formant un motif de groupement d'atomes répété dans la structure de la grosse molécule, de la même façon que les maillons forment une chaîne. Les substances dont proviennent les polymères sont appelées monomères; le processus de

production des polymères s'appelle polymérisation. Si l'on utilise un seul type de monomère, le polymère qui en résulte est appelé homopolymère; si l'on utilise deux ou plusieurs types de monomères, le produit est un copolymère. La meilleure illustration de la molécule de polymère est la molécule de polyéthylène qui peut être représentée par une longue chaîne d'atomes de carbone (squelette carboné) liés les uns aux autres, chaque atome de carbone étant à son tour, lié à deux atomes d'hydrogène (figure 1).

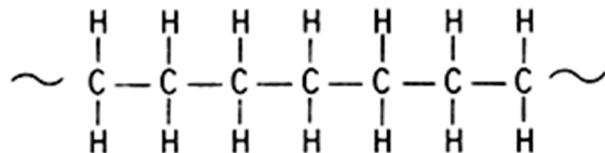


Figure 1. Molécule de polyéthylène

Selon les méthodes de production et leur nature chimique, les molécules peuvent être linéaires et en forme de chaîne, avec ou sans ramifications, ou bien, elles peuvent constituer des structures en réseaux tridimensionnels résultant de la formation des liaisons de pontage permanentes entre les chaînes linéaires (figure 2). Les molécules en forme de chaîne d'une masse polymère solide peuvent prendre trois types de dispositions spatiales, donnant lieu à un état soit amorphe, soit cristallin, soit orienté. A l'état amorphe, les molécules sont disposées complètement au hasard, à peu près comme une masse de spaghetti cuits. Le poly (méthacrylate de méthyle) et le polystyrène sont des polymères amorphes bien connus.



Figure 2. Représentation schématique des molécules polymères: (a) linéaire (b) ramifiée (c) tridimensionnelle (réticulée)

Si les molécules polymères ont un degré suffisant de régularité (chimique et géométrique) la masse solide du matériau polymère peut prendre une disposition ordonnée et l'on dit qu'elle est à l'état cristallin. Cependant, en raison de la longueur des molécules, les polymères ne peuvent jamais avoir le niveau d'ordre des substances à petites molécules, comme la glace et le sel ordinaire. Dans les polymères cristallins, certaines parties de la même chaîne moléculaire peuvent participer à plusieurs structures ordonnées (structures cristallines), tandis que d'autres parties de la même molécule existent sans ordre dans les zones amorphes. L'agglomération des molécules accroît la masse spécifique; la diminution des distances intermoléculaires augmente les forces d'interaction qui maintiennent les chaînes ensemble, produisant ainsi un accroissement des propriétés telles que la résistance à la traction, le module d'élasticité, et la température de ramollissement. Il existe des centaines de polymères cristallins, les plus connus étant le polyéthylène, le polypropylène, le polytétrafluoroéthylène et le nylon.

Lorsqu'une masse polymère (amorphe ou cristalline) est soumise à un effort, tel qu'une contrainte de traction, les chaînes moléculaires s'alignent (ou s'orientent) parallèlement à la direction de l'effort appliqué et l'on dit que la substance est orientée. Pour une substance orientée, les propriétés dans la direction de l'alignement moléculaire ne sont pas les mêmes que perpendiculairement à l'orientation. Par exemple, un échantillon de polymère orienté sera considérablement plus résistant dans la direction de l'orientation qu'un échantillon de matière non orientée du même polymère~ il sera plus faible dans le sens perpendiculaire à l'orientation. L'orientation unidirectionnelle peut doubler ou tripler la résistance à la traction d'un échantillon de polymère amorphe.

Lorsqu'une masse polymère à molécules linéaires ou ramifiées est chauffée, elle se ramollit à une certaine température et s'écoule parce que les molécules glissent librement entre elles. Les polymères à molécules très réticulées ne se ramollissent pas sous l'action de la chaleur et ne s'écoulent pas sensiblement, parce que les portions de chaînes individuelles sont liées les unes

aux autres par des liaisons chimiques et forment une structure rigide. Etant donné qu'ils sont des matières organiques, les polymères se décomposent sous l'action de la chaleur excessive en produisant de la fumée et donnent des résidus carbonisés.

