

MOULAGE PAR INJECTION

Guide



victrex®

PASSION • INNOVATION • PERFORMANCE

Sommaire

Introduction	2
Préparation pour la mise en œuvre	2
Stockage	2
Séchage	2
Recyclage	3
Stabilité thermique	3
Rhéologie et viscosité	3
Purge	4
Conception des machines	5
Matériaux de construction	5
Chauffage du fourreau	5
Capacité du fourreau	5
Buses d'injection et systèmes d'obturation	6
Pression de fermeture	6
Vis	6
Conception du moule	7
Matériaux de construction	7
Eventation	7
Chauffage du moule	7
Carottes d'alimentation	8
Points d'injection	8
Canaux chauffants	8
Paramètres de transformation	8
Réglages de la température	8
Vitesse de rotation de vis	9
Contre-pression	9
Pression d'injection	9
Pression de maintien	9
Retrait	9
Tolérances	10
Inserts métalliques	10
Temps de cycle et de refroidissement	10
Simulation rhéologique	10
Technologies de moulage spéciales	11
Problèmes fréquents et solutions	12

Dans le contexte actuel de forte compétitivité, un fournisseur de polymères techniques se doit de fournir plus que de simples matériaux. Pour optimiser l'utilisation des polymères à hautes performances il est indispensable qu'il contribue dès la conception des pièces à la sélection du matériau et à la mise au point du procédé de fabrication idéal. C'est la clé de la réussite d'un projet et le garant d'une efficacité et de performances maximales aux meilleurs coûts. Une fois passé le stade de la conception et de la sélection du matériau, l'optimisation du procédé de fabrication devient cruciale pour atteindre les exigences de qualité et de fiabilité du produit.

Avec plus de 30 ans d'expérience, Victrex Polymer Solutions dispose d'atouts uniques pour aider ses clients à tirer le maximum des polymères polyaryléthercétone (PAEK). Nous proposons une large gamme de produits VICTREX® PEEK aux performances exceptionnelles sur une large plage de températures et de conditions extrêmes. Chacun pouvant être facilement transformé sur des équipements classiques.

Nous offrons à nos clients un savoir-faire technique sans égal, du support à la conception et la sélection des matériaux jusqu'à l'assistance pour la mise en œuvre des polyaryléthercétone. C'est dans cet esprit que nous avons décidé de créer ce guide de transformation afin de vous aider à optimiser vos équipements et paramètres d'injection. De plus, nos équipes techniques présentent dans le monde entier se tiennent à votre disposition pour vous assister dans les phases de prototypage, conception et simulation, et de mise au point.

Nos centres techniques disposent d'équipements de transformation pour des essais sur toute la gamme de produits VICTREX PEEK, des formations sur la mise en œuvre, des analyses et caractérisations approfondies. Nous sommes aussi en mesure de générer des données pour des programmes d'application spécifique qui contribuent à alimenter notre base de données. Nous nous impliquons également dans un grand nombre de projets de recherche, en partenariat avec des institutions universitaires, afin d'accroître nos connaissances et parvenir à développer avec nos clients de nouvelles solutions toujours plus créatives.



Le polymère VICTREX PEEK, comme ses variantes hautes températures VICTREX® HT™ et VICTREX® ST™, est considéré comme l'un des thermoplastiques les plus performant du monde. Ces polymères sont disponibles sous forme de granulés, de poudres fines, ou de compounds contenant divers additifs et renforts fonctionnels. Ils sont utilisés pour la conception et la fabrication d'applications hautes performances pouvant remplacer le métal et d'autres matériaux pour de meilleures performances, une plus grande liberté de conception et une réduction de coût des systèmes.



Le film Victrex APTIV® rassemble toutes les propriétés du polymère VICTREX PEEK dans un format fin et flexible. L'étendue de ses propriétés qui comprennent l'aptitude au thermoformage et d'excellentes performances acoustiques en fait le plus performant et le plus polyvalent des films thermoplastiques du marché. Les films APTIV rendent possible l'utilisation de technologies qui facilitent la réduction des coûts et l'amélioration des performances tout en procurant une grande liberté de conception et une mise en œuvre simplifiée.



Les revêtements VICOTE® constituent une gamme spécifique de poudres et dispersions liquides respectueuse de l'environnement et formulée à partir des polymères VICTREX PEEK. Ces poudres fines et dispersions aqueuses offrent des performances exceptionnelles à haute température, une excellente résistance à l'abrasion et à la rayure, ainsi qu'une grande robustesse et durabilité. Comparés aux revêtements traditionnels, ils peuvent permettre d'améliorer les performances et allonger la durée de vie des produits réduisant ainsi les coûts des systèmes ou de leur maintenance.



VICTREX Pipes™ est une gamme de tubes à parois minces, résistants et légers extrudés à partir de polymère VICTREX PEEK. Les tubes VICTREX Pipes disposent d'une très bonne résistance chimique et à la corrosion, une faible perméabilité, une grande résistance à l'abrasion et aux chocs. Grâce à leurs performances à haute température et une combinaison unique de propriétés, ils proposent une excellente alternative aux métaux et autres tubes en polymères traditionnels.

Performance à hautes températures

Résistance exceptionnelle aux hautes températures avec une température d'utilisation continue de 260°C offrant une meilleure durée de vie et fiabilité ainsi qu'une augmentation des coefficients de sécurité dans les environnements difficiles.

Résistance mécanique

Excellentes propriétés de ténacité, de rigidité, de fluage à long terme et de résistance à la fatigue permettant la conception de pièces légères, résistantes et durables.

Résistance à l'usure

Dans des environnements abrasifs secs ou humides, le faible coefficient de friction ainsi que l'excellente résistance à l'usure contribuent à la durabilité et à l'intégrité de la pièce.

Résistance chimique

Résistance à la corrosion même à des températures élevées avec la capacité à résister à une large gamme d'acides, bases, hydrocarbures et solvants organiques.

Résistance à l'hydrolyse

Aucun phénomène d'hydrolyse dans l'eau, la vapeur ou l'eau de mer, même à des températures élevées grâce à une faible absorption de l'humidité et une perméabilité réduite.

Performance électrique

Conservation des propriétés électriques sur une large plage de fréquence et de température répondant aux exigences des industries électronique et électrique.

Faibles émissions de fumées et de gaz toxiques

Naturellement auto-extinguible, sans utilisation d'additifs. Faible toxicité des gaz de combustion.

Pureté

Taux de dégazage et de substances extractibles exceptionnellement bas.

Respect de l'environnement

Entièrement recyclable, sans halogènes, conformes aux Directives RoHS et REACH.

Qualité et sécurité d'approvisionnement

L'intégralité de nos productions est conforme à la norme ISO 9001:2008 ainsi qu'à la législation de l'Union Européenne en matière de sécurité et environnement. Notre souci extrême du détail – nous assurons plus de 50 tests sur chaque lot de polymère – garanti à nos clients des produits d'une grande qualité et reproductibilité.

Unique fournisseur mondial de polymère polycétone verticalement intégré, nous avons une maîtrise complète de nos matières premières – clé essentielle de la qualité et la stabilité du polymère.

Notre politique d'investissement et d'anticipation en ce qui concerne nos capacités de production assure à nos clients une sécurité d'approvisionnement inégalée. Nos deux usines indépendantes sont capables de produire jusqu'à 4250 tonnes par an. Nous sommes également en mesure d'assurer des livraisons rapides – sous 7 jours en moyenne – partout dans le monde grâce à un système logistique centralisé et des entrepôts de distribution locaux.

INTRODUCTION

Les matériaux Victrex sont des thermoplastiques linéaires aromatiques semi-cristallins. Ils sont largement considérés comme les matériaux les plus performants du marché capables d'être transformés avec des presses thermoplastiques conventionnelles. Toutes les règles générales d'injection applicables aux polymères semi-cristallins s'appliquent également aux grades de moulage Victrex. Les points de fusion plus élevés des polymères Victrex exigent une vigilance particulière dans des domaines suivants :

Températures :

L'unité de plastification doit être prévue pour pouvoir fonctionner jusqu'à 400°C pour la transformation du PEEK et jusqu'à 430°C pour les grades ST et HT. Il est impératif que la surface du moule puisse être régulée à une température minimale de 170°C afin d'obtenir des pièces disposant d'un niveau de cristallinité satisfaisant.

