

Les plastiques sont aujourd'hui considérés essentiels pour la vie moderne. La technologie des télécommunications, des systèmes acoustiques et des ordinateurs n'est possible que grâce aux propriétés électriques, thermiques et isolantes des matières thermoplastiques.

La vie chez vous serait très différente sans les ustensiles plastiques, comme par exemple les ustensiles de cuisine, les récipients alimentaires et les câbles isolants en PVC.

Comme les autres matières, par exemple le bois, les

Les Plastiques-Polymères

céramiques et le métal, les ingénieurs doivent comprendre les caractéristiques et le potentiel de la fourchette de plastiques disponibles.

Les plastiques ont des avantages: finition précise, basse densité, moulabilité, un faible coefficient de frottement, résistance à la corrosion, aux produits chimiques et à l'eau. La recherche et le développement constant s'assurent que le progrès en modifiant les matières est continu, pour adapter aux applications nouvelles.

Le génie civil des plastiques n'est fait que par le chimiste-c'est aussi mécanique; par exemple le résine époxyde et le résine polyester sont renforcés avec des fibres de verre, comme aussi le nylon, pour ajouter de la haute résistance à la traction le papier et le tissu imprégnés de résine phénolique est bien connu comme "Formica", "Tufnol" et "Paxoline".

Les polymères sont des molécules longues composées de petites chaînes (monomères). On n'utilise pas souvent les polymères sans utiliser les additifs pour rehausser le produit final.

La liste suivante détaille les additifs et leurs

propriétés:

Teinture : pour obtenir une couleur

THERMOSETS

Stabilisateur: pour protéger des effets de la chaleur et la lumière UV

Plastifiant: pour réduire la raideur et la fragilité

Matériau de remplissage: pour augmenter la raideur des matériaux comme le coton, farine de bois, et poudre de mica

LES THERMOSETS TYPIQUES ET LEURS APPLICATIONS

Chimiques soufflantes: pour produire les produits mous

On peut diviser les plastiques en deux catégories.....

Un changement chimique se passe pendant la cuisson et le maillon des chaînes moléculaires. Cette condition est induite par le mélange d'une résine avec un activateur, et normalement s'accorde avec le moulage ou formage d'un composant dans sa forme finale. On ne peut pas

LES THERMOPLASTIQUES

reformer un thermoset après la fabrication.

LA RÉSINE PHENOL-FORMALDEHYDE: les prises et commutateurs laminés avec tissu ou papier pour les applications électriques isolantes (par exemple 'Melamine')

UREA-FORMALDEHYDE: boutons, siège coloré d'une toilette

EPOXIDES: adhésifs, moules, revêtement des composantes électriques, souvent renforcé de verre

POLYESTER: verre renforcé pour les coques des bateaux, et les voitures



Les plastiques fondent après le chauffage, comme la cire, puis se solidifient quand frais. Il ne se produit pas de changement chimique alors on peut répéter ce processus beaucoup de fois.

kiosques, lucarnes, protections anti-clats des machines

POLYTHÉLÈNE : poubelles, cuvette à laver la vaisselle, l'isolement électrique à haute fréquence

LES THERMOPLASTIQUES TYPIQUES ET LEURS APPLICATIONS

La "mémoire plastique" est une caractéristique importante des thermoplastiques. Par exemple on peut esquisser un dessin coloré sur un panneau formé sous vide, le faire revenir plat, reproduire l'art à l'image tordue, puis en utilisant la sérigraphie l'imprimer sur un panneau nouveau. Après le formage on aura une image exacte. On utilise cette technique en fabricant les grandes enseignes éclairées des magasins.

Une molécule plastique est semblable au spaghetti, qui devient flexible dans l'eau chaude, et se solidifie quand sec à la forme à

laquelle il est moule. Quand on les chauffe, les thermoplastiques se comportent dans la même manière, puis ils reviennent à la condition chimique normale quand frais.

MÉTACRYLATE: baignoires, enseignes, pare-brises des avions, fenêtres des caravanes, contenants divers pour la nourriture, et protections anti-clats des machines

ABS (ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE) : téléphones, encastrés des appareils domestiques, canalisations d'air comprimé

PVC (POLYVINYLCHLORIDE) : Tuyaux, jouets, câbles isolés, bandes adhésives

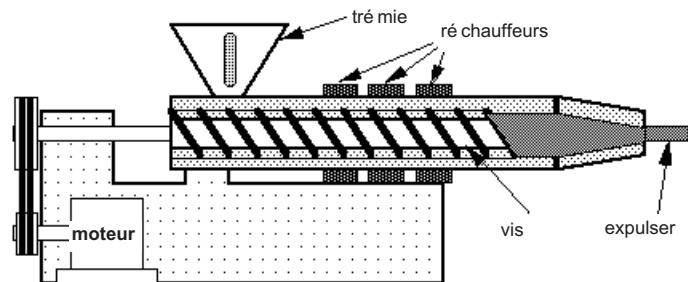
LES TECHNIQUES INDUSTRIELLES

POLYSTYRÈNE : Jouets, articles jetables, intérieurs des réfrigérateurs et des congélateurs, le moulage sous pression à faible coût

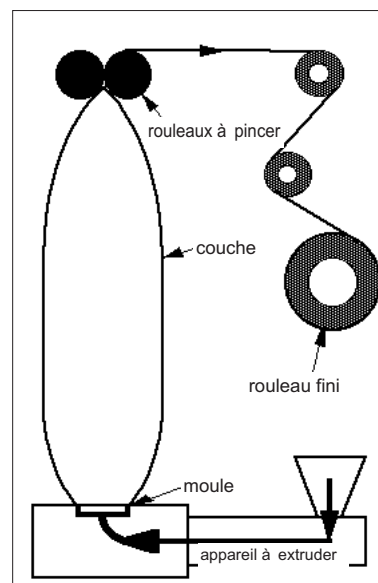
POLYSTYRÈNE ÉTENDUE: isolation thermique, tuiles pour le plafond, boîtes pour les oeufs

POLYCARBONATE: enseignes,

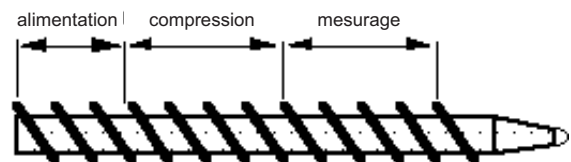
Section transversale de l'appareil d'extrusion



POLYPROPYLENE : tuyaux, câbles isolés, caisses, réservoirs chimiques, bouteilles, coussinets sous-marins



P T F E



(POLYTÉTRAFLUOROÉTHYLÈNE) : casseroles antiadhésives, coussinets, l'isolement électrique à haute température, les protections à frottement faible

POLYAMIDES: (Nylon) coussinets, engrenages, textiles

L'EXTRUSION

La production volume ou la conversion des granules

pures en feuille, membrane, ou silhouette s'effectue par le processus d'extrusion. Une trémie alimente des granules dans une vis, qui tourne à l'intérieur d'un baril chauffé. Le polymère s'avance et est chauffé et homogénéisé par les forces de la vis. Un aspect important du processus, c'est

que le plastique ne conduit pas bien la chaleur. Aussi, s'il y a de l'air, il peut s'échapper via la trémie. Enfin, la matière fondue prend la forme désirée et est refroidie par l'air ou l'eau.

