

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les plastiques thermodurcissables 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/10.4224/40000934>

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=44bb6f7f-3691-4c2a-8f4e-bcffb3f9099e>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=44bb6f7f-3691-4c2a-8f4e-bcffb3f9099e>

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 159F

Les plastiques thermodurcissables

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 thermodurcissables constituent l'une des deux classes de matériaux à base de polymère organique. L'autre classe, celle des thermoplastiques, est décrite dans le digest **CBD 158F**. Comme les thermoplastiques, les thermodurcissables se prêtent à une variété d'applications, y compris la construction où ils sont préférés, à cause de leur plus grande résistance mécanique et de leur meilleure tenue au fluage. Le présent digest décrit la nature et les principales familles de thermodurcissables.

Les caractéristiques générales

Une fois qu'il ait reçu une forme définitive, ordinairement sous l'action de la chaleur et de la pression, un plastique thermodurcissable ne peut plus être fondu ou moulé, parce que le constituant polymère a subi une modification chimique irréversible. L'opération par laquelle la matière première est transformée en produit rigide, insoluble et infusible, est appelée réticulation ou pontage et correspond à l'étape finale de la polymérisation.

La réticulation d'une résine thermodurcissable peut être amorcée à l'aide de la chaleur, de l'irradiation, des catalyseurs ou par leur action conjuguée. Le composant polymère consiste en molécules ayant des liaisons chimiques transversales permanentes ou ponts, formant une structure tridimensionnelle qui ne peut s'écouler. La structure fortement réticulée des polymères thermodurcissables immobilise les molécules et cela confère au matériau une dureté élevée, une résistance mécanique aux températures relativement élevées, une insolubilité, une tenue adéquate à la chaleur, ainsi qu'une bonne résistance aux agents chimiques et au fluage.

Tableau I. Gamme type des propriétés mécaniques des plastiques thermodurcissables (chargés ou renforcés) ⁽¹⁾

Matériau thermodurcissable	Module à la traction, lb/po ² (ASTM	Allongement % (ASTM D-638)	Module d'élasticité en traction, lb/po ²	Résistance à la compression, lb/po ² (ASTM D-	Résistance à la limite élastique en flexion, lb/po ²	Dureté**
----------------------------	--	----------------------------	---	--	---	----------

	D-638)		(ASTM D-638)	695)	(ASTM D-790)	
Résines époxydes (compounds pour moulage)*	10,000-30,000	4.0	30.4	25,000-40,000	10,000-60,000	M100-M110
Polyesters insaturés	4,000-50,000	0.5-5.0	8.0-45	15,000-50,000	10,000-80,000	M70-M120, 60-80
Résines phénoliques (résine à moulage par coulée)	4,000-9,000	--	18.8	10,500-34,000	5,000-12,000	M85-M120,
Urée-formaldéhydes (compounds pour moulage)	5,500-13,000	0.5-1.0	10.0-15.0	25,000-45,000	10,000-18,000	M110-M120
Mélatamine-formaldéhydes (compounds pour moulage)	5,000-13,000	0.3-0.9	11.0-24.0	20,000-45,000	9,000-23,000	M110-M125
Alkydes	3,000-9,500	--	5.0-30.0	12,000-38,000	6,000-20,000	55-80 M95-M99, E76-E98

* Chargées de fibre de verre

** Les chiffres précédés de E, M ou R (symboles de l'échelle de dureté) représentent les valeurs obtenues au moyen du duromètre Rockwell (ASTM D-785); les chiffres sans lettres ont été obtenus au moyen du duromètre Barcol (ASTM D-2583)

Etant donné que les thermodurcissables ont une résistance mécanique supérieure à celle des thermoplastiques et qu'ils offrent une excellente tenue au fluage à la température ambiante, ils sont ordinairement préférés dans des applications où ils servent comme éléments structuraux. Les principales familles de plastiques thermodurcissables sont les époxydes, les polyesters non saturés (insaturés), les phénoliques, les aminoplastes (urée-et mélatamine-formaldéhydes) et les alkydes. Leurs propriétés types sont indiquées dans les tableaux I et II. (Les gammes de ces propriétés sont données à titre de comparaison et ne représentent peut-être qu'une fraction des valeurs possibles.) Etant donné que les résines thermodurcissables sont généralement additionnées de charges ou de matériaux de renforcement (armatures), les propriétés indiquées se rapportent aux plastiques contenant de tels ingrédients. Les autres thermodurcissables comprennent les polyuréthanes (utilisés dans des mousses plastiques et des revêtements), les allyliques et les furaniques.