Deux températures caractéristiques importantes sont associées aux polymères: ce sont la température de transition vitreuse (T_v) et la température de fusion (T_f). La température de transition vitreuse est celle au-dessous de laquelle une masse polymère possède plusieurs propriétés du verre inorganique, y compris la dureté, la rigidité et la transparence. Au-dessus de cette température, la substance possède des propriétés plastiques ou élastiques et l'on dit qu'elle est à l'état caoutchoutique (ou élastomérique). La position relative de la température de transition par rapport à la température ambiante déterminera le type d'application ou l'utilité de la substance polymère. Par exemple, les polymères tels que le polystyrène et le poly(méthacrylate de méthyle), dont les transitions vitreuses sont bien au-dessus de la température ambiante (100 et 110°C respectivement), sont normalement utilisés à l'état vitreux dans les plastiques du même nom. Les polymères dont la température de transition est bien inférieure à la température ambiante, comme le polyisoprène (-83°C) et le polyisobutylène (-65°C), sont utilisés dans les caoutchoucs. Si la température de transition est voisine de la température ambiante, les polymères ne sont généralement pas très utiles, parce qu'ils sont caoutchoutiques en été et vitreux en hiver.

La température de fusion (T_f) est aussi appelée température de fluidité dans le cas des polymères amorphes et point de fusion franche lorsqu'il s'agit de polymères cristallins. A la température de fusion (ordinairement étant un intervalle), les éléments solides des polymères sont en équilibre avec l'état de fusion et, par conséquent, la masse polymère est pratiquement un liquide visqueux. Les polymères fortement réticulés n'ont ni température de transition vitreuse ni température de fusion.

Les polymères et les plastiques

Le terme polymère se rapporte soit à la substance chimique pure, soit au produit résultant du processus de polymérisation. Les hauts polymères industriels contiennent un polymère pur et des traces d'impuretés telles que du monomère résiduel, des catalyseurs et des solvants, qu'il n'est pas économique d'éliminer. Cependant, ils constituent une entité chimique. Normalement, les impuretés nuisent aux propriétés des polymères purs, dont elles diminuent la résistance à l'oxydation, à la chaleur et au rayonnement solaire.

Bien que la grande variété de polymères fournit une gamme étendue de propriétés, cela n'est pas suffisant pour répondre aux exigences des diverses applications. L'incorporation de diverses substances aux polymères augmente la gamme des propriétés, réduit la détérioration au cours de la fabrication et de l'utilisation et facilite aussi la mise en forme. C'est ordinairement ce mélange physique de polymères et d'adjuvants qui constitue un plastique, de sorte qu'il est important d'établir la distinction entre un polymère et un plastique. Bien que les deux termes soient souvent synonymes, ils désignent des substances différentes.

Il convient aussi de parler du terme «résine» initialement utilisé à propos de certains produits naturels. Quand on eut reconnu la nature polymère de ces substances naturelles, on accorda aux polymères synthétiques le nom de «résines synthétiques» et par la suite, aux Etats-Unis, on les appela tout simplement «résines». Couramment, les termes «résine» et «résine de base» servent souvent à désigner un polymère commercial, c'est-à-dire, une substance polymère qui ne contient aucun adjuvant.

Prémix ou compound plastique

Le mélange physique de polymère et d'adjuvant (additif) est appelé prémix ou compound. La nature précise et la proportion des substances à ajouter dépend du polymère, de la méthode de traitement utilisée pour convertir le plastique et des propriétés exigées pour la pièce finie. Le choix des adjuvants et l'opération de mélangeage de ces derniers avec le composant polymère constitue la préparation du compound (ou compoundage). Les proportions des divers

ingrédients d'un plastique constituent sa formulation. La résine de base d'un plastique peut être un homopolymère ou un copolymère ou un mélange des deux.

Le terme adjuvant (ou additif) peut servir à désigner toute substance incorporée généralement en faible concentration (il y a quelques exceptions) aux plastiques, de façon à modifier les propriétés de la résine, soit pour faciliter la mise en forme (ou mise en oeuvre), soit pour changer les propriétés physiques, chimiques ou électriques du produit fini. Nous parlerons succinctement des principales classes de divers adjuvants utilisés dans la fabrication des produits en plastique.