Au bout du dé, la matière fondue prend forme, puis il y a de l'air et de l'eau pour la refroidir. Pour profiler un tube, il y a un mandrin en forme de torpille, qui se trouve concentriquement dans un dé circulaire; pour profiler des feuilles, il y a un large dé étroit. La

LA SIGNIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES DU THERMOFORMAGE

technique d'extrusion est utilisée pour produire de la membrane pour sacs en polythène. Un tube est profilé verticalement, puis pincé entre deux rouleaux, puis gonflé au diamètre exigé.

La vis constitue le cœur d'une machine d'extrusion. Cette vis contrôle le polymère à travers trois périodes. Pendant la première période les granules sont ramassés et propulsés vers les appareils de chauffage. La deuxième période comprime, chauffe et

homogénéise. La troisième période contrôle le flux de la matière fondue.

LES TECHNIQUES DE COULAGE

Une alternative importante à l'extrusion c'est le coulage continu des cellules. Ce processus est souvent utilisé pour les thermoplastiques, habituellement l'acrylique, et le processus a des caractéristiques de thermoformages importantes, comme le coulage traditionnel de cellules.

Avant de mouler, un catalyseur est ajouté au méthylméthacrylate dans un réservoir de mélange, puis pompé dans un mixeur.

On produit l'acrylique coulé en utilisant de la glace de vitrage pour les deux côtés du moule, séparés pour contrôler l'épaisseur de la matière. Finalement le méthylméthacrylate est pompé dans le moule, puis pivoté de 90° et inséré dans un four pour compléter la polymérisation.

La fabrication de telles matières s'effectue en petites fournées de 19 feuilles, avec l'intention de produire 16 feuilles de bonne qualité. Un sera tenu en stock, un pour l'essai et la troisième comme pièce de rechange. On peut fabriquer des petites quantités économiquement.

Grâce à sa résistance aux éléments, une surface de bonne qualité et une gamme de couleurs, l'acrylique est la matière favorite pour créer les enseignes attirantes. Il y a jusqu'à 3000 couleurs et les épaisseurs varient de 2 mm à 150 mm. Le coût de la technique de coulage dépend de l'épaisseur de la matière - il faut mettre une feuille de 3 mm dans l'étuve pendant 8-16 heures, pendant qu'il faut mettre une feuille de 100 mm dans l'étuve pendant 4 semaines.

Pour prédire les performances des thermoplastiques disponibles, il est essentiel d'apprécier ces caractéristiques. A mesure que la température monte, la matière devient flexible et manifeste un ou deux conditions thermoplastiques:

LA CONDITION ÉLASTIQUE: semblable à

l' élastique, initialement une période élastique où , avec l'application de force, l'extension est possible

LA CONDITION PLASTIQUE: la deuxième condition est la période plastique qui se passe quand la matière soit encore chauffé , puis la matière devient facile à mouler, semblable à la

pâte, et une extension considérable de la matière est possible.

Les matières “ élastiques” conviennent au pliage par un banc de chauffe, au formage, et au soufflage des demi-sphères. L' acrylique moulé est dans la plupart élastique, alors il est idéal pour ces processus.

Les matières “ plastiques” conviennent au thermoformage à haute définition. Idéalement les matières avec une zone plastique de 20-30° , car tout le processus peut avoir lieu avant que la matière se gele et devient rigide.

Quelquefois une matière peut être à la fois “ élastique” et “ plastique” . Le processus de thermoformage chauffe puis rafraîchit la matière, et en transférant la matière au moule pour la rafraîchir, la température peut baisser excessivement, avec des résultats décevants.

Ces deux caractéristiques déterminent la condition à utiliser, pour former avec succès des matières différentes. Par exemple, l' acrylique coulé est largement élastique alors il est idéal pour le soufflage des demi-sphères; mais il ne réagit pas si bien au processus du thermoformage. D' autre part , la polystyrène est largement plastique, et thermoforme bien; cependant elle devient très mince et fragile si on l' utilise pour le soufflage des demi-sphères.

LES THERMOPLASTIQUES HYGROSCOPIQUES : la plupart des plastiques absorbent de l'humidité et s'ils restent à l'intérieur de la zone plastique ce qui ne représente pas un problème. Cependant, quand la matière ne peut pas résister à la pression des poches de vapeur, des ampoules d'humidité pourront se former (par exemple le polycarbonate qui a une étendue élastique très basse). Souvent l' échec du thermoformage des matières comme l' acrylique é tiré ou le polycarbonate est dû à l' humidité .

Pour éliminer ce problème, on devrait préalablement sécher les plastiques à haute température avant de les chauffer dans la zone plastique.

La polypropylène ne fait exception car il n'est pas hygroscopique. Aussi cette matière flotte - alors il est facile à l' identifier. On peut fabriquer, par exemple, des gonds plastiques de polypropylène.

L'ACRYLIQUE ÉTIRÉ (Polyméthacrylate)

L'acrylique étiré est produite par un moule fait de deux pièces de glace de vitrage, séparés par l'épaisseur exigeant. Le monomère, méthacrylate, bord à bord des colorants, est versé dans le moule puis mis horizontalement dans le four. Grâce à la gravité si la matière est pigmentée, les additifs colorants inclinent à s'installer sur la face inférieure. Alors il y a une grande concentration de pigment sur un côté du produit, réduisant la qualité de la surface. On peut identifier la face supérieure par la couche de protection ou la couche en polyéthylène. On devrait s'assurer que la surface supérieure soit la surface visible, pour le pliage locale.

L'acrylique coulé (PMMA) possède de la force physique, de la résistance aux éléments et à la lumière du soleil. Une feuille transparente a une transparence de 92%. Le PMMA a une large étendue de thermoformage, il est facile à fabriquer et il y a une gamme de couleurs. Grâce à ces caractéristiques et à la fabrication en petites fournées de 19 feuilles, on peut fabriquer économiquement, quelles que soit la couleur ou l'épaisseur. Alors cette matière est idéale pour créer des produits de grande attrait esthétique.