Reprise d'humidité :

Bien que non hygroscopique, les polymères Victrex doivent être séchés avant extrusion.

Propreté :

Toute pollution avec d'autres matériaux doit être évitée. Des outils spécifiques, bacs de séchage, etc. sont fortement recommandés.

Points d'injection et canaux d'alimentation:

Ils sont en règle générale plus grands que ceux utilisés pour le moulage des autres polymères techniques.

Les informations contenues dans ce résumé sont précisées plus en détail dans les sections suivantes. La conception des pièces ne figure pas dans ce document, mais les règles standard de conception pour pièces plastiques s'appliquent aussi aux matériaux Victrex. Pour solliciter l'aide de notre équipe technique, veuillez contacter votre représentant Victrex local.

PRÉPARATION POUR LA MISE EN ŒUVRE

STOCKAGE

Les matériaux Victrex sont livrés dans un sac fermé en polyéthylène placé à l'intérieur d'une boîte en carton très résistante. Il est fortement recommandé de conserver les matériaux dans leur emballage d'origine durant le transport et le stockage. Lors de leur utilisation, les boîtes doivent être ouvertes dans un environnement propre et entretenu afin de prévenir toute pollution. Tout matériau non utilisé doit être immédiatement remis dans un sac fermé et conservé dans des conditions standards (entre 15°C et 25°C, dans un endroit sec et à l'abri du soleil), il pourra être stocké plus de dix ans.

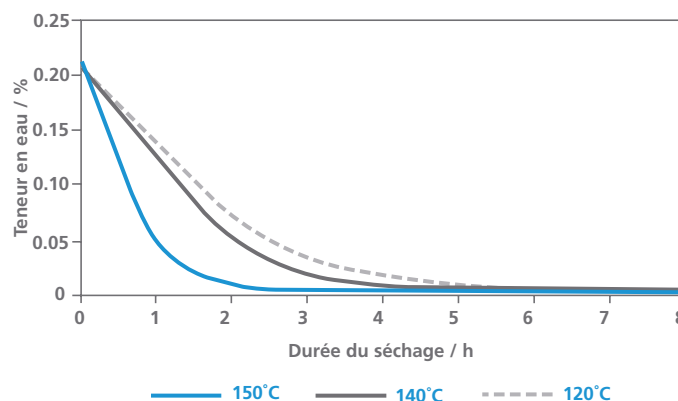
SÉCHAGE

Bien que les matériaux Victrex soient livrés initialement secs dans leur emballage d'origine, les granulés peuvent absorber l'humidité atmosphérique. Pour obtenir des paramètres et des performances optimales, il est donc primordial de les sécher jusqu'à atteindre un niveau d'humidité inférieur à 0,02 % avant transformation.

Les matériaux Victrex peuvent être facilement séchés dans des fours à circulation d'air standards et sont considérés comme étant secs après 2-3 heures à des températures allant de 150°C à 160°C. Pour l'utilisation de bacs de séchage, la couche de granulés ne doit pas excéder 25 mm. Il est possible d'accélérer le processus de séchage en ayant recours à des étuves à vide ou des dessiccateurs, comme l'indique la Figure 1. Ces dessiccateurs devront être capables de maintenir un point de rosée ou une température de saturation de -40°C.

Afin d'éviter une pollution croisée avec d'autres matériaux, il est idéal de pouvoir utiliser un équipement dédié aux matériaux Victrex. Si cela est n'est pas possible ou au cas où plusieurs matériaux seraient séchés en même temps dans la même étuve, un nettoyage poussé et une ségrégation soignée sont conseillés.

Figure 1 : Séchage du Victrex PEEK 450G à l'aide d'un dessiccateur (point de rosée de -40°C) à diverses températures.



RECYCLAGE

Il est assez courant avec les thermoplastiques d'optimiser leur utilisation en rebroyant et recyclant les carottes et canaux d'alimentation ainsi que les pièces rejetées. Les matériaux Victrex conviennent à ce type de recyclage grâce à leur excellente stabilité thermique lorsqu'ils sont transformés dans les conditions de transformation recommandées. Pour les matériaux non-renforcés il est possible de réutiliser la matière rebroyée sans risque de dégradation thermique et de pertes de propriétés. Dans le cas des matériaux chargés de fibres, le rebroyage va raccourcir les fibres et risque de nuire aux propriétés mécaniques. Selon les règles générales concernant le rebroyage, les niveaux maximum doivent se limiter à 30 % en masse pour les polymères non chargés et à 10 % pour les compounds chargés. Il est toutefois recommandé de procéder à un plan d'expérience et d'obtenir une validation de la part du client final. Il convient également de souligner que le recyclage peut entraîner une pollution croisée avec d'autres polymères et avec l'équipement de broyage. En raison des températures élevées utilisées pour la transformation des matériaux Victrex, la pollution se traduit par une formation de points noirs susceptibles d'affecter de manière significative la qualité des pièces produites. L'utilisation d'un équipement de rebroyage dédié est donc fortement recommandée.

STABILITÉ THERMIQUE

La stabilité thermique des matériaux Victrex varie en fonction des polymères : plus les températures de fusion et de transformation des polymères PEEK, HT et ST sont élevées plus leur stabilité thermique sera réduite ; cette stabilité diminuera encore avec la présence de fibres de verre dans les compounds.

Bien qu'il soit préférable de ne pas exposer ces produits à des températures élevées sur des périodes prolongées, ce type de situations se présente inévitablement dans certains cas et nécessite les précautions suivantes :

- Lors de courtes interruptions pendant la transformation, le matériau peut être maintenu à une température légèrement supérieure à son point de fusion sans subir de dégradation majeure. Dans le cas des PEEK et HT, ces interruptions correspondent respectivement à environ 1h à 360°C ou 30min à 380°C, avec une diminution supplémentaire de 50 % de la durée dans le cas de moulage de produits chargés de fibres de verre. Pour le moulage de produits ST, les interruptions ne devront pas durer plus de cinq à dix minutes et tout particulièrement pour le ST 45GL30 chargé de fibres de verre.
- Pour des interruptions d'une ou deux heures, la température doit être diminuée pour se situer légèrement en dessous du point de fusion du matériau : 340°C pour le PEEK et 370°C pour le HT ; les produits à base de ST ne peuvent pas être maintenus en température dans le fourreau pendant de longues périodes.
- Lors d'interruptions prolongées, le fourreau doit être entièrement purgé et parfaitement nettoyé.

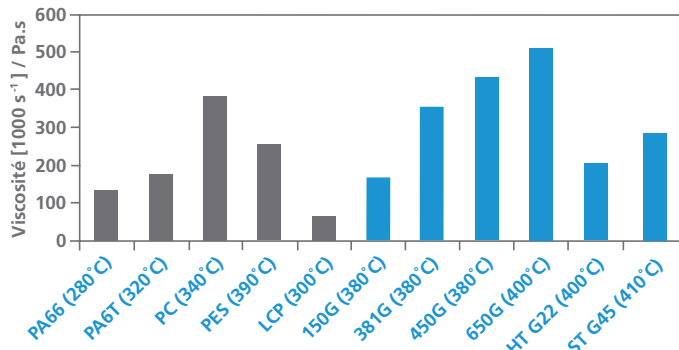
À la suite d'une interruption en cours de transformation, les températures du fourreau doivent être à nouveau réglées sur les températures recommandées. Le fourreau doit être purgé à l'aide de matière neuve jusqu'à ce que le fondu soit propre. Il est conseillé de jeter les premiers moulages. Des recommandations spécifiques liées aux différents grades sont indiquées sur les fiches techniques disponibles auprès de votre représentant Victrex.

