

Description

Le matériau dans un produit



Légende de l'illustration

1. Papier bulle © PublicDomainPictures at Pixabay [Domaine public] 2. Isolant pour câbles © Byrev at Pixabay [Domaine public] 3. Bouteilles en PE © HebiFot at Pixabay [Domaine public]

Composition (résumé)

$(-CH_2-CH_2-)_n$

Le Matériau

Le polyéthylène $(-CH_2-)_n$, synthétisé pour la première fois en 1933, semble être la plus simple des molécules, mais les différentes manières suivant lesquelles les unités $-CH_2-$ peuvent être reliées sont nombreuses. C'est la première des polyoléfines, les polymères thermoplastiques de masse qui représentent une partie majeure de la consommation totale en polymères. Le polyéthylène est inerte et extrêmement résistant à l'eau douce et à l'eau salée, aux aliments et à la plupart des solutions basées sur l'eau. C'est la raison pour laquelle il est largement utilisé pour des articles ménagers, des récipients pour aliments comme les Tupperware ou des planches de découpe. Le polyéthylène est bon marché et particulièrement facile à mouler et à mettre en œuvre. Il accepte une grande gamme de coloris, peut être transparent, translucide ou opaque. Il a un toucher plaisant, un petit peu cireux. Il peut être texturé ou métallisé mais il est difficile à mettre en peinture.

Propriétés générales

Masse Volumique	939	-	960	kg/m ³
Prix	* 1,44	-	1,48	EUR/kg
Date de première utilisation ("-" signifie "Avant Jésus Christ")	1936			

Propriétés mécaniques

Module de Young	0,621	-	0,896	GPa
Module de cisaillement	* 0,218	-	0,314	GPa
Module de compressibilité	2,15	-	2,25	GPa
Coefficient de Poisson	* 0,418	-	0,434	
Limite élastique	17,9	-	29	MPa
Résistance en traction	20,7	-	44,8	MPa
Résistance à la compression	19,7	-	31,9	MPa
Allongement	200	-	800	% strain
Mesure de dureté Vickers	5,4	-	8,7	HV
Limite de fatigue	21	-	23	MPa
Ténacité	* 1,44	-	1,72	MPa.m ^{0.5}
Coefficient d'amortissement (tan delta)	* 0,0446	-	0,0644	

Propriétés thermiques

Température de fusion	125	-	132	°C
Température de transition vitreuse	-25,2	-	-15,2	°C
Température maximale d'utilisation	* 90	-	110	°C
Température minimale d'utilisation	* -123	-	-73,2	°C
Conducteur ou isolant thermique?	Bon isolant			
Conductivité thermique	0,403	-	0,435	W/m.°C
Chaleur spécifique	* 1,81e3	-	1,88e3	J/kg.°C
Coefficient de dilatation	126	-	198	μstrain/°C

Propriétés électriques

Conducteur ou isolant électrique?	Bon isolant			
Résistivité électrique	3,3e22	-	3e24	μohm.cm
Constante diélectrique (permittivité relative)	2,2	-	2,4	
Facteur de dissipation (tangente de perte diélectrique)	* 3e-4	-	6e-4	
Rigidité diélectrique (claquage diélectrique)	17,7	-	19,7	1000000 V/m

Propriétés optiques

Transparent ou opaque?	Translucide			
Indice de réfraction	1,5	-	1,52	

Risque de matière critique

Risque élevé de matière critique?	Non			
-----------------------------------	-----	--	--	--

Possibilités de traitement

Coulabilité	1	-	2	
Aptitude à être moulé	4	-	5	
Usinabilité	3	-	4	
Soudabilité	5			

Durabilité: eau et solutions aqueuses

Eau (douce)	Excellente			
Eau (salée)	Excellente			
Sols, acides (tourbe)	Excellente			
Sols, alcalins (argile)	Excellente			
Vin	Excellente			

Durabilité: acides

Acide acétique (10%)	Excellente			
Acide acétique (glacial)	Excellente			
Acide citrique (10%)	Excellente			
Acide chlorhydrique (10%)	Excellente			
Acide chlorhydrique (36%)	Excellente			
Acide fluorhydrique (40%)	Excellente			
Acide nitrique (10%)	Excellente			
Acide nitrique (70%)	Acceptable			
Acide phosphorique (10%)	Excellente			
Acide phosphorique (85%)	Excellente			
Acide sulfurique (10%)	Excellente			

Acide sulfurique (70%)	Excellente
------------------------	------------

Durabilité: alcalis

Hydroxyde de sodium (10%)	Excellente
Hydroxyde de sodium (60%)	Excellente

Durabilité: carburants, huiles et solvants

Acétate d'amyle	Excellente
Benzène	Acceptable
Tétrachlorure de carbone	Acceptable
Chloroforme	Usage limité
Pétrole brut	Acceptable
Diesel	Excellente
Huile lubrifiante	Excellente
Huile de paraffine (kérosène)	Excellente
Essence	Excellente
Fluides de silicone	Acceptable
Toluène	Acceptable
Térébenthine	Excellente
Huiles végétales (général)	Excellente
White spirit	Excellente