Les lubrifiants

Les lubrifiants sont incorporés aux compounds plastiques afin d'assurer une lubrification externe et interne. D'une part, ils éliminent le frottement externe entre le polymère et la surface métallique de l'équipement de mise en forme; d'autre part, ils améliorent les caractéristiques d'écoulement interne du polymère, tout en augmentant les propriétés de mouillage des composants. De nombreux lubrifiants utilisés dans les plastiques remplissent les deux fonctions (lubrification externe et interne). Les lubrifiants les plus couramment utilisés à l'heure actuelle sont les cires synthétiques et naturelles, le polyéthylène à faible poids moléculaire et les stéarates métalliques. L'une des principales applications de la lubrification interne se trouve dans le PVC rigide où il est nécessaire d'éliminer le taux élevé de cisaillement qui se produit dans la masse fondue au cours de la mise en forme. L'absence de lubrification provoque la dégradation pendant la mise en forme; elle peut aussi réduire la durabilité à long terme ou affecter la performance adéquate du produit plastique en service. Les plastiques qui nécessitent une lubrification interne comprennent entre autres les polyoléfines, les polystyrènes, les résines phénoliques (ou phénoplastes), les mélamines, l'acétate de cellulose, le polymère acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS), le nylon, les polyesters non saturés (insaturés) et de nombreux produits caoutchouteux.

Les stabilisants

Les stabilisants assurent une protection contre la dégradation provoquée par la chaleur, par l'oxydation ou par le rayonnement solaire. Par conséquent, lorsqu'ils sont utilisés dans les plastiques, ils peuvent être classés comme stabilisants thermiques, antioxydants et stabilisants à la lumière UV (ultraviolette).

Le rôle des stabilisants thermiques est d'empêcher la dégradation du polymère pendant la courte période de mise en forme à température élevée (de 150 à 300°C) et de protéger la pièce finie contre le vieillissement lent, pendant de longues périodes aux températures de service.

Les antioxydants empêchent ou retardent la dégradation par oxydation (**CBD 117F** et **122F**) aux températures normales ou élevées, pendant la mise en forme, l'entreposage ou le service. La plupart des polymères subissent une certaine dégradation par oxydation, mais les polymères hydrocarbures y sont particulièrement susceptibles. Par conséquent, des antioxydants sont généralement ajoutés en faible quantité.

La plupart des plastiques exposés à l'extérieur pour des périodes prolongées présentent divers degrés de dégradation (**CBD 117F** et **122F**). Les plus susceptibles sont: le polypropylène, le poly(chlorure de vinyle), le polyéthylène, les polyesters, les polystyrènes standard et choc, et le ABS. Les autres plastiques, notamment le poly-(méthacrylate de méthyle) et ceux à base de résines fluorées, sont bien plus résistants. Les formulations des plastiques comprennent des absorbants de rayons UV qui doivent arrêter ou retarder la dégradation imputable à la lumière ultraviolette. Ce sont des composés tels que les dérivés de benzophénones, de benzotriazoles et d'acrylonitriles, qui absorbent sélectivement les rayons nocifs et les convertissent en énergie thermique.

Les pigments tels que le bioxyde de titane et l'oxyde de zinc servent aussi à protéger les plastiques contre les effets nocifs des rayons ultraviolets. Ils absorbent une partie des rayons ultraviolets, mais leur efficacité provient surtout de leur aptitude à réfléchir le rayonnement (la

chaleur et la lumière). Dans les applications où les couleurs ne sont pas exigées, le noir de fumée, qui absorbe la lumière UV, est souvent utilisé et constitue un stabilisant très efficace (par ex., dans le polyéthylène noir).

Les plastifiants

Les plastifiants sont des substances ajoutées aux formulations des plastiques en vue de faciliter la mise en forme et de réduire la fragilité du produit fini. Ils abaissent la température de transition, préférablement au-dessous de la température ambiante, et contribuent à changer les propriétés du plastique qui devient mou, souple et tenace, alors qu'il était rigide, cassant et vitreux. Les plastifiants sont des liquides incolores, normalement non polymères, qui ont un poids moléculaire moyen et un point d'ébullition relativement élevé. Ils sont ajoutés en proportion variant de 5 à 50 pour cent. Certains d'entre eux exercent des effets bénéfiques supplémentaires, par exemple, les plastifiants époxydes augmentent la stabilité à la chaleur et à la lumière UV, les phosphates améliorent la résistance aux flammes. Les plastifiants sont utilisés dans la fabrication de certains thermoplastiques, dont le principal est le PVC. Sans plastifiant, le PVC est rigide et cassant, additionné de plastifiant, il devient plus mou, plus souple et plus facile à fabriquer.