RHÉOLOGIE ET VISCOSITÉ

À l'instar de la plupart des matériaux thermoplastiques, la viscosité des matériaux Victrex à l'état fondu dépend de la température et du taux de cisaillement. La Figure 2 montre un comparatif de viscosité à l'état fondu à un taux de cisaillement de 1000s⁻¹ pour les matériaux Victrex et une gamme d'autres polymères techniques. Bien que les matériaux Victrex aient l'une des températures de transformation les plus élevées, leur viscosité à l'état fondu se situe au niveau des viscosités des polycarbonates.

Victrex présente également une gamme de matériaux à haute fluidité pour des moulages à paroi mince avec une viscosité similaire à celle des matériaux PA.

Figure 2 : Viscosité de cisaillement à un taux de cisaillement de 1000s⁻¹ et à des températures de transformation typiques pour une gamme de thermoplastiques.



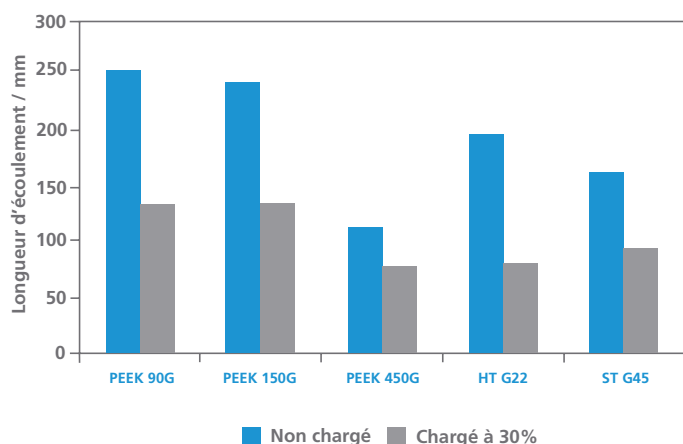
Des équipements de test pointus sont utilisés pour mesurer la viscosité de cisaillement.



Des pièces de haute qualité sont obtenues avec un contrôle précis de la transformation.

Les matériaux à base de PEEK 450 possèdent une viscosité plus élevée que ceux à base de PEEK 150 et PEEK 90. L'ajout de fibres de verre ou de carbone aux polymères Victrex augmente la viscosité et cela en fonction du type et du taux de charge ; la longueur de parcours atteinte dans un moule à écoulement en spirale pour une épaisseur de paroi de 1 mm est résumée dans la Figure 3 pour les matériaux non chargés et les compounds renforcés avec 30% de fibres.

Figure 3 : Longueur de parcours atteinte dans un moule à écoulement en spirale pour une gamme de matériaux Victrex dans des conditions de transformation typiques (section 1 mm x 6 mm).



PURGE

Dans l'idéal, les polymères Victrex et leurs compounds doivent être transformés sur un équipement absolument propre. Pour les transformateurs, cela sous-entend de retirer la vis du fourreau pour un nettoyage mécanique. Si cela est impossible, une purge est alors nécessaire. Il est nécessaire d'utiliser des matériaux de purge stables jusqu'à 380°C (avec la prudence qui convient, puisqu'ils peuvent contenir des polyéthersulfones PES et polyéthérimides PEI). Des composés de purge conçus pour être utilisés aux températures de transformation des matériaux Victrex sont aussi disponibles dans le commerce.

Procédure de démarrage

Toutes traces d'autres polymères doivent absolument être retirées de l'équipement avant de transformer les matériaux Victrex. En raison des hautes températures utilisées pour la transformation des matériaux Victrex, toute pollution provenant d'autres polymères aboutira à une dégradation et à l'apparition de points noirs.

- La purge doit avoir lieu à la température de transformation du matériau à enlever.
- La purge est nécessaire jusqu'à la disparition de toute trace du matériau à enlever.
- Cesser alors la purge et laisser le fourreau se vider.
- Régler les systèmes de chauffage du fourreau à la température de transformation adaptée au matériau Victrex qui va être utilisé.
- Une fois ces températures atteintes, alimenter le matériau Victrex dans la vis et extruder jusqu'à obtention d'un fondu propre et homogène.

Procédure d'arrêt

Les matériaux Victrex doivent être complètement enlevés de l'équipement de transformation avant la transformation d'autres matériaux. Cela est d'autant plus important en cas d'utilisation d'équipement avec des traitements nitrurés ; si les matériaux Victrex se solidifient sur le métal, la nitruration peut se décoller et s'écailler.

- Vider la trémie d'alimentation et le fourreau des matériaux Victrex.
- La purge est nécessaire jusqu'à totale disparition de toute trace du matériau à enlever.
- Réduire les réglages de toutes les zones du fourreau à une température stable qui convient pour le matériau à purger (idéalement supérieure à 340°C pour du PEEK et 370°C pour du PEEK-HT)
- Alimenter la purge jusqu'à atteindre une température de fourreau inférieure à 300°C.
- Cesser alors la purge et laisser le fourreau se vider.

CONCEPTION DES MACHINES

Les matériaux Victrex peuvent être facilement transformés avec des machines classiques de moulage par injection à condition que les colliers chauffants du fourreau puissent être capables de fonctionner à haute température. La meilleure solution est d'utiliser des colliers chauffants en céramique et une isolation thermique autour du fourreau. Pour le moulage de pièces aux tolérances très précises, les machines avec une unité d'injection électrique apportent un meilleur contrôle du process que les machines hydrauliques conventionnelles.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

L'usure des machines est un problème commun à tous les thermoplastiques techniques. Il peut être particulièrement important lors du moulage de matériaux chargés de fibres. Il faut donc avoir recours à des aciers à haute dureté pour la réalisation des vis, filières et fourreaux et ainsi réduire leur usure. Pour augmenter cette dureté, la technique habituelle consiste à déposer un revêtement de nitrure sur l'acier. Cette technique garantit la dureté de surface nécessaire pour résister à l'usure excessive du polymère fondu. Mais il faut être particulièrement vigilant et s'assurer que les matériaux Victrex ne refroidissent pas et ne se solidifient pas au contact de la nitruration ; car l'adhésion entre le polymère et le revêtement de nitrure est souvent suffisamment importante pour décoller la couche de nitrure de son substrat en acier. Les aciers ci-dessous ont été utilisés avec succès pour la réalisation d'équipement de transformation appropriés aux matériaux Victrex :

- Acier à outils D2 (AFNOR X155CrVMo12-1)
- WEXCO 777
- CPM-10V
- CPM-9V
- Acier inoxydable S32 219

Bien que généralement non indispensables, les vis et fourreaux bimétalliques résistants à la corrosion ont déjà été utilisés avec succès. Par contre il est préférable d'éviter le cuivre et les alliages de cuivre car ils peuvent provoquer des dégradations aux températures de transformation des matériaux Victrex. La finition de surface des composants métalliques en contact avec le polymère en fusion doit être lisse et bien polie. Une rugosité trop importante de la surface des composants métalliques favoriserait l'adhérence du fondu sur le métal et prolongerait le temps de séjour, ce qui augmente les risques de formation de points noirs et perturbe l'écoulement du polymère.

CHAUFFAGE DU FOURREAU

Les colliers chauffants du cylindre doivent pouvoir maintenir une température de 400°C pour l'extrusion du polymère PEEK et de ses compounds, et de 430°C pour les grades HT et ST. La plupart des machines d'injection peuvent atteindre ces températures sans modification préalable. Si des modifications sont nécessaires, c'est en général pour améliorer les colliers chauffants et/ou les systèmes de contrôle. Les colliers chauffants en céramique apportent le meilleur contrôle comparés aux colliers chauffants en mica. De plus, des calorifuges autour du fourreau peuvent être utilisés pour une meilleure transformation et une réduction des coûts.

