

# L'effet de la pression et de la température sur la qualité et les dimensions des pièces

Par Jeremy Williams, Consultant/formateur

Le moulage par injection est un système complexe entre machine, dynamique des fluides et conductivité thermique. Et ce n'est que la partie visible de l'iceberg. Faisons simple. Découpons le moule en deux parties simples, d'une part l'échangeur de chaleur, et d'autre par le récipient sous pression. Puis examinons leurs impacts respectifs sur la qualité et les dimensions de la pièce.

## Échangeur de chaleur

Tout d'abord, voyons comment le plastique passe de l'état de granule à un liquide ou à un 'semi-liquide' (terme semi-scientifique désignant une substance qui n'est ni un liquide ni un solide) dans l'unité d'injection.

Pour ceux qui ne sont pas habitués aux unités thermiques britanniques (BTU), cela représente la quantité d'énergie thermique nécessaire pour augmenter la température d'une livre d'eau pure d'un degré Fahrenheit. Pour faire fondre le plastique, il faut ajouter une certaine quantité exprimée en BTU à du semi-cristallin, comme le polypropylène, afin de décomposer cette structure et de la transformer en un véritable liquide. Le fait de casser ces structures cristallines consomme énormément d'énergie par rapport à la résine amorphe. Les matériaux amorphes, comme le polycarbonate, ne fondent jamais techniquement, ils ne font que ramollir.

La plupart d'entre nous ne pensent pas à la transformation du plastique en BTU, mais plutôt à la température de fusion et à la température de déflexion thermique (HDT). C'est la température à laquelle un échantillon de polymère ou de plastique se déforme sous une charge spécifiée. Du point de vue de la dynamique thermique, il suffit de retirer environ 40% des BTU nécessaires pour fondre ou ramollir le plastique avant son éjection du moule. Les 60%

restants du contenu en BTU sont perdus dans l'atmosphère lors du refroidissement pièce sortie du moule. Nous ne nous attarderons pas ici sur les équations nécessaires pour comprendre l'énergie adéquate si l'on veut faire fondre les plastiques, mais ci-dessous, la Figure 1 nous montre la différence de refroidissement en fonction du choix du matériau.

$$t_{\text{refroidissement}} = \frac{h^2}{2\pi \times \alpha} \times \ln \left[ \frac{4}{\pi} \times \left( \frac{T^{\circ} \text{ matière} - T^{\circ} \text{ moule}}{T^{\circ} \text{ à l'éjection} - T^{\circ} \text{ moule}} \right) \right]$$

Diffusibilité thermique ( $\alpha$ ) = conductivité thermique ( $\lambda$ )  
Densité ( $\rho$ ) x Chaleur spécifique ( $C_p$ )

	Polypropylène	Polycarbonate
h (épaisseur en.)	0,100	0,100
Matière (°F)	425	545
Moule (°F)	80	180
Ejection ou HDT (°F)	122	284
Conductivité thermique (BTU/hr·ft·°F)	0,116	0,108
Densité (lb/ft³)	55,69	74,88
Chaleur spécifique (BTU/lb·°F)	0,683	0,438
Temps de refroidissement (secondes)	28,90	18,1

Figure 1 : Semi-Cristallin vs. Comparaison du temps de refroidissement amorphe

Lorsqu'on examine la température du plastique fondu par rapport à la température d'éjection, on observe une diminution moyenne de 62% de la température (indiquée dans le tableau 1). Pendant le développement du processus, il est beaucoup plus facile de mesurer les températures de fusion et d'éjection des pièces.

	Polypropylène	Polycarbonate
Ejection ou HDT (°F)	122	284
Matière (°F)	425	545
Pourcentage évacué	72%	52%

Figure 1 : Semi-Cristallin vs. Comparaison de température amorphe

L'efficacité avec laquelle les 40% sont éliminés dépend en définitive de l'emplacement des circuits d'eau, du type de métal utilisé dans le moule et de la capacité de la pièce en plastique à disperser sa chaleur (appelée

conductivité thermique). Dans ce cas, le plastique fait figure d'isolant et constitue le facteur primordial pour atteindre le meilleur rendement. En tant qu'ingénieurs responsables de la conception du moule, mieux nous travaillons, (ainsi que le montre l'illustration 1 ci-dessous), plus le temps de cycle sera rapide. Dans le meilleur des cas, il n'y aurait aucune variation de température sur la pièce lorsqu'elle est éjectée du moule.