Donc, la demande de volume est pour les matières



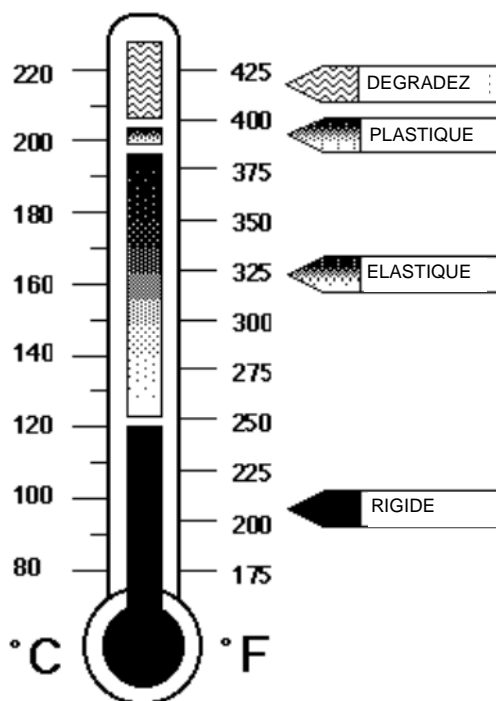
C.R. Clarke
and Company (UK) Limited

dans une gamme de couleurs, en excédant des autres

PROPRIÉTÉS THERMIQUES

CARACTÉRISTIQUES DE THERMOFORMAGE

L'acrylique coulé



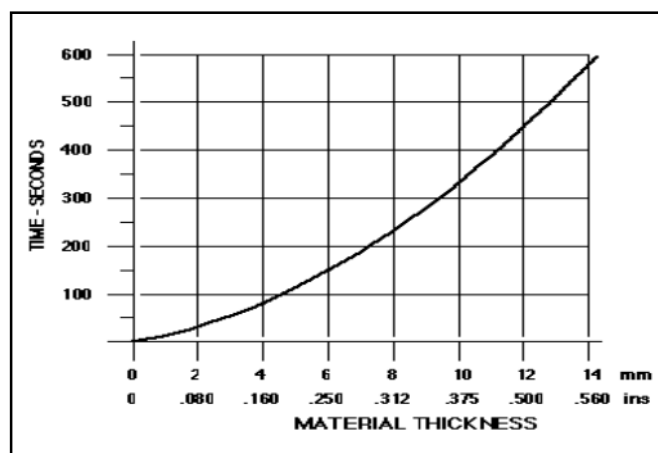
thermoplastiques, avec une étendue de 2mm à 100mm. Il a de la résistance à la traction, mais les grades standards ne ont que' une résistance modeste au choc. Il est aussi disponible en textures spéciales, comme par exemple en effet à prisme (pour l'éclairage diffus), et en

tige.

L'acrylique coulé possède de une étendue dominante "élastique" - s'il y a une étendue "plastique" on ne peut pas l'utiliser, car c'est

LE PLIAGE LOCALE

trop étroit. Quand formé sans restriction mécanique, (c'est à dire des moules), il adoptera un rayon, demi-



sphère, ou courbe uniforme entre les deux points de contrainte mécanique. La nature dominante élastique aide

aussi une mémoire plastique excellente.

L'acrylique coulé absorbe l'humidité mais ce n'est pas un problème pendant le thermoformage. Les

LE THERMOFORMAGE

caractéristiques élastiques sont suffisantes pour résister à la pression des poches de vapeur.

L'acrylique coulé réagit bien au pliage local. L'étendue idéal est de 145° à 170°. Le graphique

AUTRES TECHNIQUES DE FORMAGE

donne un guide approximatif des temps de

chauffage pour tous les épaisseurs en utilisant un banc de chauffe à double face. Il faut s'assurer qu'il y a une dissipation absolue de chaleur.

Grâce à l'élasticité dominante, la définition détaillée n'est pas possible avec l'acrylique coulé. Pour les petites étendues de grande définition on utilise une combinaison de formage sous vide pour les petites courbes et formage sous pression pour les étendues

MACHINISME, COUPE ET FINISSAGE

plus détaillées.

Soufflage des demi-sphères : du fait de la grande élasticité de quelques matériaux, c'est possible de créer une vraie demi-sphère, en utilisant de la pression d'air positive puis en gonflant une plaque de thermoplastique préalablement chauffée à 165° C. La pression est assez basse (10psi) et il n'y a aucun danger. Les demi-sphères plus grandes ont besoin de moins de pression.

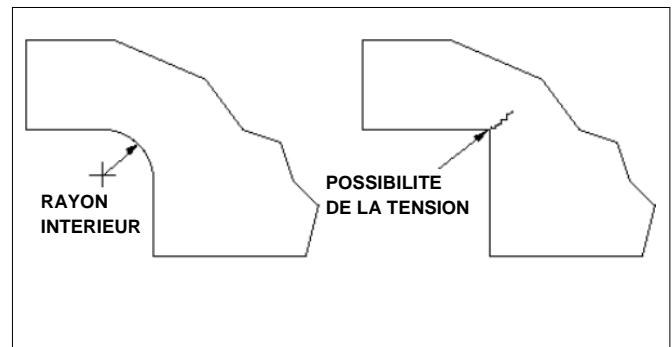
Formage 'rideau': La matière préalablement chauffée est mise sur un moule concave ou convexe où elle adopte les contours du moule, par exemple le pare-brise d'une motocyclette. Généralement on couvre le moule par un tapis vert pour le protéger.

Formage par pression: cette technique nécessite un moule mâle et un moule femelle.

2 : 2

POUR SOULAGER LA TENSION

Les outils traditionnels comme les scies et le fraisage peuvent être utilisés. La grande vitesse des lames minimisera l'ébréchure. Les fabricants commerciaux utilisent le fraisage CNC et les coupeurs laser. Le fraisage va produire des bords bien précisés avec une finition mate et si on veut une finition polie on aura besoin d'utiliser un tampon. Les coupeurs laser



produisent une finition polie mais ils ne peuvent pas donner des coins bien précisés.

Les forets hélicoïdales devraient être aiguisés à 130° et lubrifiés avec de l'eau. L'acrylique coulé usine bien au tour et grave bien.

LA JONCTION

La finition du bord peut être accomplie par le grattage ou un tampon. On peut aussi polir avec une flamme, ou on peut utiliser la méthode nouvelle - la polisseuse au bord diamant, qui transformera un bord scié en bord poli à raison d'un mètre par minute.