Les pertes par conduction thermique de la vis et du cylindre vers la trémie peuvent réduire l'efficacité de l'alimentation. La régulation de la température de la goulotte d'alimentation entre 70°C et 100°C permet de garantir une alimentation correcte. Cette régulation thermique peut être assurée par un système de refroidissement à eau, mais il faudra veiller à ne pas perturber la température de la zone arrière du fourreau.

CAPACITÉ DU FOURREAU

Comme pour la plupart des polymères, il est conseillé de réduire le plus possible le temps de séjour de la matière dans la presse. Idéalement, la capacité du fourreau doit se situer entre 2 à 5 fois le poids d'injection total, en y incluant la carotte d'alimentation et les canaux. Si les matériaux Victrex doivent être moulés dans une machine ayant une plus grande capacité que celle recommandée, alors il est conseillé de réduire les températures de 10°C à 20°C au-dessous des températures de réglage habituelles (cf. Chapitre Problèmes fréquents et solutions). Il convient d'être prudent lors de la baisse des températures de moulage pour les matériaux HT et ST, puisqu'ils se solidifient plus facilement au niveau de la buse.



La taille de la presse doit être appropriée aux pièces à produire.

BUSES D'INJECTION ET OBTURATEURS

En utilisation normale, la buse du cylindre est en contact avec la buse de carotte pendant une grande partie du cycle d'injection. Or, la température de la buse de carotte est bien inférieure à celle du polymère fondu et de la buse du cylindre. Par ailleurs, les matériaux Victrex possèdent un point de solidification T_c très net et se solidifient rapidement en cas de baisse de la température au dessous de celui-ci. C'est pourquoi il est important de prévoir une régulation thermique suffisamment dimensionnée couvrant la majorité de la buse pour éviter la solidification et l'apparition de gouttes froides. L'utilisation des buses longues est généralement déconseillée avec les matériaux Victrex en raison du risque accru de solidification et/ou dégradation à l'intérieur de la buse.

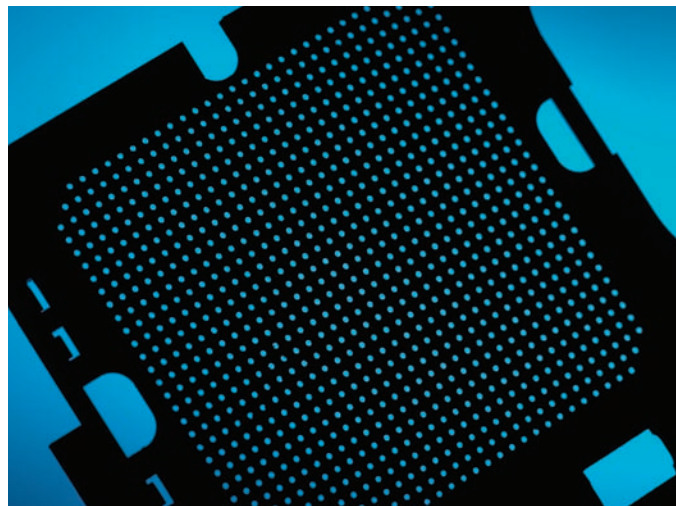
Sur la plage des températures de transformation recommandées, la viscosité des matériaux Victrex est normalement assez élevée pour permettre l'utilisation d'un système de buse ouverte. Les buses à obturateur sont déconseillées car elles contiennent souvent des « zones mortes » et limitent les pressions d'injection. En cas de bavures en sortie de buse, une légère décompression du mélange fondu peut être exercée, mais des événements adaptés devront alors être prévus dans les empreintes du moule.

PRESSION DE FERMETURE

La surface projetée de la pièce moulée et de ses canaux d'alimentation détermine la force de serrage nécessaire pour éviter que le moule ne s'ouvre sous la pression d'injection. La pression d'injection peut excéder les 2000 bars pour des pièces à paroi mince, notamment pour les matériaux Victrex renforcés.

VIS

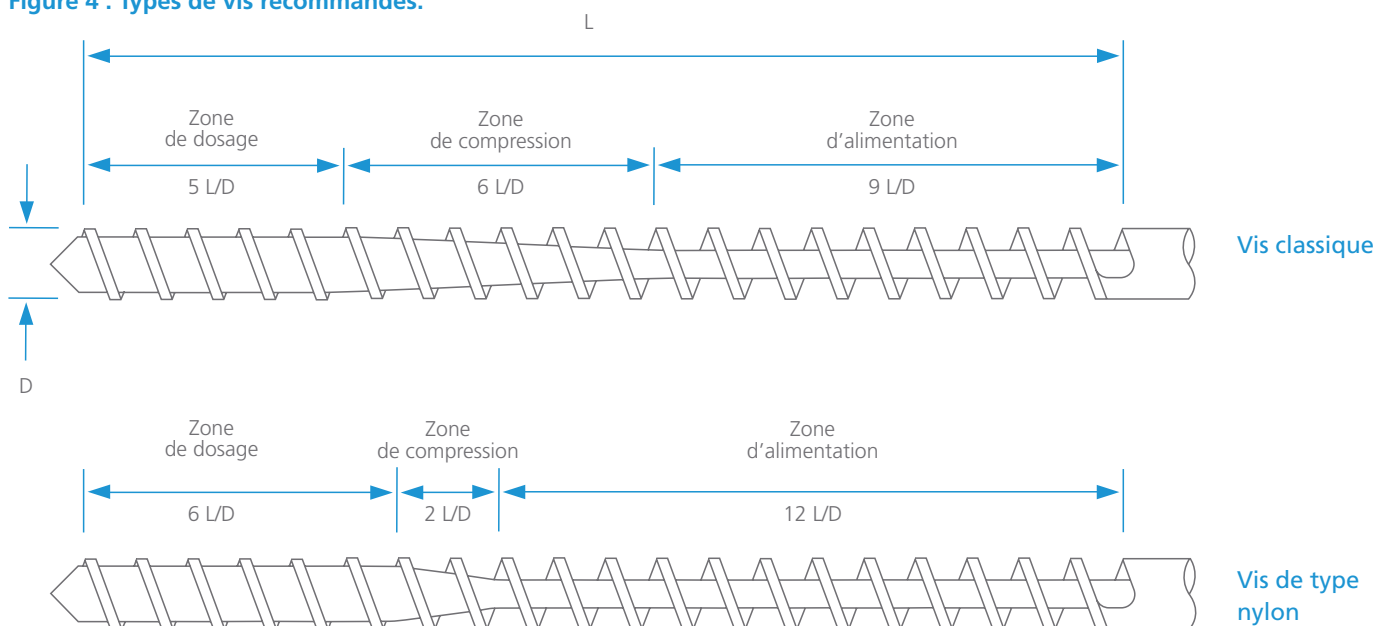
La plupart des vis classiques ou de type nylon conviennent pour la transformation des matériaux Victrex. Les rapports longueur/diamètre (L/D) adaptés sont précisés à la Figure 4.



Même pour des pièces à géométrie complexe, une excellente planéité peut être obtenue avec les polymères Victrex malgré leur nature semi-cristalline et leurs hautes températures de transformation.

Le ratio L/D minimum recommandé pour la vis est de 16:1. Les rapports L/D se situant entre 18:1 et 24:1 sont les plus appropriés. De longues zones d'alimentation sont préférables afin d'éviter un compactage de granulés non fondus dans la zone de dosage. Le taux de compression doit se situer entre 2:1 et 3:1. Des bagues d'arrêt doivent toujours être correctement dimensionnées au bout de la vis afin d'assurer une pression d'injection maximale. Le jeu des bagues doit permettre l'écoulement régulier du matériau lors du mouvement d'avance de la vis. Ceci correspond habituellement à un jeu de 3 mm par rapport au diamètre en bout de la vis pour une machine à injecter de taille moyenne.

Figure 4 : Types de vis recommandés.



