

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

Formage

1. Formage à froid

Cintrage à froid

Toutes les plaques Makrolon® peuvent être cintrées à froid, à l'exception du Makrolon® AR, avec un rayon de courbure minimum de 150 fois l'épaisseur de la plaque.

Rayon minimum = 150 x épaisseur de la plaque

Le formage à chaud est conseillé en cas de rayon inférieur.

Pliage à froid

Les plaques Makrolon® peuvent être pliées à froid. Pour obtenir de bons résultats, il convient de ne pas dépasser les valeurs approximatives suivantes :

Épaisseur de plaque en mm	Rayon de courbure en mm	Angle de pliage max. en °
1 en 2,5	2	90
3 en 4	3	90
5 en 6	4	60

La relaxation qui se produit immédiatement après le pliage exige d'augmenter le pli de 25 °. Les tensions intérieure et extérieure ne s'équilibrent qu'au bout de quelques jours et ce n'est qu'alors que les pièces ont leur forme définitive.

Le pliage à froid entraîne des tensions importantes sur les rebords du matériau.

Évitez de mettre les pièces pliées ou cintrées à froid en contact avec des produits chimiques agressifs.

Le pliage à froid ne convient qu'aux plaques Makrolon® de faible épaisseur.

2. Formage à chaud

Feuille de protection

Les plaques Makrolon® sont munies d'une feuille de protection en polyéthylène afin que les surfaces lisses ne soient pas endommagées pendant le transport et le traitement.

Veillez laisser les feuilles de protection sur la plaque pendant le façonnage par enlèvement ou mécanique. Le rayonnement solaire et les intempéries peuvent influencer les propriétés de la feuille, de sorte que des feuilles de protection non enlevées dans ces circonstances peuvent être très difficiles à ôter (avec éventuellement formation de résidus de colle).

Nos feuilles de protection standard ne sont pas adaptées à une sollicitation thermique. Une déformation thermique des plaques avec ces types de feuilles de protection n'est pas possible sans problème. Il est dès lors nécessaire d'enlever la feuille avant de mettre en œuvre des processus comme le séchage, le pliage à chaud et/ou le thermoformage des plaques.

Pour ce genre de travail sur les plaques avec feuille de protection, nous tenons à votre disposition des types de feuilles spécialement prévus à cet effet et non imprimés (production spéciale).

Préséchage

Malgré leur faible taux d'absorption d'humidité, il est préférable de faire subir aux plaques Makrolon® un séchage complet avant toute opération de formage à chaud. Un préséchage insuffisant entraîne la formation de bulles, ce qui altère la qualité optique et esthétique de la pièce finie.

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

Formage

Pour assurer un préséchage complet, il est conseillé d'utiliser une étuve à circulation d'air chaud à 120-125 °C. Le temps de séchage est fonction de l'épaisseur des plaques.

Épaisseur de la plaque (mm)	Temps de séchage à 125 °C (h)
1	1,5
2	4
3	7
4	12
5	18
6	22
8	30

Après avoir enlevé les feuilles de protection, vous pouvez disposer les plaques horizontalement ou verticalement dans des râteliers ou les suspendre dans l'étuve, en respectant entre les plaques un écart suffisant (20-30mm) pour que l'air puisse circuler librement.

Afin de réduire le temps de chauffage et la consommation d'énergie de la machine de formage à chaud, il est préférable de laisser les plaques dans l'étuve jusqu'à leur transfert dans la machine. Les plaques préséchées refroidies à température ambiante doivent être transformées au plus tard dans les dix heures à compter de leur sortie de l'étuve (en fonction des conditions ambiantes). Sinon, un nouveau séchage est nécessaire.

Lors du découpage des plaques en vue du thermoformage, il faut considérer que le matériau subit un retrait quand il est porté pour la première fois à une température supérieure à la température de transition vitreuse de 145 °C. Ce retrait ne se reproduit plus par la suite.

Le retrait maximum est de 6 % pour les plaques d'épaisseur de 3 mm max. et de 3 % pour les plaques d'épaisseur supérieure.

Avant le formage à chaud, nettoyez soigneusement les plaques Makrolon® avec un agent de nettoyage antistatique ou à l'air comprimé ionisé afin d'éviter les défauts de surface, comme les inclusions de salissures et de poussières dans la pièce finie.

Pliage à chaud

Le pliage à chaud est une technique de formage assez simple qui permet de réaliser des pliages mono axiaux. Le préséchage n'est généralement pas nécessaire, car il suffit de chauffer la plaque Makrolon® à une température de 150-160 °C à l'emplacement du pli.