Tableau II. Propriétés générales des plastiques thermodurcissables dy commerce (chargés ou renforcés) ⁽¹⁾

Matériau thermodurcissable	Vitesse de combustion (inflammabilité), po/min (ASTM D-635)	Coef. de dilatation thermique, $10^{-5}/^{\circ}\text{F}$	Tenue à la chaleur (exposition continue), $^{\circ}\text{F}$	Absorption d'eau, % (ASTM D-570)	Tenue aux agents chimiques* (à la température ambiante)
----------------------------	---	---	--	----------------------------------	---

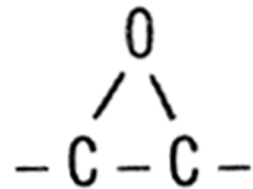
Epoxydes (compounds pour moulage)	Auto-extinguible	0.6-2.8	300-500	0.05-0.20	Résistants aux acides faibles et en général aux alcalis faibles, attaqués par certains acides forts et légèrement par les alcalis forts.
Polyesters insaturés	0.7-2.0	0.7-2.8	300-350	0.01-1.00	Résistants à certains acides faibles, mais attaqués par les acides forts, par les alcalis forts et par les agents oxydants.
Phénoliques (résines à moulage par coulée)	Négligeable	1.8-4.2	160-300	0.12-0.36	Peuvent résister ou subir une légère attaque par les acides faibles; sont attaqués par les agents oxydants forts et par les alcalis forts (avec décomposition).
Urée-formaldéhydes (compounds pour extinguable moulage)	Auto-extinguible	1.2-2.0	170	0.40-0.80	Assez résistants aux acides faibles, mais peuvent subir une attaque superficielle ou une décomposition sous l'action des acides forts. Attaque modérée par les alcalis faibles et décomposition par les alcalis forts.
Mélamine-formaldéhydes	Combustion très lente, auto-extinction, ou incombustibilité	0.8-2.5	210-400	0.08-0.80	Peuvent résister ou subir une légère attaque par les acides et alcalis faibles

					mais se décomposent sous l'action des acides et alcalis forts.
Alkydes	Combustion lente, autoextinction à incombustibilité	0.8-3.1	300-450	0.05-0.50	Peuvent subir une légère attaque par les acides et alcalis faibles et une attaque plus sévère par les acides et alcalis forts (avec décomposition).

* Les plastiques thermodurcissables sont insolubles, et s'ils réagissent avec des solvants, ils subissent seulement un gonflement. Plusieurs plastiques thermodurcissables ne subissent pas un gonflement appréciable sous l'action des solvants, mais les solvants peuvent produire une lixiviation de certains composants.

Les époxydes

Cette famille de plastiques thermodurcissables tire son nom du groupe époxyde,



qui se trouve dans le monomère tout comme dans le prépolymère, avant la réticulation. Pour produire des articles en plastiques thermodurcissables, il faut incorporer au prépolymère, un ou plusieurs ingrédients qui peuvent comprendre des charges, des renforcements, des pigments ou des plastifiants. La réticulation s'effectue par l'addition de durcisseurs ou de catalyseurs, ordinairement sous l'action de la chaleur. On peut formuler des résines époxydes thermodurcissables pour presque n'importe quelle application.

Les plastiques renforcés (armés), à base de résines époxydes présentent une résistance mécanique, une tenue aux agents chimiques, des propriétés d'isolation électrique et une stabilité à l'environnement meilleures que celles des plastiques provenant des polyesters saturés ordinaires. Les plastiques époxydes armés de fibre de verre servent surtout à fabriquer des circuits imprimés électriques, ainsi que des éléments structuraux d'ailes et de fuselages d'avions à réaction, où ils doivent maintenir leur résistance mécanique dans une vaste gamme de températures. D'autres pièces ou structures fabriquées à partir de thermodurcissables à base de résines époxydes armées incluent des tuyaux, des réservoirs, ainsi que des gabarits et des appareils inamovibles. Parmi divers charges et renforcements utilisés on peut citer le verre, l'amiante, le coton, le papier, les feuilles métalliques et les fibres synthétiques. Les composites renforcés à la fibre de verre, à base de résines époxydes et produits par bobinage sont utilisés pour fabriquer des carter de moteurs-fusées des missiles.

En raison de leur excellente adhérence et de leur bonne résistance aux agents chimiques, les résines époxydes sont utilisées dans des revêtements protecteurs et dans des adhésifs. Les adhésifs à base de résines époxydes sont compatibles avec la plupart des matériaux et certains d'entre eux sont capables de résister jusqu'à une température de 204°C (400°F). Les plastiques à base de résines époxydes utilisés comme revêtement offrent un ensemble de

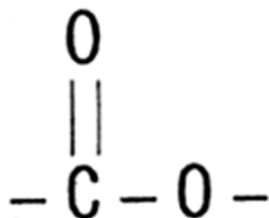
propriétés telles qu'une bonne tenue aux agents chimiques, ténacité, souplesse et adhérence. Les revêtements à base de résines époxydes sont employés surtout dans des applications où il faut une forte résistance à la corrosion et à l'abrasion, comme par exemple dans des peintures d'entretien et des couches de finition, des revêtements pour conteneurs, tuyaux et réservoirs, ainsi que des revêtements à rude épreuve pour les surfaces des murs et planchers en maçonnerie, en acier et en bois.