CONCEPTION DU MOULE

Les matériaux Victrex se prêtent au moulage par injection et aux technologies d'outillage standards. Cependant, en raison de leurs températures de fusion élevées ($\approx 400^{\circ}\text{C}$) et de la température de moule requise ($\approx 200^{\circ}\text{C}$), il est nécessaire de respecter les règles de conception suivantes.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

En règle générale, la dureté des aciers pour la réalisation du moule doit être comprise entre 52 et 56 HRC. Un exemple d'acier de bonne qualité fréquemment utilisé pour la transformation de nombreux matériaux Victrex est le BS BH13 (AFNOR Z40CDV5) avec une résistance élevée à hautes températures, une excellente ductilité et une très bonne usinabilité. Il peut être durci à 54-56 HRC. Les moules utilisés pour la production de faibles/moyennes séries en matériaux chargés de fibres de verre ou carbone peuvent être équipés d'inserts de seuil en BH13.

Pour les moules destinés à transformer des matériaux chargés de fibres de carbone ou de verre sur de longues périodes, il convient d'utiliser des outils en acier tels que le BS BD3 (AFNOR Z200Cr12) ou le BD6, dureté à 56-60 HRC.

Le BP20 (AFNOR 3Cr2Mo) est envisageable pour le prototypage et les très petites séries. Il est fréquent d'utiliser une carcasse en BP20 avec une empreinte et un noyau en BH13.



Plus les outillages sont grands, plus le contrôle de la régulation thermique doit être rigoureux.

Tableau 1 : Quelques aciers d'outillage fréquemment utilisés

BS	AISI	W.-No.	DIN	JIS	HRC
BD2	D2	1.2379	X155CrVMo121	SKD11	55-62
BH13	H13	1.2344	X40CrMoV5-1	SKD61	54-56
BD3/BD6	D3 ~ D6	1.2436	X210CrW12	SKD1	56-60
BP20	P20	1.2311	40CrMMo		50-53

ÉVENTATION

L'éventation des empreintes doit être suffisante pour obtenir un bon remplissage des pièces et éviter les brûlures. Des événements d'une profondeur de 8 μm pour le PEEK 90G ou de 10 à 15 μm pour les autres grades peuvent être incorporés afin d'obtenir un bon écoulement sans formation de bavure. Leur emplacement dépend fortement de la conception des pièces ; le plus simple étant de les placer dans le plan de joint du moule ou le long des plaques d'éjection. Si l'éventation demeure insuffisante, il est possible d'agrandir progressivement la taille des événements.

CHAUFFAGE DU MOULE

Les moules destinés à transformer des matériaux Victrex peuvent utiliser une régulation thermique électrique ou à l'huile. Le chauffage par eau sous pression est possible mais rarement employé avec les produits Victrex en raison des pressions élevées requises et des considérations de sécurité qu'elles engendrent.

- Les systèmes de chauffage électriques sont économiques et relativement faciles à intégrer et à entretenir. Selon leur puissance nominale, le temps de chauffage peut être assez court. Il est fréquent de trouver des points chauds et par conséquent ces systèmes de chauffage conviennent davantage aux petites pièces.
- Les systèmes de chauffage à l'huile sont plus difficiles à dimensionner et à mettre en place. Leur avantage réside cependant dans leur capacité à extraire de la chaleur et donc de mieux réguler le moule, ce qui peut s'avérer nécessaire pour injecter des pièces de grandes dimensions.
- L'association des deux types de chauffage est envisageable, pour pouvoir à la fois amener rapidement le moule à température et maintenir une température contrôlée et uniformément répartie pendant toute la durée du moulage.

L'utilisation de panneaux isolant thermique entre le moule et le plateau de la machine est fortement recommandée. Il est également conseillé d'isoler thermiquement le moule, pour favoriser une bonne répartition de la température mais également pour des raisons économiques. Pour les systèmes de chauffage à l'huile, il convient également d'utiliser des canaux calorifugés de grand diamètre les plus courts possible ; des pertes de chaleur allant jusqu'à 40°C étant fréquentes. Il est impératif de vérifier que la température à la surface du moule dans l'empreinte soit de 170°C minimum avant le démarrage de la production. Pour les régulations à huiles, les pertes thermiques dans les canaux imposent souvent que la température affichée sur le régulateur soit largement supérieure à la température réelle à la surface du moule.

CAROTTES D'ALIMENTATION

Les carottes d'alimentation doivent avoir une épaisseur de 4 mm minimum, une longueur aussi réduite que possible et un angle de dépouille de 2° minimum. L'utilisation d'un piège à goutte froide largement dimensionné est recommandée. Il a été démontré que les carottes de grand diamètre aidaient le remplissage des moules complexes. Pour l'injection directe de pièces de grande taille, le diamètre de la carotte doit mesurer 1 à 1,5 fois l'épaisseur de la pièce.

POINTS D'INJECTION

La dimension et la géométrie du point d'injection pour un moule dépendent du volume de la pièce, du nombre d'empreintes et de la géométrie de la pièce. Les matériaux Victrex sont des thermoplastiques semi-cristallins, c'est pour cette raison que leur retrait est plus important que pour les polymères amorphes. Afin de minimiser ce retrait et l'accumulation de contraintes excessives, les seuils doivent être aussi larges que possible. Le diamètre du seuil dépend de l'épaisseur la pièce et doit avoir une épaisseur minimale de 1 mm pour les matériaux non chargés et de 2 mm pour les grades renforcés, ou 2/3 de l'épaisseur de la paroi pour les pièces épaisses. Les seuils d'alimentation directe doivent mesurer 1 à 1,5 fois l'épaisseur des pièces moulées. La plupart des géométries de points d'injection conviennent au moulage des matériaux Victrex. Les seuils latéraux, en nappe ou en diaphragme sont les plus courants. Les alimentations sous-marines doivent être uniquement utilisées pour les pièces à paroi mince ou de petites dimensions.

La principale règle à suivre pour les points d'injection pour minimiser les bulles et les retassures est de faire en sorte que les points d'injection soient aussi larges que possible pour maintenir l'écoulement du matériau le plus longtemps possible (le diamètre d'entrée recommandé correspond à 2/3 de l'épaisseur maximale de la pièce).

Figure 5 : Réglages de température recommandés pour la transformation des matériaux Victrex non chargés.