IDENTIFICATION

Sauf la polisseuse au bord diamant, tous ces processus créent de la tension dans la matière et quelquefois des fentes, spécialement s'il y a des dissolvants. Ces petites fentes élargiront d'un côté de la feuille à l'autre, et souvent ils n'apparaîtront pas jusqu'à des mois après le thermoformage. Dans le cas de la tension causée par le pliage local, ces fentes apparaissent parallèles à la courbure,

environ 20mm de la courbure. La solution est de

APPLICATIONS

recuire, soit avant de cimenter, soit après la fabrication. Une heure dans l'étuve à 80° produira une surface recuite efficace.

Si possible, il vaut mieux donner un rayon aux coins internes, pour diminuer la tension.

Il y a des adhésifs disponibles qui contiennent un mastic acrylique. Pour achever des résultats agréables on doit faire attention quand on applique



**PRÉCAUTION
S DE SÛRETÉ**



l'adhésif. Les feuilles protectrices sont souvent couvertes par un adhésif PVA qui forme une barrière contre des ciments dissolvants. Ces adhésifs devraient être enlevés avant de cimenter. Les feuilles polyéthylènes sont souvent adhésives par un adhésif

L'ACRYLIQUE ÉTIRÉ

auto-collant. L'acrylique à souder n'est pas pratique car les tensions thermiques causeraient de la tension excessive et détruiraient les surfaces plats.

Il y a une gamme de couleurs, pendant que la plupart des autres matières plastiques seront soit gris, soit blanches, soit fumées, soit transparentes (sauf le polystyrène qui est disponible dans un choix de couleurs grâce aux applications thermoformages).
Brûle avec un crépitement mais ne dégage pas.
Sent de fruit
Une surface d'haute qualité
Après chauffage il reste élastique

Les supports publicitaires et les PLV

le Pliage locale

Les panneaux
Les contenants divers pour la nourriture
Les meubles
Les lumières
Les pare-brises

En effectuant l'analyse brûlant, vous assurez-vous qu'il y a de l'eau tout près pour éteindre les plastiques flambant. Les analyses devraient être effectuées sur une surface incombustible. N'aspirez pas les fumées. Utilisez vous une place bien ventilée. Portez vous des

THERMOFORMAGE

Comme l'acrylique étiré soit fait de la même matière première que l'acrylique coulé, les caractéristiques de thermoformage sont bien différents. L'acrylique étiré a une petite étendue élastique de 30° et une étendue plastique de 90°. Le processus d'extrusion force les polymères à travers un long dépoli. Celui produit un effet grain qui, après le thermoformage, produira du rétrécissement.

L'extrusion simplifie le travail, alors c'est presque 20% moins cher à fabriquer que l'acrylique coulé, mais la surface est moins lisse et quelquefois il y a des copeaux sur le coupoir qui réduisent l'efficacité. On n'a qu'un choix de trois couleurs: gris, transparent ou tons pastels.

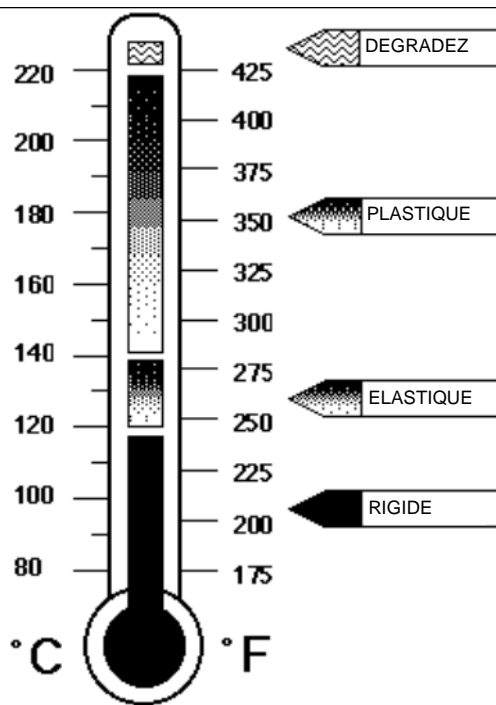
La durabilité d'acrylique étiré est semblable à l'acrylique coulé quant à la résistance aux éléments, mais elle est moins résistante au choc. Les deux

sont bien adaptés à la sérigraphie, et on peut les facilement thermoformer après l'impression.

Si le banc de chauffe linéaire a une température uniforme, on ne devrait pas avoir des problèmes. C'est mieux de chauffer dans les tolérances de l'étendue élastique de 30°, autrement on aura

CARACTERISTIQUES DE THERMOFORMAGE

ACRYLIQUE ETIRÉ



LES AUTRES PROCESSUS DE THERMOFORMAGE

les ampoules d'humidité et les bouts du travail pourraient s'allonger. Si on chauffe de contact, l'uniformité de la température est vitale parce que des marques de pression pourraient apparaître et la matière pourrait adhérer aux lames. Pour éliminer ça utilisez vous

MACHINISME ET FINISSAGE

du ruban non-adhésif.

Afin de réagir au thermoformage, avec une pression maximale de 1.0 bar et typiquement 0.83 bar, les

LA JONCTION

matières thermoplastiques

IDENTIFICATION

doivent être capable d'entrer l'état "plastique". Le plus grand l'étendue plastique, le mieux les résultats. Alors l'acrylique est tiré, avec une étendue plastique de 60°, est idéale pour le thermoformage.

La plupart des plastiques absorbent l'humidité, et quand on essaie d'élever les températures à

APPLICATIONS TYPIQUES

l'étendue plastique nécessaire au thermoformage

ABS (ACRYLONITRILE BUTADIÈNE STYRÈNE)

d'haute précision, on aura des problèmes. L'acrylique est tiré est une telle matière et quand une matière humide est thermoformée les ampoules apparaissent sur les régions plus chaudes.