Durabilité: alcools, aldéhydes, cétones

Acétaldéhyde	Excellente
Acétone	Acceptable
Alcool éthylique (éthanol)	Excellente
Ethylène glycol	Excellente
Formaldéhyde (40%)	Excellente
Glycérine	Excellente
Alcool méthylique (méthanol)	Excellente

Durabilité: halogènes et gaz

Chlore gazeux (sec)	Acceptable
Fluor (gazeux)	Usage limité
O ₂ (oxygène gazeux)	Inacceptable
Dioxyde de soufre (gazeux)	Excellente

Durabilité: environnements construits

Atmosphère industrielle	Excellente
Atmosphère rurale	Excellente
Atmosphère marine	Excellente
Radiation UV (lumière solaire)	Moyenne

Durabilité: inflammabilité

Inflammabilité	Très inflammable
----------------	------------------

Durabilité: environnements thermiques

Tolérance aux températures cryogéniques	Inacceptable
Tolérance jusqu'à 150 C (302 F)	Acceptable

Tolérance jusqu'à 250 C (482 F)	Inacceptable
Tolérance jusqu'à 450 C (842 F)	Inacceptable
Tolérance jusqu'à 850 C (1562 F)	Inacceptable
Tolérance au-dessus de 850 C (1562 F)	Inacceptable

Données géo-économiques pour la composante principale

Production mondiale annuelle, composante principale	6,8e7	-	6,9e7	tonne/yr
Réserves, composante principale	* 1,66e9	-	1,88e9	tonne

Production du matériau primaire: énergie, CO2 et eau

Energie grise, production primaire	* 77	-	85,1	MJ/kg
Empreinte CO2, production primaire	* 2,64	-	2,92	kg/kg
Eau utilisée	* 55,3	-	61,1	l/kg
Eco-indicateur 95	330			millipoints/kg
Eco-indicateur 99	287			millipoints/kg

Mise en œuvre du matériau: énergie

Energie associée à l'extrusion de polymère	* 5,9	-	6,52	MJ/kg
Energie associée au moulage de polymère	* 20,8	-	23	MJ/kg
Energie associée à l'usinage d'ébauche (/Uté de pds enlevée)	* 0,688	-	0,76	MJ/kg
Energie associée à l'usinage fin (/Uté de pds enlevée)	* 2,6	-	2,88	MJ/kg
Energie associée au meulage (/Uté de pds enlevée)	* 4,73	-	5,23	MJ/kg

Mise en œuvre du matériau: empreinte CO2

CO2 associé à l'extrusion de polymère	* 0,442	-	0,489	kg/kg
CO2 associé au moulage de polymère	* 1,56	-	1,73	kg/kg
CO2 associé à l'usinage d'ébauche (/Uté de pds enlevée)	* 0,0516	-	0,057	kg/kg
CO2 associé à l'usinage fin (/Uté de pds enlevée)	* 0,195	-	0,216	kg/kg
CO2 associé au meulage (/Uté de pds enlevée)	* 0,355	-	0,392	kg/kg

Recyclage du matériau: énergie, CO2 et fraction recyclée

Recyclable	✓			
Energie grise, recyclage	* 47,1	-	52	MJ/kg
Empreinte CO2, recyclage	* 3,7	-	4,09	kg/kg
Fraction recyclée dans les fournitures courantes	7,5	-	9,5	%
Réutilisable	✓			
Incinerabilité	✓			
Chaleur de combustion nette	* 44	-	46,2	MJ/kg
CO2 pour la combustion	* 3,06	-	3,22	kg/kg
Traitement en décharge	✓			
Biodégradable	✗			
Classement toxicologique	Non toxique			
Ressource renouvelable?	✗			

L'Environnement

Le PE est conforme aux exigences de la FDA – en fait c'est un matériau non toxique qui peut être implanté dans le corps humain (valves cardiaques, logement du col du fémur dans des hanches artificielles et artères artificielles). Le PE, le PP et le PVC, sont fabriqués par des techniques qui sont relativement efficaces du point de vue énergétique, ce qui en fait les polymères de base dont la fabrication requiert le moins d'énergie. L'éthylène à partir duquel le PE est fait est à l'heure actuelle un produit issu du pétrole, mais le PE peut être produit à partir de ressources renouvelables – par exemple à partir d'alcool obtenu par fermentation du sucre ou de l'amidon. Son contenu énergétique par kilogramme excède de loin celui de l'essence ou du fioul (et cette énergie est stockée dans la molécule et encore accessible), de telle sorte que sa production à partir du pétrole ne le désavantagera pas dans un avenir proche. Le polyéthylène est facilement recyclable s'il n'a pas été recouvert avec d'autres matériaux, et, -s'il est contaminé- il peut être incinéré pour récupérer l'énergie qu'il contient.