SYSTEMES A CANAUX CHAUDS

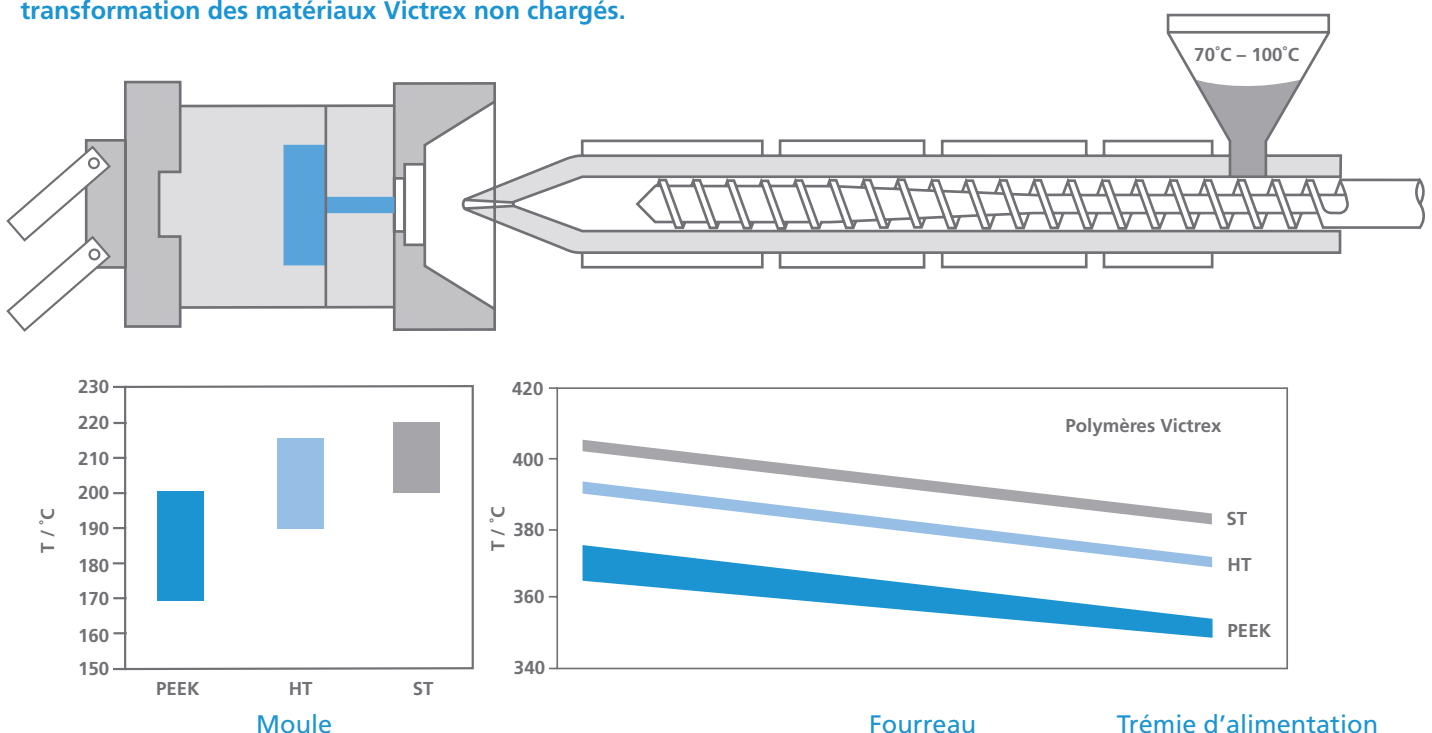
Les matériaux Victrex peuvent être transformés avec des systèmes à canaux chauds. Dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont obtenus avec des systèmes de blocs chauffants dits extérieurs positionnés autour d'une buse d'alimentation conique de type « mini-carottes » ; en effet, ce système est le plus tolérant et offre la fenêtre de transformation la plus large. Les buses de type « pin-point » ou avec pointes torpédo ont tendance à poser problème en raison du flux de chaleur de l'acier entourant l'empreinte du moule. De plus, l'approche la plus courante est d'utiliser une buse chaude pour alimenter une mini-carotte froide, afin d'économiser les pertes matières tout en facilitant la transformation. Des buses de carotte chauffées peuvent également être utilisées car elles élargissent la fenêtre de transformation en augmentant la pression de maintien secondaire pour les pièces à paroi épaisse.

PARAMÈTRES DE TRANSFORMATION

RÉGLAGE DE LA TEMPÉRATURE

Les conditions d'utilisation de chaque machine et moule d'injection dépendent de nombreuses variables. La Figure 5 donne un aperçu général des réglages de température recommandés pour le moulage des matériaux Victrex.

- La trémie d'alimentation doit être maintenue à une température relativement basse afin que les granulés s'introduisent correctement dans la vis.
- Après la trémie d'alimentation, un chauffage est nécessaire pour permettre aux granulés de fondre avant d'atteindre la zone de compression.
- La Figure 5 présente les profils habituels de la température de fourreau pour le moulage de PEEK, HT et ST non chargés ; ces derniers ont une température plus élevée en raison de leur points de fusion bien plus élevés.



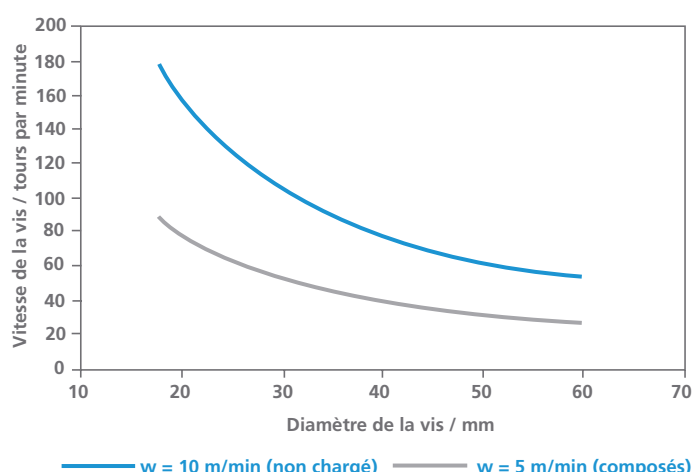
- Les compounds de viscosité supérieure de ces polymères requièrent des températures de fourreau plus élevées (normalement entre 10°C et 20°C, en fonction du type et du taux de charge).
- Les températures d'outillage recommandées afin d'obtenir des pièces moulées parfaitement cristallines sont respectivement de 170°C, 190°C et 200°C pour les PEEK, HT et ST. Des températures d'outillage plus élevées peuvent s'avérer utiles pour aider au remplissage de l'empreinte, surtout dans le cas des matériaux chargés, ou pour améliorer la stabilité dimensionnelle des pièces exposées à des températures de service plus élevées. Le temps de cycle d'injection augmentera, mais le polymère ne sera pas dégradé.

Vous pouvez demander les fiches techniques individuelles des produits à votre représentant Victrex local ou les télécharger sur www.victrex.com.

VITESSE DE ROTATION DE VIS

L'excellente stabilité thermique des polymères Victrex permet l'utilisation d'une large plage de vitesse de rotation de vis sans risquer de dégrader le polymère. La vitesse en bout de vis doit idéalement se situer entre 5 et 10 m/min pour la transformation des matériaux Victrex non chargés ; la Figure 6 présente la corrélation avec la vitesse de la vis en nombre de tours par minute. Pour les grades renforcés, il est recommandé de rester dans la plage la plus faible possible de l'ordre de 5 m/min ; en effet, des effets de cisaillement peuvent provoquer une scission excessive des fibres à une vitesse supérieure de la vis, entraînant un risque de diminution des propriétés mécaniques.

Figure 6 : Vitesse de la vis en m/min et tours par minute en fonction du diamètre de la vis.



CONTRE-PRESSION

Une contre-pression d'environ 20 à 50 bars convient pour obtenir une plastification homogène des matériaux Victrex. Pour les compounds chargés de fibres la contre-pression devra être moins élevée afin de minimiser la rupture des fibres.

PRESSION D'INJECTION

La pression d'injection dépend de la configuration de l'équipement et du moule et peut être calculée à l'aide d'un logiciel de simulation du remplissage. Les pressions peuvent atteindre jusqu'à 2000 bars en fonction de paramètres tels que la conception, la température de la matière, la vitesse d'injection et la température du moule ; dans certains cas, ces pressions peuvent être réduites en augmentant les températures (en retardant la solidification du point d'injection), en réduisant la vitesse d'injection et/ou en augmentant les sections de passage (carotte, canal et point d'injection).

PRESSION DE MAINTIEN

Les pressions de maintien sont généralement moins élevées que les pressions d'injection, et doivent être maintenues pendant tout le temps de solidification du point d'injection afin d'éviter la formation de bulles, de retassures et un mauvais remplissage.

RETRAIT

Les matériaux thermoplastiques subissent un retrait lorsqu'ils refroidissent dans le moule ; dans le cas des matériaux Victrex, ce phénomène est dû à une contraction thermique et au développement de zones cristallines. Le retrait au moulage est aussi influencé par les conditions de moulage : l'augmentation des pressions d'injection et de maintien et de la durée de maintien entraîne généralement une diminution du retrait, tandis que des températures de fourreau et d'outillage élevées favoriseront un retrait important. La géométrie et les dimensions de la pièce, ainsi que les caractéristiques de l'écoulement (point d'injection), influenceront aussi cette valeur.

Le retrait a été évalué sur des plaques moulées avec une alimentation en nappe, conformément aux conditions de moulage recommandées. Le Tableau 2 présente les résultats pour des moulages de 2 et 6 mm d'épaisseur. De manière générale, l'ajout de charges de renfort à un taux élevé diminue le retrait et accentue le comportement anisotrope. Ceci doit être pris en compte au moment de la fabrication de l'outillage, en réservant toujours une marge de sécurité qui puisse permettre une reprise supplémentaire.