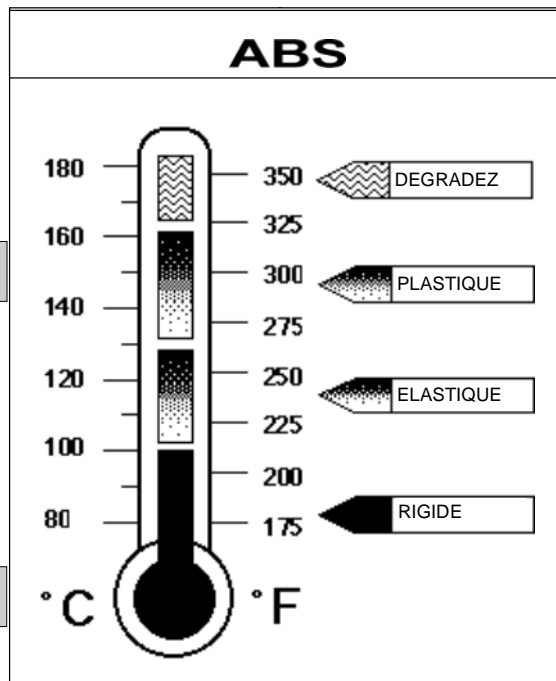
Alors qu'il y a des exceptions à ce problème, (PVC, polystyrène et polypropylène) on doit pré-sécher les matières hygroscopiques avant de thermoformer. Le temps exigé pour sécher dépend de l'épaisseur, à

2 : 4

LE PLIAGE LOCALE

une température de 40° en dessous de l'étendue du thermoformage. Approximativement 1.25 heures par 1mm d'épaisseur (sauf polycarbonate). Si l'usage est minimum, faites une "boîte chaude" avec un appareil de chauffage comme un effet 'serre'. Si les feuilles restent dans la boîte pendant un minimum de 24 heures le

CARACTERISTIQUES DE THERMOFORMAGE



LE THERMOFORMAGE

processus n'est pas coûteux.

L'acrylique est tiré réagira au soufflage des demi-sphères comme l'acrylique coulé, mais si chauffé à l'état plastique il étendra

MACHINISME ET COUPAGE

indéfiniment, en créant des formes non-uniformes. Les processus qui dépendent du formage libre deviendront plus temps et température critique. Généralement comme l'acrylique coulé, mais plus

LA JONCTION

enclin à fracasser après formage, si la tension n'est pas soulagée. Polissage par flamme est difficile à cause de l'étendue élasticité étroite.

Comme l'acrylique coulé.

La plupart des fabricants mettent un suffixe "X" sur leur marque de fabrique.

IDENTIFICATION

Les couleurs sont principalement transparente, fumée ou pastel

Ne flotte pas

Brûle sans un crépitement et ne dégoutte pas.

La matière brûlée formera des bulles

Après chauffage des ampoules apparaissent avant dégradation

Sent de fruit

APPLICATIONS TYPIQUES

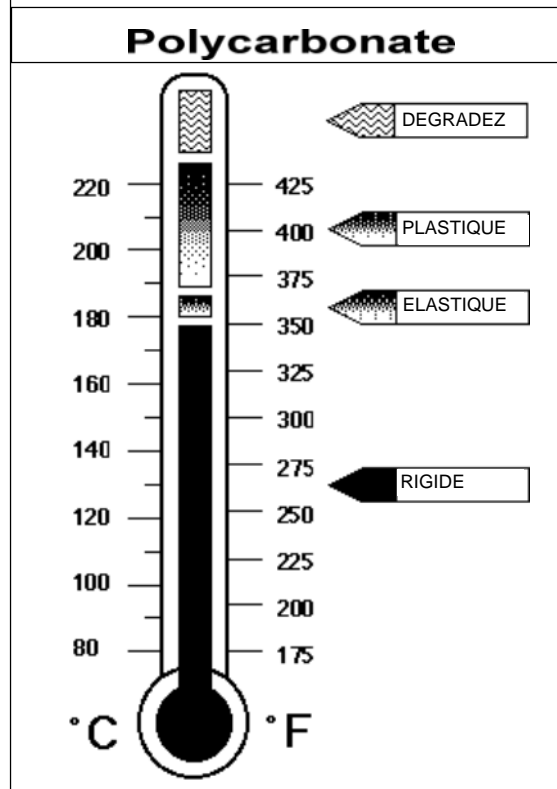
Les pièces thermoformées d'haute qualité
 Les PLV de thermoformage et de sérigraphie
 Les tubes d'extrusion

Un thermoplastique durable, résistant aux éléments et aux quelques chimiques. C'est utilisé dans plusieurs

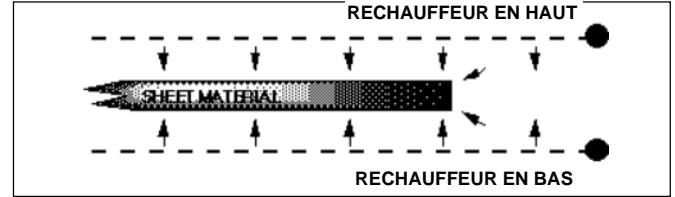
POLYCARBONATE

applications, populaire pour les pièces thermoformées. Disponible en trois couleurs: noir, blanc et gris, souvent avec une texture de grain et cuir, pour rehausser son attrait. Il y a un contenu caoutchouc en ABS qui donne de la résistance au choc. Ses propriétés mécaniques pourraient être décrites comme une vraie plastique ou un caoutchouc naturel, avec un penchant vers le bout plastique de l'échelle. Comme illustré sur le graphique des caractéristiques de thermoformage, l'ABS monte une fenêtre thermoformage plastique/élastique 50/50 et il entre l'étendue à une

CARACTERISTIQUES DE THERMOFORMAGE



Les ciments dissolvants sont disponibles, avant des



possible de faire la soudage plastique à l'air chaude, en utilisant les techniques standards.

Ne flotte pas sur l'eau

Opaque

Il brûle, mais s'éteint et ne dégage pas.

Sent de caoutchouc et produit des flocons noirs.

THERMOFORMAGE

Les appareils électriques
 Les articles culinaires
 Les boutons et manches
 Les conduits d'air

Cette matière est unique entre les autres thermoplastiques, à cause de sa haute résistance et classe supérieure de feu. Alors on utilise le polycarbonate pour les applications comme

l'éclairage diffus, les protections antiéclats des machines, et la garniture intérieure des avions. Pour le thermoformage, c'est une matière hygroscopique qui aura besoin d'être préséchée.

Le polycarbonate est disponible en formes divers, mais la demande volume est pour les feuilles, qui sont disponibles en couleurs et textures diverses. Il est résistant aux éléments et convenable à la sérigraphie. Pourtant le polycarbonate est hautement

COUPAGE ET FINISSAGE

Le pliage locale n'est que possible sans le préséchage si un appareil de chauffage avec de l'émission uniforme soit utilisé. Généralement un filament chauffant tendu est le mieux à utiliser car il opère près de la matière et il n'est pas affecté par des influences

LE PLIAGE LOCALE

exact, le pliage est plus vite avec des matières de température basse que ces d'haute température. S'il y a de l'absorption d'eau, qui peut être 0.3%, on aura des ampoules d'hydratation quand chauffé au dessus de 130° C pour le thermoformage. La matière fraîche n'aura pas cette problème. Le préséchage devrait fait à 70° C, à 1.25 heures par mm d'épaisseur. L'ABS formera bien à une haute précision et il n'y a que quelques problèmes de tension.