Marque d'identification pour le recyclage



Informations supplémentaires

Recommandations pour la conception

Le PE est commercialement produit sous la forme de films, feuilles, barreaux, mousses et fibres. La fibre de PE étirée a une rigidité et une résistance mécanique exceptionnelles ce qui est exploité dans des géotextiles et des utilisations structurelles. Le PE est un bon isolant électrique avec un facteur de perte diélectrique faible et convient de ce fait pour les récipients pour la cuisson aux micro-ondes. Il a une faible résistance aux aromatiques et au chlore; il brûle dans un feu. Le PE est bon marché, facile à mettre en forme, biologiquement inerte et recyclable; c'est un des matériaux des 20 prochaines années.

Notes techniques

Le polyéthylène basse densité (PEBD) est utilisé pour des films et l'emballage; il a des chaînes branchées qui ne se compactent pas bien le rendant ainsi moins dense que l'eau. Les polyéthylènes de moyennes (PEMD) et de hautes densités (PEHD) ont des chaînes longues, moins branchées, ce qui les rend plus rigides et plus résistants, ils sont utilisés pour des récipients et des tuyaux. La catalyse moderne permet de supprimer les chaînes latérales et la longueur moléculaire d'être contrôlée précisément, permettant un ajustement précis à la fois des propriétés liées à la mise en œuvre (qui sont critiques pour l'étirage, le soufflage, l'injection et l'extrusion) et des propriétés d'utilisation (comme la température de ramollissement, la flexibilité et la tenue aux chocs). Le polyéthylène basse densité linéaire (PEBDL) en est un exemple. Dans sa forme pure, il est moins résistant aux solvants organiques, mais même ce désavantage peut être contré en convertissant sa surface en un fluoro-polymère en l'exposant au fluor gazeux. Traité de cette manière (il est alors connu sous le nom de "Super PE") il peut être utilisé pour des réservoirs à essence et résiste bien aux huiles, aux liquides de nettoyage, aux cosmétiques et à cette substance corrosive entre toutes : le cola concentré. Le polyéthylène de très basse densité (VDLPE) est semblable à de l'EVA ou du PVC plastifié.

Le texte ci dessus peut prêter à confusion, en particulier lorsqu'il dit " Modern catalysis allows side-branching to be suppressed" mais il est vrai qu'il est très difficile de faire comprendre aux étudiants les différences entre les différents types de polyéthylène sans trop entrer dans les détails. On pourrait peut être proposer le texte suivant : "Le polyéthylène basse densité est obtenu par polymérisation radicalaire de l'éthylène sous haute pression. Sa structure est constituées de nombreuses ramifications ou branchements de longueurs importantes mais aléatoires. Les polyéthylènes basse densité linéaire (PEBDL), moyenne densité (PEMD) et haute densité (PEHD) sont obtenus en polymérisant un mélange d'éthylène et d'alpha oléfines avec des catalyseurs spéciaux (organométalliques) et sous basses pressions. La structure de ces trois derniers types de polyéthylènes est linéaire avec des branchements courts et toujours de même longueur. Ils se différencient par la nature et le nombre de ces branchements courts. Plus il y a de branchements courts, plus la densité est faible mais moins le polymère est rigide et résistant".

Par ailleurs le texte fait une association entre PEBDL (LLDPE) et réservoir à essence, bien qu'il ne soit pas dit spécifiquement que les réservoirs à essence soient soufflés en PEBDL, on pourrait facilement le comprendre ainsi or ce n'est pas du tout le cas car la plupart des PEBDL commercialisés ne peuvent pas être soufflés par manque de cohésion de la masse fondue (melt strength). Les grades utilisés pour cette application sont des produits de moyenne ou haute densité ($d = 0,945$). Il est cependant tout à fait correct de dire que ces réservoirs sont traités par du gaz fluor pour augmenter leurs propriétés barrières.

Usages typiques

Réservoirs à essence, jerrycans pour l'huile, bornes pour les rues, bouteilles de lait, jouets, casier de bouteilles, emballage alimentaire, films rétractables, tubes dentifrice, vêtements de protection jetables, sacs en plastique, enduction du papier, isolation de câbles, rotules artificielles –et en tant que fibre- cordes bon marché et renfort de bandelettes d'emballage.

Noms commerciaux

Alathon, Aquathene, Bapolene, Dowlex, Eltex, Empee, Eraclene, Ferrene, Fortiflex, HiVal, Hid, Kemcor, Lacqtene, Lupolen, Marlex, Nortuff, Novapol, Paxon, Petrothene, Polyfort, Rigidex, Sclair, Stamylyn, Statoil, Unival, Zemid

Liens

Univers des Procédés

Références

Producteurs