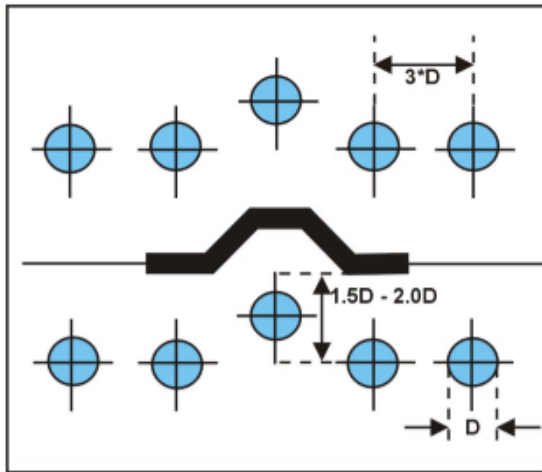


Image 1 : Point de départ pour la conception d'un circuit de refroidissement

Cependant, nous savons que dans la plupart des cas, ceci est irréalisable. Au lieu de cela, un différentiel de température raisonnable inférieur à 20 ° F donnera des résultats acceptables. Dans la plupart des cas, des dépressions, vides et variations du niveau de brillance seront détectables immédiatement après l'éjection. Si la température de la pièce après l'éjection est supérieure à 20 ° F, il est probable que vous vous retrouviez avec une déformation. Avec certains matériaux tels que le polyoxyméthylène, il faut savoir que ce retrait post-moulage peut parfois prendre des jours, voire des semaines, pour se stabiliser. Ci-dessous (dans l'image 2), une pièce avec des sections épaisses montre un différentiel de température considérable lors de l'éjection.

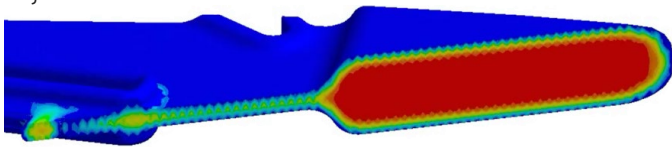


Image 2 : Fuselage d'avion d'un jouet

### Récipient sous pression

Le moule est un récipient sous pression et son influence sur la qualité de la pièce est considérable. Nous allons diviser ce système en plusieurs sections : le système d'alimentation en fusion et la cavité. Puisque la première

interaction entre le plastique et le moule se fait au niveau du système d'alimentation en fusion, nous commencerons par là.

Lorsque nous examinons le système d'alimentation en masse fondue, il est important de ne pas sous-dimensionner le système afin d'assurer une perte de pression minimale de la buse presse jusqu'au seuil de la pièce. Dans la plupart des cas, le semi-cristallin a besoin de la plus petite taille, suivi de l'amorphe, pour finir par des matériaux comme le verre ou des fibres de tous types. À un niveau plus élevé, nous pouvons commencer à regarder le MFI - Numéro d'indice de fluidité- (indiqué dans le tableau 2) des résines en question. Nous pouvons avoir un aperçu général de la viscosité de chaque résine particulière ainsi que les gammes de MFI. Plus le MFI est bas, plus le système doit être grand pour permettre un remplissage et un empaquetage efficaces de la cavité.