Les charges

Les charges sont des substances relativement inertes ajoutées à certains plastiques en proportion variant de 5 à 60 pour cent, en vue d'améliorer la dureté, la résistance à l'abrasion, la résistance aux chocs, la résistance aux solvants et d'en modifier les caractéristiques électriques. Certaines d'entre elles sont ajoutées aux plastiques surtout dans le but d'en réduire le coût de revient. Les charges les plus couramment employées sont: le noir de fumée, le carbonate de calcium, le sulfate de baryum, le talc, la terre à diatomées, la silice, l'alumine, la bentonite, l'argile, l'oxyde de fer, la sciure de bois et les poudres métalliques.

Les matériaux de renforcement

A certains égards, les renforcements peuvent être considérés comme des charges, mais leur adjonction a surtout pour but d'augmenter la résistance du plastique à la traction et à la flexion. La plupart des matériaux de renforcement se présentent sous forme de fibres. Les renforcements types utilisés sous forme de fibres sont: le verre, l'amiante, le bore, le carbone, la céramique, le coton, le jute et le sisal. Plus récemment, on a aussi utilisé des fibres synthétiques de nylon, de poly (téréphthalate d'éthylène), de poly (alcool de vinyle), de poly (chlorure de vinyle) et de polyacrylonitrile.

Les ignifugeants

Les plastiques peuvent aussi contenir des composants qui augmentent la résistance au feu du produit fini. Les agents ignifugeants ordinairement utilisés sont des composés qui contiennent des halogènes, des dérivés de l'antimoine, du phosphore, du bore et de l'azote. On peut rendre la résine polymère de base ignifuge en copolymérisant des monomères halogénés avec des monomères normalement inflammables.

Les colorants

Les colorants, qui peuvent être des teintures ou des pigments, sont ajoutés aux plastiques pour en rehausser les qualités esthétiques. Ordinairement, les teintures servent à produire les effets de transparence brillante dans les plastiques clairs tels que le polystyrène, ainsi que les résines acryliques et cellulosiques. Parfois, elles sont ajoutées en même temps qu'un pigment. Les noirs de carbone constituent un important groupe de pigments qui servent aussi de charge et sont de bons stabilisants contre la lumière UV.

Les résines thermoplastiques et thermodurcissables

Selon leur comportement à la chaleur, les plastiques peuvent être divisés en deux grandes classes: les thermoplastiques et les thermodurcissables. Les thermoplastiques sont à base de polymères linéaires ou ramifiés. Ils sont susceptibles de se ramollir sous l'action de la chaleur

et de se durcir par refroidissement, et cela un nombre indéfini de fois. A cet égard, on peut les comparer à la cire ou au fer. Les thermoplastiques typiques sont ceux à base de polyéthylène, de polypropylène, de poly (chlorure de vinyle), de homopolymères et copolymères du styrène, de résines acryliques, de celluloses, de nylons et de diverses résines fluorées.

Les thermodurcissables sont des plastiques à base de polymères qui, ayant subi une réaction chimique (amorcée par la chaleur, par les catalyseurs ou par la lumière UV), se transforment en un produit relativement infusible, intraitable et insoluble. Le composant polymère du produit est à l'état réticulé. Les thermodurcissables se comportent donc comme le béton: après la réticulation, on ne peut plus les fondre ou les mouler à nouveau. Les plastiques thermodurcissables typiques sont les phénoliques, les alkydes, les polyuréthanes, les mélamines et les uréeformaldéhydes (urée-formols) et ceux à base de résines époxydes.

Résumé

Les plastiques sont des matériaux synthétiques dérivés des polymères organiques. Les pièces et objets en plastique sont fabriqués à partir de matières premières appelées compounds qui sont des mélanges contenant un ou plusieurs polymères et divers ingrédients tels que des lubrifiants, des stabilisants, des plastifiants, des charges, des colorants, etc. L'incorporation de ces derniers a pour but d'améliorer la mise en forme ou de modifier les propriétés physiques, chimiques ou électriques du produit fini.

Selon leur comportement à la chaleur, les plastiques peuvent être classés en thermoplastiques et thermodurcissables. Les thermoplastiques sont dérivés de polymères linéaires ou ramifiés. Les pièces ou objets fabriqués à partir de thermoplastiques peuvent être réversiblement ramollis par la chaleur puis durcis par refroidissement. Les plastiques thermodurcissables sont à base de polymères qui, ayant subi une réaction chimique au cours de la fabrication, forment une structure réticulée ou tridimensionnelle, d'où résulte un matériau qui est relativement infusible, intraitable et insoluble. Une fois fabriqués, les matériaux thermodurcissables ne se prêtent plus à la mise en forme.