La plaque est chauffée localement à l'aide de lampes IR ou de fils de chauffage (cf. fig. 6). Dès que l'emplacement du pli est à la bonne température, retirez la plaque de l'élément chauffant, pliez-la, mettez-la dans le moule et fixez-la. La force de formage doit être maintenue jusqu'à la solidification du matériau.

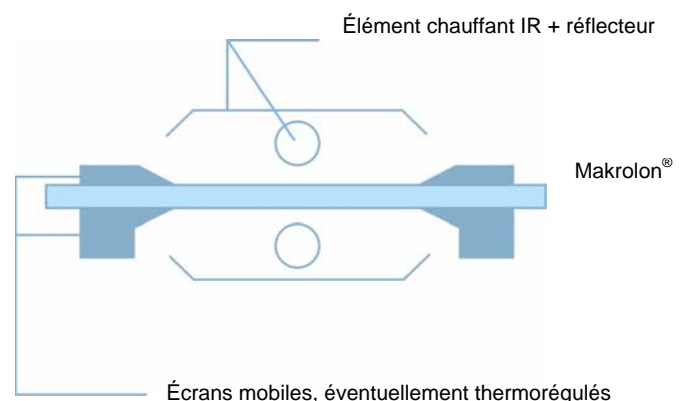


Fig. 1 : pliage à chaud

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon®

Plaques compactes en polycarbonate

Formage

Lors du chauffage d'une seule face, il faut retourner la plaque plusieurs fois pour obtenir une température uniforme sur les deux faces. Les appareils de type « sandwich », qui chauffent en même temps les deux faces, sont recommandés pour les plaques de plus de 3 mm d'épaisseur et pour la fabrication de séries importantes. En réglant avec l'écran la largeur de la zone chauffée (cf. fig. 6), il est possible d'obtenir des rayons de courbure différents, mais il est recommandé de ne pas descendre en dessous d'une valeur égale à 3 fois l'épaisseur de la plaque.

Le chauffage local entraîne des tensions internes au sein de la pièce finie. Certains produits chimiques peuvent endommager les plaques pliées à chaud.

Chauffage de la plaque Makrolon®

Pour obtenir des pièces formées de qualité irréprochable, les plaques Makrolon® doivent être chauffées de façon homogène et contrôlée à une température comprise entre 175 et 205 °C, la meilleure reproduction des détails étant obtenue à la température la plus élevée.

Comme la température de formage est très élevée et que les plaques Makrolon® se refroidissent rapidement, il est préférable de chauffer les plaques directement sur la machine de formage et non, comme c'est souvent le cas pour les autres thermoplastes, dans des étuves à circulation d'air séparées.

Nous conseillons d'utiliser, de préférence sur les deux faces, des systèmes de chauffage infrarouge, aux temps de chauffe relativement courts.

Le chauffage simultané des deux faces a pour avantages une température plus uniforme du matériau ainsi que des temps de chauffe plus courts permettant de réduire le cycle de formage et d'augmenter la rentabilité. Le temps de chauffage nécessaire, approximativement

proportionnel à l'épaisseur de la plaque, doit être déterminé par des essais préliminaires menés sur la machine de formage.

Nous conseillons d'assurer une thermorégulation des dispositifs de support et de serrage des plaques afin d'éviter d'importantes pertes de chaleur lors du chauffage ainsi qu'un refroidissement irrégulier risquant de produire des contraintes internes ou un gauchissement de la pièce. Pour améliorer l'uniformité de l'épaisseur de la pièce formée, on peut envisager un préformage mécanique des plaques.

Refroidissement de la pièce finie

Les plaques Makrolon® se refroidissent rapidement et requièrent donc un formage rapide. Cependant, la résistance élevée à la déformation à chaud permet des cycles de refroidissement assez courts. Les pièces peuvent être démoulées sans risque de déformation dès que la température est descendue en dessous de 135 °C environ.

Étirage

Vous pouvez réaliser par formage sur moule positif des pièces simples, à grand rayon de courbure et cintrées autour d'un axe seulement. Les plaques Makrolon®, après avoir été portées à la température de transformation dans une étuve à circulation d'air, sont rapidement transférées sur un moule chauffé à 80-100°C.

La plaque épouse alors la courbure du moule par le seul fait de son poids ou par une légère pression (au moyen de gants ou d'un tissu).