Resin	Low Viscosity	Medium Viscosity	High Viscosity
ABS		14	1
CAP	*		
HDPE	68		1
LDPE	23	2	
PC			25
PEI			18
PETG		*	
PMMA		24	1
PPA			*
PPO		18	3
PS	40	2	
PSU			20
PUR	*		5
TPE	*		
PVC		20	3
SAN		27	4
TPO		41	2
LCP			*
PA	*		
PBT		*	
PET		*	
POM		23	1
PP	53	2	
PPS			*
PBT/PC		15	5
PC/ABS		25	2

Tableau 2: Ecart entre la viscosité et le MFI

Lors de la conception du système d'alimentation, il est conseillé de partir de la pièce vers la presse à injecter. Les seuils sont le point de départ - s'ils sont trop faibles, cela augmente la pression de remplissage et réduit la capacité à remplir l'empreinte. Cela peut également augmenter le taux de cisaillement, ce qui peut entraîner une dégradation des chaînes moléculaires du polymère.

Les pièces à viscosité élevée et à faible MFI auront probablement besoin de plus d'un point d'injection pour que la perte de charge dans l'empreinte ne soit pas trop importante. Une fois que le type, la taille et la quantité adéquate de points d'injections ont été déterminés, le retour à la buse de la machine se poursuit. Les longueurs des canaux, de la carotte ou du barreau chaud doivent être le plus court possible entre

les cavités, tout en veillant à ce qu'il y ait toujours un espacement suffisant pour les circuits d'eau, comme mentionné précédemment. Plus la cavitation est élevée, plus il devient difficile de gérer la perte de charge.

Enfin, il est conseillé de garder une longueur d'écoulement du canal froid (carotte) ou longueur de veine chaude (bloc chaud) à 2.000 in. (50 mm). Ci-dessous (à l'image 3) vous trouverez un exemple d'un moule famille multi-empreintes, qui présente des longueurs d'écoulements très différentes, entraînant de vastes changements de pression et de vitesse de refroidissement dans la cavité du moule.

Nous savons que la pression la plus élevée dans le processus de moulage par injection se situe au niveau de la buse de la machine, tandis que la plus basse se situe en fin de remplissage dans l'empreinte du moule. Afin de minimiser les défauts tels que les dépressions en surface, les bulles, les déformations, les incomplets et l'instabilité dimensionnelle, nous, ingénieurs, devons gérer la perte de charge sur l'ensemble du système.



Jeremy Williams jouit de plus de 19 ans d'expérience dans l'industrie des plastiques au service des industries médicales, automobiles, de l'ameublement et de l'électroménager. Il était précédemment ingénieur principal, passant de la

conception à la vente de produits. Jeremy a obtenu sa certification Master Molder II en 2011, est devenu formateur certifié RJG en 2012 et a débuté chez RJG en 2015. En plus de sa vaste expérience en fabrication, il est diplômé en plasturgie et en commerce. Actuellement, Jeremy est consultant / formateur chez TZERO®.

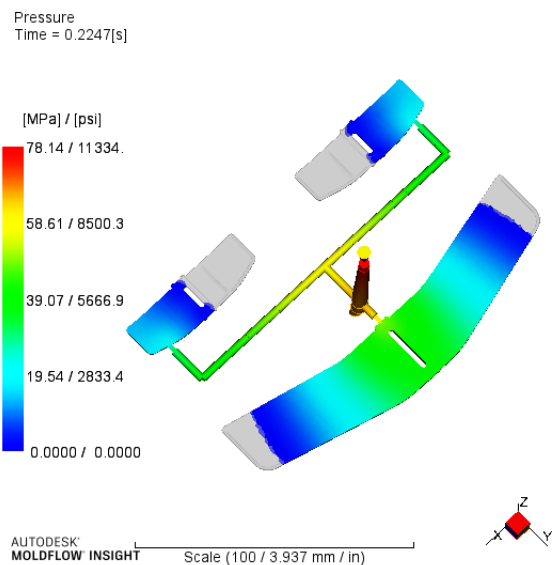


Image 3: Moule Famille

## Conclusion

Comme le montrent ces quelques exemples, il est essentiel de gérer la perte de charge et la température depuis le bout de la buse presse jusqu'à la fin d'empreinte. Sinon, cela peut entraîner une variation dimensionnelle et une instabilité.