L'ensemble des propriétés des plastiques à base de résines époxydes font que ces matériaux sont utilisés dans plusieurs applications dans le bâtiment où ils sont soumis à de rudes épreuves, telles que le terrazzo résistant à l'usure, des planchers industriels, le remplissage des nids de poule, et la réparation des fissures des routes et des ponts. Etant donné leurs qualités d'adhérence et leur faible retrait pendant la réticulation, les polyesters insaturés (non saturés) plastiques à base de résines époxydes conviennent à la fabrication des panneaux muraux intérieurs et extérieurs comportant des agrégats exposés tels que des morceaux de verre et de marbre.

Les résines époxydes sont utilisées pour fabriquer des pièces électriques par coulée, par enrobage et encapsulation. Il existe aussi des compounds à base de résines époxydes qui se prêtent au moulage; ils peuvent être mis en forme par moulage, par injection, transfert, etc; parmi d'autres applications, ces compositions sont employées dans l'emballage des pièces électroniques et la fabrication des raccords.

Les polyesters insaturés (non saturés)

Les polyesters sont des polymères dont la chaîne principale contient les groupes ester,



Les polyesters insaturés conventionnels (à usage général), sont produits par réaction du propylène glycol avec un mélange d'anhydride maléique et phtalique. La molécule du polymère qui en résulte contient des liaisons doubles ($\text{C}=\text{C}$), appelées aussi liaisons insaturées, d'où le nom de polyester insaturé. On peut ajouter divers monomères insaturés du type vinyle comme agents de réticulation, afin de convertir le polyester en résine thermodurcissable. Etant donné que le styrène est facilement disponible à un prix bas, tout en donnant un produit ayant des propriétés physiques acceptables, il est le plus souvent utilisé; l'emploi du méthacrylate de méthyle en même temps que du styrène comme agent de réticulation en améliore la résistance aux intempéries.

Parmi les principaux avantages des résines polyesters insaturés il faut remarquer la facilité de manipulation, la rapidité de réticulation sans formation de sous-produits volatiles, une faible coloration, la stabilité dimensionnelle, ainsi que des propriétés physiques et électriques favorables. Les applications des résines thermodurcissables à base de polyester insaturé sont nombreuses. On peut citer entre autres, la fabrication des éléments pour le bâtiment, des applications dans le domaine du transport, la fabrication des pièces électriques, des produits de consommation et des matériaux anticorrosifs.

Dans le domaine du bâtiment, les plaques planes et ondulées fabriquées en polyester renforcé de fibres de verre sont utilisées dans des toitures, des auvents, des lucarnes faîtières, des cloisons, des parements muraux, des accessoires décoratifs, des clôtures, des accessoires de salle de bains, du revêtement de planchers en béton. Dans le domaine du transport, les applications des polyesters comprennent des pièces et des carrosseries d'automobiles, des cabines de camion et des camions-citernes.

Dans le domaine de l'électricité, les thermodurcissables à base de polyester insaturé ont en général de bonnes propriétés isolantes et sont souvent utilisés avec une armature en fibre de verre. Les produits de consommation incluent des articles divers tels que des articles de voyage, des chaises, des cannes à pêche, des plateaux de cafétéria, des tuyaux et des conduits, ainsi que des coques de bateaux. Le polyester armé de fibre de verre sert aussi à fabriquer des tuyaux, des réservoirs, des conduits, des grilles et des chicanes utilisés en milieu corrosif.

Les articles fabriqués en polyester insaturé ordinaire ont une résistance limitée à la dégradation chimique. La résistance aux agents chimiques peut être améliorée considérablement par modification de la résine de base ainsi que par une formulation appropriée. Les polyesters insaturés peuvent être formulés aussi pour obtenir des matériaux ayant de bonnes propriétés ignifuges. Les articles (ou pièces de grandes dimensions) fabriqués à l'aide de la technologie moderne, à partir de polyester renforcé à la fibre de verre, démontrent un comportement satisfaisant dans des applications à l'extérieur. Il existe des formulations et des techniques qui permettent de fabriquer des matériaux ayant une meilleure et même une excellente résistance aux intempéries, mais ces matériaux sont très onéreux.