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon®

Plaques compactes en polycarbonate

Formage

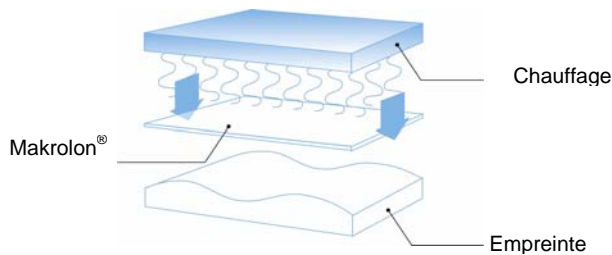


Fig. 2 : formage à chaud avec moule positif

Laissez les plaques refroidir à l'air ambiant, en évitant les courants d'air qui pourraient entraîner des déformations et des contraintes dans les pièces. Nous vous conseillons de retirer la feuille de protection avant de chauffer la plaque en étuve.

Thermoformage

Outillage

Pour réaliser des séries importantes ou obtenir une qualité de surface optimale, il est conseillé d'utiliser des moules en aluminium ou en acier thermorégulés (120 -130 °C) à surfaces satinées. Un angle de dépouille de 4 à 6 °C facilite le démoulage.

Lors de la conception des moules, il faut anticiper le retrait en ajoutant une surcoté de 0,8 à 1 % et prévoir des événements correctement placés et en nombre suffisant. Leur diamètre ne doit pas dépasser 0,5 à 0,8 mm, afin d'éviter les traces sur la pièce moulée. Des trous percés par l'arrière au moyen de forets de diamètre supérieur facilitent le dégazage du moule (cf. fig. 3). Des matériaux spécifiques permettent de réaliser des moules poreux sans événements.

Les rayons doivent être assez importants et au minimum égaux à l'épaisseur de la plaque afin d'augmenter la rigidité et d'éviter un amincissement et une formation de plis pendant le formage.

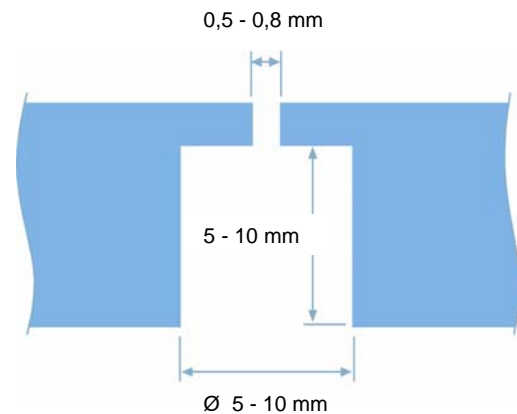


Fig. 3 : croquis d'évent pour le thermoformage

Moules négatifs et positifs

Le choix d'un moule négatif ou positif dépend de l'application considérée. Si vous souhaitez obtenir une meilleure qualité de surface à l'extérieur de la pièce finie, vous opterez pour des moules négatifs qui offrent une meilleure reproduction des détails (cf. fig. 4).

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

Formage

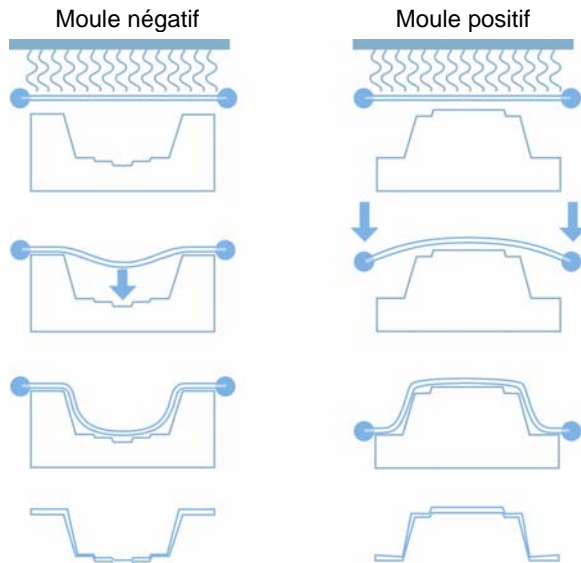


Fig. 4

Formage libre par soufflage ou dépression

Cette technique permet de former des coupoles sans contre-moule. Le formage positif se fait par soufflage, le formage négatif par dépression. Le chauffage doit être uniforme afin d'éviter la déformation des pièces. Évitez donc les courants d'air, car ils provoquent un chauffage inconstant. Quand la température de la plaque est de 135°C environ, la pièce conserve la forme voulue et vous pouvez la retirer.

Autres méthodes

Il existe d'autres méthodes de formage à combinant les procédés susmentionnés.