Si la qualité du bord n'est pas importante, l'ABS se brisera facilement jusqu'à 3mm d'épaisseur. Autrement les scies circulaires ou le fraisage sont convenables. A cause du caractère caoutchouc de la matière, les coupeurs doivent être aigus.

extérieures. Les appareils de chauffage de contact ne sont pas convenables.

Epaisseur(mm)
Temps(heures)

1	3	4	6	8	12
1	4	10	24	36	48

Le graphique des caractéristiques

La matière devrait être

LA JONCTION

monte une étendue élastique étroite d'environ 8-10° C, et pour éviter des ampoules d'hydratation la température de la ligne de courbure doit être à l'intérieur de cette

IDENTIFICATION

étendue. Si la longueur de la courbure est augmentée, le problème de température devient plus compliqué, et on aura besoin d'un appareil précis. La étendue élastique étroite de polycarbonate

APPLICATIONS

cause des problèmes comme l'absorption d'hydratation est un problème. Car le polycarbonate est plus épais que les autres thermoplastiques, il faut plus de temps pour le presser.

Le chauffage à double face est préférable pour 3mm d'épaisseur et le processus devrait être chronométré. Aussi le polycarbonate refroidit vite après formage,

POLYSTYRENE

(mais pas si vite que l'acrylique), alors il faut le transférer vite au calibre de refroidissement.

Il y a un autre problème - quand la matière est chauffée, souvent les ampoules apparaissent sur chaque but. Soit on peut couper les buts après chauffage, soit on peut couvrir les buts avec une pièce de feraille pendant chauffage, pour dériver la chaleur. Une condition préalable du thermoformage est la

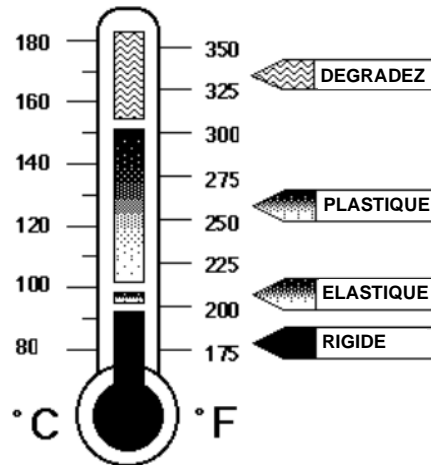
le Pliage locale

transition en état plastique. En cet état la matière ne peut pas résister à la pression de l'humidité qui cause des ampoules. Dans le cas du polycarbonate le pressage est essentiel à 80-120° C, et car la matière est si épaisse, le temps de séchage augmente (voyez la table)

2 : 6

CARACTERISTIQUES DE THERMOFORMAGE

Polystyrène



le Thermoformage

utilisée bientôt après le séchage, autrement l'hydratation sera réabsorbée et pourrait causer des ampoules. Cependant, après séchage le polycarbonate réagit bien au thermoformage, semblable au polystyrène. On peut plier les feuilles fines en polycarbonate quand froid,

Machinisme et Coupage

mais la qualité optique n'est pas si bien.

La finition du bord peut être accomplie en utilisant des abrasifs, le fraisage ou un grattoir suivi par un tampon,

la Jonction

ou on peut utiliser une polisseuse au bord diamant qui transformera un bord scié en bord poli à raison d'un

Identification

mètre par minute. Autrement, un finissage lustré peut être

Applications typiques

accompli en polissant par vapeur avec méthylène chlorure. Celui est chauffé dans une boîte jusqu'à 40° C puis dirigé sur le bord scié par un tube.

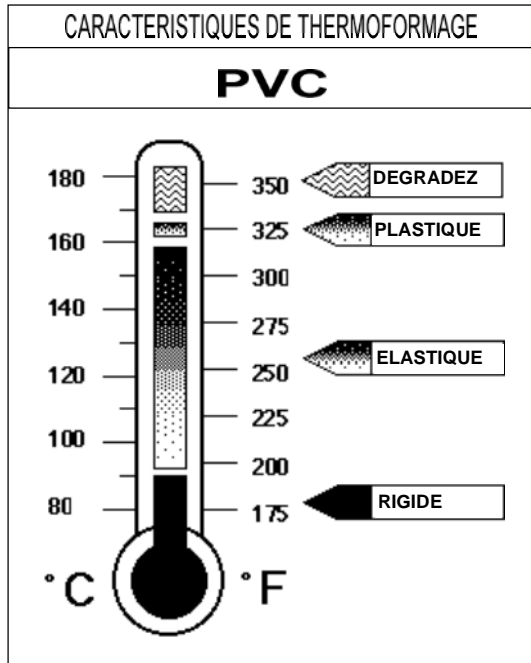
En utilisant le méthylène chlorure les jointures auront une haute résistance à la traction. Le polycarbonate

PVC

peut aussi être joint au métal, au verre, au bois, etc. On peut aussi utiliser des fixations comme les rivets ou les écrous, ou le soudage.

Les ampoules d'hydratation apparaissent
Il n'écoule pas goutte à goutte quand il brûle

- Sente de phenol
- Ré sistant au choc
- L' é clairage diffus
- Les lucarnes
- Les protections anti-é clats des machines



- Les abris du temps
- Les supports publicitaires et les PLV
- La garniture intérieure des avions
- Les enchassures électriques
- Le polystyrène est généralement tiré en feuille, et, car c'est moins chère que les autres matières, c'est la matière la plus souvent utilisée. Les températures pour thermoformer sont relativement basses, mais car

le Pliage locale

il n'est pas résistant à la lumière ultra-violette, il n'est souvent pas utilisé pour les applications extérieures. Il n'est pas résistant aux adhésifs. Le polystyrène clair est plus fragile que le polystyrène coloré. Il y a une gamme de couleurs,

le Thermoformage

d'épaisseurs et de textures. Le polystyrène est idéal pour le moulage sous pression.

Car l'élasticité est tellement étroite, une ligne chauffée localement deviendra plastique presque immédiatement. Ce caractère pourrait le rendre difficile de fabriquer des cadres pour les photos, par exemple, ou il faut une courbure de 180°, car les deux surfaces de la matière vont se coller. Une matière comme PVC ou l'acrylique serait mieux pour une

telle fabrication. En pliant la

Autres Processus de Thermoformage

polystyrène clair, il y a une grande possibilité de tension, même 48 heures après, et pour réduire ce risque, il faut préchauffer les composants à 60°. Grâce à la température basse pour thermoformer, et

Machinisme et Coupage

la transition presque immédiate en état plastique, le polystyrène est idéal pour le thermoformage. L'absorption d'humidité n'est pas un problème et il ne faut pas préchauffer la matière. Si la feuille est

La Jonction

haute polie, il y a souvent une couche pour la protéger - on peut laisser cette feuille en place pendant le processus.