Tableau 2 : Valeurs typiques de retrait pour des plaques moulées avec une alimentation en nappe conformément aux conditions de transformation recommandées.

Matériau	Retrait pour 2 mm d'épaisseur		Retrait pour 6 mm d'épaisseur	
	Sens longitudinal à l'écoulement (%)	Sens transversal à l'écoulement (%)	Sens longitudinal à l'écoulement (%)	Sens transversal à l'écoulement (%)
Grades non chargés	1,0	1,3	1,7	1,8
Grades chargés verre GL30	0,3	0,9	0,5	0,9
Grades chargés carbone CA30	0,0	0,6	0,1	0,6
Grades frottement FC30	0,2	0,6	0,4	0,7

TOLÉRANCES

Les tolérances typiques se situent autour de 0,05 % pour des conditions de moulage standards. Les tolérances dimensionnelles dépendent de nombreux facteurs dont la conception de la pièce et du moule ainsi que les conditions de transformation. Le Tableau 3 présente les valeurs obtenues pour des plaques de 2 et 6 mm d'épaisseur, moulées avec une alimentation en nappe largement dimensionnée.

Tableau 3 : Tolérances dimensionnelles pour les matériaux Victrex

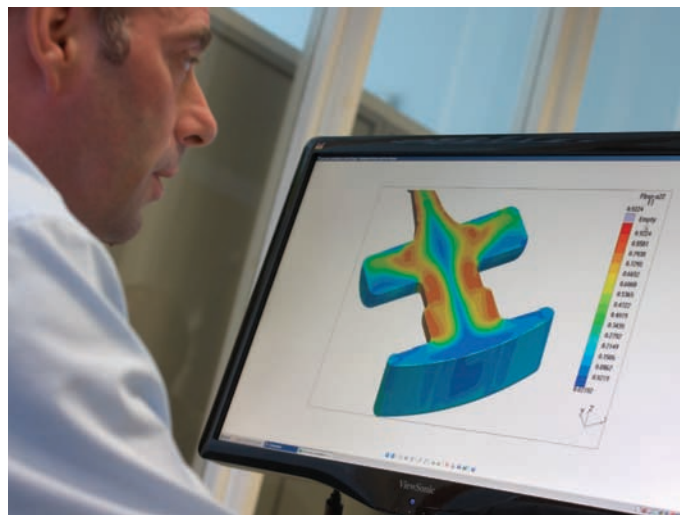
Matériau	Retrait pour 2 mm d'épaisseur		Retrait pour 6 mm d'épaisseur	
	Sens longitudinal à l'écoulement (%)	Sens transversal à l'écoulement (%)	Sens longitudinal à l'écoulement (%)	Sens transversal à l'écoulement (%)
Grades non chargés	0,02	0,03	0,05	0,07
Grades chargés verre GL30	0,02	0,02	0,07	0,08
Grades chargés carbone CA30	0,02	0,04	0,05	0,09
Grades frottement FC30	0,02	0,03	0,04	0,04

INSERTS METALLIQUES

Surmouler des inserts métalliques froids diminue la cristallinité de la surface du matériau en contact avec l'insert. Il convient dès lors de préchauffer les inserts métalliques à la température du moule afin d'améliorer la qualité des lignes de soudure, réduire les risques de contraintes internes (stress cracking) dues au retrait différentiel et veiller à ce qu'un niveau correct de cristallinité soit atteint.

TEMPS DE CYCLE ET DE REFROIDISSEMENT

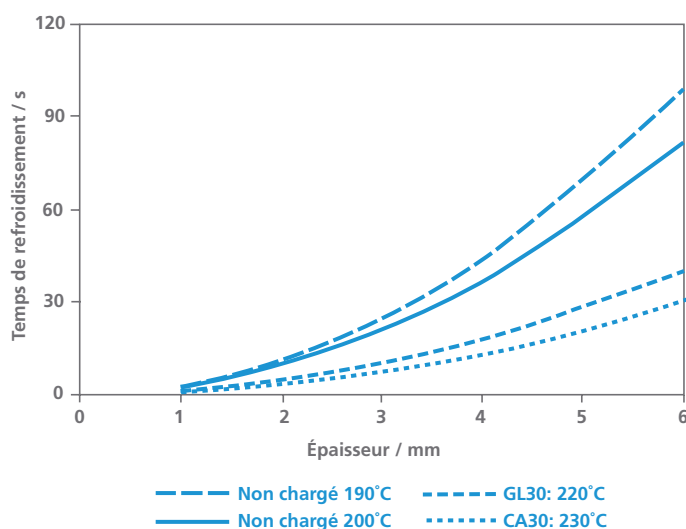
Dans de nombreux cas, les matériaux Victrex sont spécifiés dans les applications disposant de tolérances réduites ou dans les composés de structure ; d'où l'importance de produire des pièces aux dimensions stables ne présentant aucun vide ou retassure de surface. La qualité du composé prime sur le temps de cycle d'injection total et dépend en grande partie de la durée du refroidissement.



La simulation rhéologique permet le placement optimal des points d'injection.

La Figure 7 met en corrélation la durée de refroidissement estimée et l'épaisseur des parois pour divers matériaux Victrex. La durée de refroidissement dépend des réglages de la machine et des caractéristiques du matériau, ainsi que de la conception du moule. En optimisant le système d'éjection avec le nombre d'éjecteurs, leur taille et leur emplacement, la durée de refroidissement peut être réduite d'environ 15% pour les matériaux non chargés et les pièces éjectés à une température supérieure de 10°C à celle mentionnée par la Figure 7.

Figure 7 : La durée de refroidissement estimée en fonction de l'épaisseur de la paroi à une température de moule de 180°C.

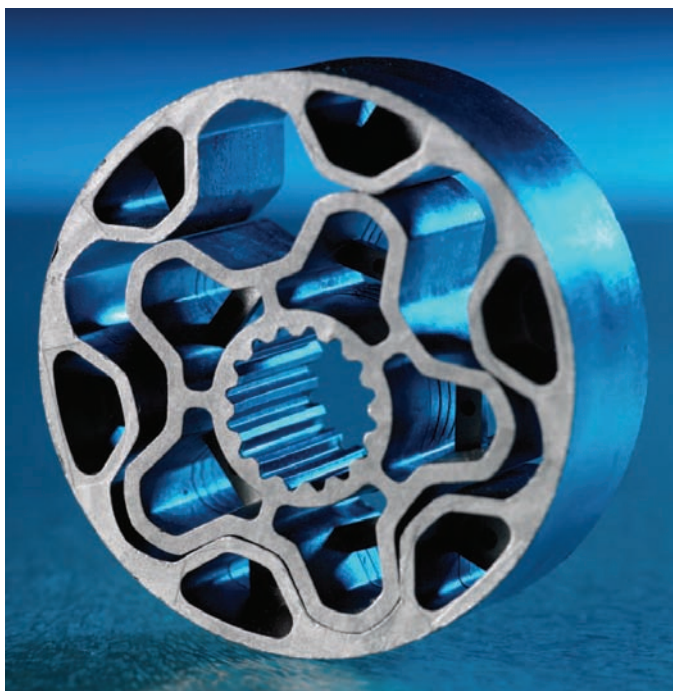


SIMULATION RHÉOLOGIQUE

Il est recommandé de procéder à une simulation de remplissage sur la base de calculs numériques avant de concevoir un moule. La simulation doit permettre de déterminer l'emplacement des seuils d'alimentation pour assurer le remplissage de la pièce à une pression conforme aux capacités de la machine et avec un flux de matière équilibré. La simulation peut aussi permettre de minimiser les lignes de soudure et de déterminer les zones où une éventation est nécessaire. La simulation rhéologique constitue également un précieux outil de résolution des problèmes de moulage et de performance de la pièce.