Formage haute pression

Dans un moule fermé, on augmente à l'air comprimé la pression atmosphérique, qui étire la plaque ramollie sur le moule. On obtient ainsi une reproduction précise des détails et des arêtes nettes.

Formage biplaques

On place deux plaques chauffées entre deux moules négatifs. En insufflant de l'air comprimé, on peut réaliser des pièces creuses rigides et de faible densité. Cette technique permet de former et souder deux pièces en même temps.

Recuit

Il faut toujours transformer le Makrolon® dans des conditions optimales afin de limiter la formation de tensions internes, qui pourraient rendre nécessaire un retraitement thermique.

Le recuit consiste à chauffer les pièces, à les maintenir à la température voulue puis à les laisser refroidir lentement.

En faisant un recuit dans une étuve à circulation d'air chaud, dans laquelle les pièces sont chauffées à 120-130°C pendant une période d'une heure par tranche de 3 mm d'épaisseur, il est possible de réduire notablement le niveau de contrainte. Ensuite, les pièces doivent être refroidies lentement jusqu'à température ambiante, de préférence dans l'étuve en évitant les variations rapides de température.

Manuel technique, Janvier 2005

Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

Formage

Conseils pour le formage à chaud

Problèmes	Cause possible	Solution	Cintrage à chaud	Étirage	Thermof ormage	Formage libre par soufflage ou dépression
Bulles dans la plaque	Plaque humide	Préséchage	•	•	•	•
	Chauffage trop fort	Réduisez le chauffage	•		•	•
Pièces mal formées	Plaque trop chaude	Réduisez le chauffage			•	•
	Moule trop froid	Augmentez la température du moule			•	
	Pièce démoulée trop tard	Réduisez le cycle de refroidissement			•	
	Dépression trop rapide	Limitez la dépression			•	
	Arêtes trop vives	Arrondissez les arêtes			•	
	Surface de la plaque trop petite	Utilisez des plaques plus grandes			•	
Ondulation	Chauffage irrégulier	Contrôlez les endroits chauds et les endroits occultés			•	
	L'écart entre les empreintes est trop faible	Écart min. = 2 fois la profondeur			•	
	Dépression trop rapide	Limitez la dépression			•	
	Surface de la plaque trop importante	Écart cadre-moule < 50 mm			•	
Détails réduits ou incomplets	Dépression insuffisante	Vérifiez l'étanchéité ou ajoutez des événements			•	
	Température de la plaque trop faible	Augmentez le chauffage			•	
La pièce finie adhère au moule	Moule trop chaud	Réduisez la température du moule			•	
	Pièce démoulée trop tard	Démoulez-la plus tôt			•	
	Angle de dépouille trop faible	Angle de dépouille > 4 °-6 °			•	
Traces	Surface du moule trop lisse	Matez légèrement le moule			•	
	Température de la plaque trop élevée	Réduire le temps de chauffage	•	•		
	Événements mal placés	Repositionnez les événements			•	
Défauts de surface	Poussière sur la plaque ou le moule	Nettoyez à l'air comprimé ionisé		•	•	
	Événements mal placés	Repositionnez les événements			•	
Pièces finies irrégulières	Moule/cadre trop froid	Augmentez le préchauffage			•	
	Chauffage/refroidissement	Contrôlez les courants d'air ; contrôlez le chauffage	•	•	•	•
	Démoulage tardif	Démoulez plus tôt			•	

Clause de responsabilité civile produit : Les présentes informations et les conseils qui vous sont donnés verbalement ou par écrit dans le cadre de notre assistance technique ou d'essais pratiques, vous sont communiqués au mieux de nos connaissances et n'engagent pas notre responsabilité, même en ce qui concerne d'éventuels droits de tiers en matière de propriété industrielle. Ils ne vous dispensent pas de la nécessité de vérifier sur place si les conseils techniques, en particulier ceux des fiches de données de sécurité et fiches techniques actuelles, et les produits fournis conviennent aux procédés et applications que vous envisagez. L'application, la mise en oeuvre et la transformation des produits fournis et de ceux que vous fabriquez en profitant de notre assistance technique, échappent à notre contrôle et relèvent exclusivement de votre responsabilité. La vente de nos produits s'effectue en vertu de nos conditions générales de vente et de livraison actuelles. Nos recommandations en matière de sécurité ne vous dispensent pas de l'obligation de déterminer les mesures de sécurité adaptées à vos conditions d'exploitation, que nous ne pouvons prévoir, et de veiller notamment à la qualification professionnelle et à l'information des personnes appelées à utiliser, manipuler ou être en contact avec les produits. Makrolon® est une marque déposée de Bayer AG



makrolon®