Le polystyrène clair peut être coupé avec des scies. Les feuilles colorées sont plus résistantes et on peut les couper avec une cisaille à guillotine. Après le thermoformage on peut couper de la matière fine avec des ailes utilisées pour l'imprimerie.

Les ciments polystyrénés sont très disponibles et ils produiront un joint comme une soudure. Prenez soin quand vous choisissez l'adhésif, car quelques uns

Identification

- peuvent dissoudre le polystyrène.
- Ne flotte pas
- Brûle, coule et n'est pas auto-extincteur
- Sente des soucis

Applications typiques

- Ne coûte pas cher.
- Souvent utilisé pour le thermoformage et l'injection sous pression
- Jouets
- Meubles préfabriqués
- Glaçage intérieur

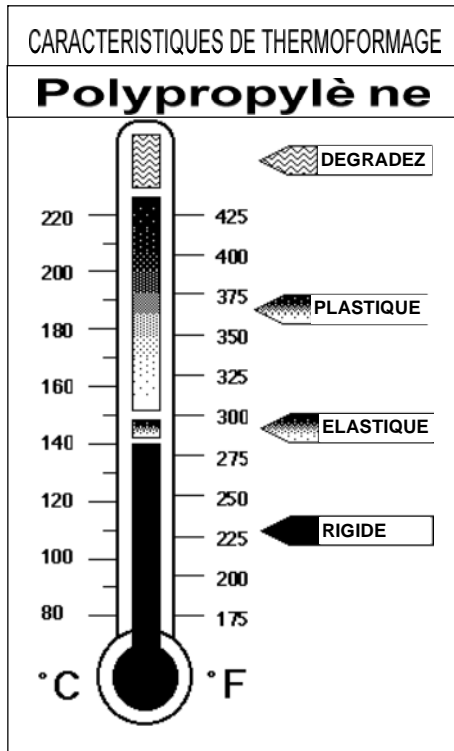
POLYPROPYLENE

PVC est produit soit par l'extrusion soit en calendrant puis laminant les feuilles fines produites sous l'influence de la chaleur et la pression. Une feuille PVC de qualité aura une bonne surface et

sera protégé e par une couche plastique qui peut rester en place pendant le processus de thermoformage. Le PVC clair a souvent une teinte bleu, particulièrement aux bords. Les couleurs

industrielles sont gris, beige, noir et blanc, typiquement de 0.25 à 25mm d' épaisseur.

Le PVC a une haute résistance à l' attaque chimique, alors il est souvent utilisé pour la fabrication des



réservoirs chimiques ou des conduites pour les fumées toxiques. C' est aussi résistant aux adhésifs.

Grâce à ses caractéristiques flexibles, c' est plus résistant au choc que les autres thermoplastiques plus rigides et c' est très durable pour les applications extérieures. L' étendue plastique est presque négligeable, mais l' étendue élastique est large, semblable à celle de l' acrylique coulé, mais à une température plus basse.

Le PVC est idéale pour le pliage local et à cause de sa nature flexible, il est très résistant aux tensions thermiques. Grâce à son étendue élastique dominante, toutes les méthodes normales de chauffage sont convenables.

le Pliage locale

conviennent au thermoformage doivent avoir une large étendue plastique. C' est parce que les caractéristiques élastiques de PVC ne sont pas si tenaces que ceux des autres plastiques et ils peuvent être accablés par la pression atmosphérique. Quand l' épaisseur de la feuille augmente de 3 à 6mm, la matière ne remplira pas les coins finaux. Cependant il y a quelques formes de PVC qui sont mieux formulés pour adapter au processus de thermoformage. Il n' y a pas un problème d' absorption d' hydratation,

alors il ne faut pas préchauffer le PVC.

Thermoformage

Les techniques du formage sous pression avec des moules mâles et femelles et du soufflage des demi-sphères, sont très réussies. C' est possible de produire des demi-sphères plus petites qu' avec l' acrylique coulé quand la pression d' air soit plus basse.

Généralement les règles sont les mêmes que pour les matières acryliques, mais c' est possible de

Machinisme et Coupage

cisailler les épaisseurs jusqu' à 4mm. S' il y a des fentes, chauffez la matière jusqu' à 40° C puis les fentes seront éliminées.

Jonction

Comme déjà dit, le PVC est très résistant aux chimiques. Traditionnellement on a utilisé le soudage par l' air chaud comme méthode de jonction, en mettant le matériau de remplissage sur la surface du joint et diriger simultanément l' air chaud sur la matière et sur le matériau de remplissage. Il faut un élément d' habileté pour achever une soudure

Identification

attirante. Le PVC est souvent utilisé pour les réservoirs chimiques, la canalisation et l' équipement industriel.

Une autre technique souvent utilisée est la soudure d' haute fréquence en utilisant l' ultrason,

Applications typiques

typiquement utilisé pour le revêtement protecteur. Brûlé, la flamme est un peu verte, il s' éteint, et sente

à cre
PVC non plastifié est rigide et dur
PVC plastifié est flexible et facilement coupé
Une teinte bleu aux bords coupés

Les autres Thermoplastiques et leurs applications

Nylon

Marchandises d'eau de pluie
Les tuyaux pour l'air, l'eau et les liquides
Les tuyaux flexibles industriels
Lumières pour les toits
Réservoirs chimiques
Canalisation
Généralement on considère le polypropylène un

PTFE (Polytetrafluoroéthylène)

matériau de construction, utilisé pour les fabrications industrielles comme des réservoirs chimiques ou l'habillage de protection. Cependant, il y a maintenant une demande pour les calibres plus fins dans une gamme de couleurs et de textures estampées, pour l'affichage et les matières de

Polyéthylène

présentation comme l'enveloppe d'une chemise ou les boîtes pré-coupées. Les couleurs commerciales normales sont gris, noir, blanc, bleu et beige, et pour les applications extérieurs c'est mieux d'être noir est mieux grâce à sa résistance supérieure à l'ultra-violet. La polypropylène a un nombre de caractéristiques mécaniques qui la font facile à

Acétyle

identifier et la font supérieur aux autres thermoplastiques.