Les phénoliques

Parmi les plastiques phénoliques, les plus importants sont ceux à base de polymères produits par réaction du phénol et du formaldéhyde. Les plastiques phénoliques sont composés fondamentalement de résines du type résol ou du type novolaque, ainsi que de charges, colorants, lubrifiants et plastifiants divers et sont destinés soit pour un usage général soit pour une application particulière. Les phénoliques à usage général contiennent ordinairement des charges telles que la sciure de bois ou autres matériaux à bas prix, en vue de réduire le coût de revient et d'établir un équilibre entre les propriétés isolantes et la résistance mécanique. Le produit fini peut être très brillant, mais leurs couleurs sont limitées par la tendance des résines phénoliques à se ternir avec l'âge et l'exposition. Les applications incluent des pièces d'appareils, des installations de fils électriques, des standards téléphoniques et des pièces d'automobiles.

Les phénoliques résistants aux températures élevées contiennent des charges minérales telles que la terre à diatomées, le mica et l'amiant. Certains d'entre eux peuvent résister de façon intermittente à des températures allant jusqu'à 260°C (500°F sans altération du fini ou des propriétés physiques. Les applications types comprennent des manches d'ustensiles de cuisine, des pièces d'appareils ménagers et de cuisinières électriques, ainsi que des mécanismes de commutation électrique. Les phénoliques du type résistant au choc contiennent des matériaux de renforcement fibreux en coton, en verre, en flocon synthétique, ainsi qu'en amiantes de qualités spéciales.

Les résines phénoliques conviennent particulièrement bien aux applications électriques, à cause de leurs propriétés diélectriques, de leur stabilité dimensionnelle et de leur résistance à l'humidité. Les plastiques à base de résines phénoliques sont utilisés sous forme de stratifiés (laminés) comme feuilles décoratives pour le dessus de comptoirs et comme des revêtements muraux. Ils se prêtent à de nombreuses applications industrielles, y compris des adhésifs thermodurcissables, des meules abrasives et du papier émeri, en raison de leurs propriétés d'adhérence. Les résines phénoliques sont aussi utilisées dans des vernis et dans des revêtements protecteurs.

Les urée-formaldéhydes et les mélamine-formaldéhydes

Ces plastiques thermodurcissables sont aussi appelés aminoplastes parce qu'ils sont produits par réaction des amines, ou composés comportant le groupe ($-NH_2$), avec le formaldéhyde; ils sont transparents et incolores, ce qui représente un avantage distinct sur les phénoliques. Ils ont aussi une meilleure dureté et une plus grande résistance à la traction que les résines phénoliques, mais leur résistance au choc et leur tenue à l'humidité sont plus faibles. Les uréeformaldéhydes ont une dureté, une tenue à la chaleur et à l'humidité plus basse que les mélamine-formaldéhydes.

Les aminoplastes servent à la fabrication des plaques stratifiées industrielles et décoratives, des adhésifs, des revêtements protecteurs et des poudres à mouler. Les matériaux à base de résines mélamine-formaldéhydes sont des plastiques thermodurcissables qui peuvent être fabriqués en une gamme illimitée de couleurs. Les articles fabriqués en plastiques à base de mélamine-formaldéhydes sont rigides et ont un fini superficiel plus résistant aux rayures que celui obtenu à partir de tout autre plastique. De ce fait, les mélamine-formaldéhydes sont largement utilisés pour la production des feuilles stratifiées décoratives qui sont ordinairement fabriquées en empilant un papier de surface ("overlay") imprégné de résine mélamine-formol sur une sous-couche de papier imprégné de résine phénolique. La réticulation de l'ensemble par compression à chaud permet de produire des articles tels que des comptoirs, des armoires ou des dessus de tables.

Les alkydes

Le nom de cette famille de thermodurcissables est tiré, avec une certaine liberté, des monomères utilisés pour produire la résine de base, en empruntant "al" du mot alcool et "cid" du mot acide. Il existe actuellement dans le commerce, de nombreux alkydes modifiés au moyen des résines époxydes, des résines phénoliques, de la colophane, des acides gras obtenus des huiles minérales et végétales, etc. L'ensemble des propriétés avantageuses, ainsi que le coût peu élevé des alkydes et de leurs versions modifiées font que ces matériaux sont utilisés dans certaines applications, en particulier dans des revêtements et des articles moulés (par exemple, dans les industries de l'automobile, de l'électricité et de l'électronique). Ils présentent, entre autres propriétés, durabilité, souplesse, permanence du brillant, une tenue à la chaleur, une vaste gamme de couleurs, une stabilité dimensionnelle acceptable et de bonnes propriétés électriques.

Référence

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