Hybrides d'acrylique

Quand chauffé, l'étendue élastique a une petite gamme de température. Dans le cas de la matière non colorée (blanche), la progression dans l'état plastique sera accompagnée par un changement en couleur d'opaque à une couleur claire. Ce

phénomène ne bien indique la température maximale pour thermoformer et aussi l'uniformité de chauffage, car la transition d'opaque à claire a une gamme de

Hybrides de PVC

température de seulement 10° C. Pendant que la température du dégradation est plus haute que pour les autres plastiques, la matière deviendra presque fluide. La polypropylène est une plastique très flexible alors c'est idéale pour les gonds, par exemple. Grâce à son bas coefficient de frottement, elle est aussi facile à nettoyer, alors elle est utilisée pour les applications comme les pédales d'accélération et l'usage marin. Elle résistera aux

Hybrides Polycarbonate

températures de plus de 100° C et a un densité de 0.91, alors c'est plus légère que l'eau et elle flotte. L'absorption d'humidité est minimale, alors c'est idéale pour les environnements où se trouve de l'air humide. La polypropylène est aussi une matière économique.

Grâce aux réductions en force mécanique dans l'étendue plastique, l'uniformité de chauffage est très important et devrait être entre $\pm 5-10^{\circ} \text{C}$ d'un bout à l'autre de la ligne. Le chauffage à simple face est souvent utilisé, et la courbe forme quand environ 1mm de l'épaisseur soit encore rigide. Cette courbe est comme un gond, gardant la stabilité côté e. Souvent la surface la plus large est à l'intérieur de la courbe. A cause de sa nature flexible, il faut cramponner la polypropylène très proche à la ligne, autrement il y aura de la déformation locale, qui pourrait affecter l'uniformité du chauffage.

Le chauffage de contact est aussi pratique. Car c'est une thermoplastique qui n'absorbe pas l'humidité, il n'est pas nécessaire de la préchauffer. Une fois la feuille devient claire, commencer à thermoformer. Pour les feuilles colorées, attendez jusqu'il y a une "flèche" dans la feuille. Cette flèche pose des problèmes, particulièrement si le moule est peu profond. On voit de la toile sur le travail quand on tire la matière sur le moule. Pour éviter cet éventualité, il faut supprimer la feuille avec l'équilibrage

de pression.

A cause de la nature flexible et

souple de la polypropylène, on peut la trancher jusqu' à 6mm d' épaisseur. Alternativement, on peut utiliser des scies.

REMARQUES

Polypropylène est résistante aux solvants, alors on ne peut pas la cimenter au solvant. Traditionnellement la jonction est par la soudure avec de l' air chaud, en utilisant une baguette de soudure d' une composition compatible. C' est résistant aux heurts alors c' est idéale pour la majorité des attachements mécaniques comme par exemple des rivets, boulons et vis.

Flotte sur l' eau, souvent d' une couleur blanche opaque (naturelle)

Brûle avec une flamme jaune et ne s' éteint pas

Produit des gouttelettes fondues, flambantes

Sente d' une bougie brûlante

On peut le plier à plusieurs reprises

Réservoirs chimiques, canalisation

Caisses pour les bouteilles

Applications médicales (stérilisable)

Réceptacles pour de la nourriture y compris des ustensiles pour la four à micro-ondes

Habillage mural dans les cuisines, par exemple

Trémies et réceptacles

Cellule de batterie au plomb

Chemises

Un matériau de construction, disponible en tige, tube et feuille. Généralement usiné ou moulé sous pression pour fabriquer des composants comme des coussinets, engrenages et écrous. La matière a une haute résistance à l' abrasion, des caractéristiques de frottement bas, est facilement usiné et résistante aux chimiques. L' amollissement se passe entre 185 - 220° C, dépendent de la qualité, mais nylon absorbe l' humidité jusqu' à 9. 5%, alors on ne peut pas l' utiliser dans les environnements de grande humidité. Une matière superbe pour un bas coefficient de frottement, un bon résultat à une haute température et de l' isolement électrique. Disponible en tige, tube, feuille et bande. Les applications typiques sont l' isolement électrique à haute température, usage industriel, les ustensiles de cuisine et les produits médicaux. La température d' opération s' étend de -250 à +250° C.

Les grades de faible densité s' amollissent à 60° C et comme la densité augmente le point d' amollissement aussi augmente. L' absorption d' eau

© C R Clarke & Co (UK) Ltd 1992

2 : 10

est minimale, et il est utilisé pour beaucoup

d' applications ménagères, normalement moulé sous pression. Avec une bonne résistance aux chimiques, on peut l' utiliser pour le thermoformage. Ce matériau est souvent en poudre pour le revêtement thermoplastique, car c' est un matériau économique.

Cette matière est semblable au nylon, mais son absorption d' eau est plus basse, alors c' est idéale dans les environnements humides. Disponible en tige ou feuille, naturel ou noir.

Grâce à la flexibilité d' acrylique, qui est utilisé pour des applications innombrables, il y a eu un développement des hybrides d' acrylique, avec des propriétés spécialisées, mais ayant les mêmes caractéristiques de thermoformage. Par exemple l' acrylique à haute impacte est utilisé pour les écrans de protection, l' acrylique ultra-violet pour l' éclairage, le glaçage et les lits de soleil, et l' acrylique glacé pour les meubles présentoirs et les autres applications ou le verre à vitre est soit trop lourd, soit trop délicat.

Une variation populaire en PVC est une matière mousse avec une pellicule sur la surface qui s' adapte bien à la sérigraphie et à la décoration graphique. Les avantages sont une grande réduction en poids, par rapport au PVC normal, et la résistance au temps et à l' ultra-violet. Les applications typiques sont des panneaux d' affichage, les habillages décoratifs, les tableaux de bord et les barrières acoustiques. Il faut prendre soin pendant le pliage local de ne pas trop chauffer la surface de la pellicule autrement la qualité sera défectueuse.

Tandis que le polycarbonate a quelques propriétés uniques, il ne convient pas aux quelques applications grâce à sa faible résistance aux solvants, et aussi le polycarbonate est une matière très difficile à thermoformer. Maintenant il y a un plus de choix de matières qui sont de concours en termes de thermoformage, de résistance aux heurts et des autres caractéristiques. Généralement celles matières sont basées sur les polyesters modifiés, et ils thermoforment à une température basse et il n' est pas nécessaire de les pré-chauffer. Cependant, ils manquent souvent des propriétés désirables de

REMARQUES



C.R. Clarke
and Company (UK) Limited

Unit 3, Betws Industrial Park, Ammanford, Dyfed, SA18 2LS

Tel. +44 (0)1269 590530 Fax +44(0)1269 590540

polycarbonate.