TECHNOLOGIES DE MOULAGE SPÉCIALES

En tant que thermoplastiques semi-cristallins, les matériaux Victrex doivent pouvoir être transformés avec n'importe quelle technologie adaptée aux autres thermoplastiques semi-cristallins. De nombreuses technologies ont été étudiées avec les polymères PEEK, notamment le moulage par injection à gaz, l'injection soufflage, la micro injection, ainsi que l'utilisation de chauffage par induction pour les surface de l'outillage. Pour de plus amples détails, veuillez vous adresser à votre représentant Victrex local.



Des pièces aux tolérances étroites peuvent être obtenues en moulage par injection.

SUPPORT TECHNIQUE

Victrex Polymer Solutions est entièrement dédié aux produits polyaryléthercétone et idéalement placé pour répondre à vos exigences de qualité, de technicité et de sécurité d'approvisionnement. Dans le contexte actuel de forte compétitivité, travailler avec un fournisseur de premier choix, leader du marché maîtrisant les technologies de pointe et offrant un service technique rapide et compétent est un atout majeur pour la réussite de vos projets.

Pour toute assistance ou information complémentaire, veuillez contacter votre représentant Victrex Polymer Solutions local ou visiter notre site internet www.victrex.com.

PROBLÈMES FRÉQUENTS ET SOLUTIONS

Les problèmes de transformation les plus courants sont généralement dus à des températures de moules insuffisantes, à des points d'injection trop petits par rapport à la pièce à fabriquer et à la pollution provoquée par une purge insuffisante. Le tableau ci-dessous indique les défauts les plus fréquents, leurs causes probables et des recommandations.

Formation d'arêtes de couleur marron foncée ou transparente, ou apparition de taches sombres sur la pièce (défaut visible uniquement sur les matériaux de couleur naturelle) :

Cause probable	Recommandations
Température d'outillage trop faible (zones amorphes)	Augmenter la température d'outillage En cas de pièces de couleur non uniforme : chercher la présence de points froids dans l'empreinte
Dégradation thermique	Diminuer la température du fourreau

Points noirs (uniquement visibles sur les matériaux de couleur naturelle)

Cause probable	Recommandations
Pollution externe	Nettoyer minutieusement l'équipement de transformation et de séchage des granulés Vérifier le broyeur / le recyclage, le cas échéant
Purge insuffisante avant le moulage des matériaux Victrex	Purger minutieusement l'équipement conformément aux recommandations Victrex Retirer la vis et nettoyer l'ensemble vis-fourreau Vérifier l'absence de « points morts » (zone froide) ou de surface endommagée sur la ligne d'injection
Température excessive du fourreau et de la buse	Réduire la température du fourreau et de la buse
Temps de séjour excessif	Changer de machine et adapter la capacité de la presse avec le volume à injecter

Pièce moulée trop courte

Cause probable	Recommandations
Quantité de matière injectée trop faible	Augmenter le volume injecté
Problème de remplissage	Augmenter la pression d'injection Augmenter la température du fourreau Augmenter la température d'outillage Augmenter la vitesse d'injection
Mauvaise conception	Augmenter la taille des points d'injection, de la carotte ou des canaux d'alimentation Modifier l'emplacement du seuil

Pièce moulée trop courte (suite)

Cause probable	Recommandations
Events bouchés ou inexistantes	Augmenter l'éventation dans les empreintes
Mauvais choix de matériau	Choisir un matériau avec une plus faible viscosité à l'état fondu
Perte de pression dans l'unité de plastification	Vérifier l'usure de la vis, du fourreau, et des bagues d'arrêt

Pièce moulée fragile

Cause probable	Recommandations
Surchauffe dans le fourreau	Réduire la température du fourreau Réduire le temps de cycle d'injection Diminuer la vitesse de rotation de la vis
Contraintes de moulages	Augmenter la température du fourreau Réduire la pression d'injection Augmenter le temps de cycle d'injection Augmenter la température d'outillage Augmenter la taille des seuils, de la carotte ou des canaux
Lignes de soudure	Augmenter la température du fourreau Augmenter la vitesse d'injection Augmenter la température d'outillage Modifier la conception ou l'emplacement des seuils Améliorer l'éventation
Turbulence (jetting)	Réduire la vitesse d'injection Modifier la position et / ou le type des seuils

Bulles internes et/ou retassures de surface

Cause probable	Recommandations
Phase de maintien trop courte ou pression trop faible	Augmenter la pression d'injection Augmenter la durée / pression de maintien Réduire la température du fourreau
Mauvaise conception du moule	Augmenter la taille des seuils, de la carotte ou des canaux d'alimentation

Etat de surface dégradé

Cause probable	Recommandations
Marbrure : Matériau surchauffé	Réduire la température du fourreau et de la buse Réduire le temps de séjour Réduire la vitesse d'injection Réduire la vitesse de rotation de la vis
Matériau humide	Sécher le matériau

Etat de surface dégradé (suite)	
Cause probable	Recommandations
Points morts dans le fourreau	Vérifier la jonction du fourreau avec la buse Nettoyer la vis, le fourreau et la buse Vérifier l'état de l'équipement (surface endommagée, régulation, etc.)
Givrage de la surface (matériaux renforcés) :	
Vitesse d'injection insuffisante	Augmenter la vitesse d'injection Augmenter la température du fourreau
Température d'outillage trop faible	Augmenter la température d'outillage
Cisaillement de la matière trop important	Diminuer la vitesse de rotation de la vis

Traces de brûlure	
Cause probable	Recommandations
Air piégé dans l'empreinte	Réduire la pression d'injection Réduire la vitesse d'injection Vérifier que les événements ne soient pas bouchés Améliorer l'éventation Modifier l'emplacement, la taille ou le type de seuil

Bavure ou ouverture du moule	
Cause probable	Recommandations
Force de fermeture du moule trop faible	Réduire la pression d'injection Réduire la vitesse d'injection Réduire la température du fourreau (ceci demandera un rééquilibrage des paramètres étant donné que la viscosité augmente et par conséquent la pression aussi) Réduire la température d'outillage Réduire le réglage de la vitesse Augmenter la force de fermeture ou le tonnage de la presse
Fermeture incorrecte ou déformation du moule	Rectification et réaligement des surfaces de contact Installation de plaques de renfort Vérifier l'absence de corps étranger entre les faces du moule
Soutien insuffisant de la colonne	Rajouter des soutiens de colonnes

Gauchissement ou déformation	
Cause probable	Recommandations
Différence de température dans le moule	Régler la même température des deux côtés du moule
Défaut de symétrie	Envisager une nouvelle conception de l'empreinte, des canaux d'alimentation et des seuils Compenser la déformation en utilisant une température différente sur les deux faces du moule

Gauchissement ou déformation (suite)	
Cause probable	Recommandations
Ejection trop rapide	Utiliser un dispositif de refroidissement Augmenter durée de refroidissement Réduire la température d'outillage
Orientation des fibres dans le matériau	Modifier la position du seuil Réduire les vitesses d'injection
Rigidité insuffisante	Modifier la conception de pièce (par exemple rajouter des nervures, etc.) Augmenter l'épaisseur de la pièce Envisager l'utilisation d'un matériau renforcé avec des fibres Revoir le système d'éjection (plus d'éjecteurs, plus grande surface)

Retrait excessif	
Cause probable	Recommandations
Conditions de transformation	Réduire la température du moule Augmenter la pression d'injection Augmenter la durée / pression de maintien
Seuils trop petits	Augmenter la taille du seuil

Mauvaise éjection de la pièce	
Cause probable	Recommandations
Rigidité insuffisante de la pièce	Augmenter le temps de refroidissement Diminuer la température d'outillage
Angle de dépouille insuffisant	Augmenter l'angle de dépouille
Système d'éjection inadéquat	Revoir le système d'éjection (plus d'éjecteurs, plus grande surface)
Mauvais état de surface du moule	Polir le moule dans le sens de l'éjection Les zones de pièces de grande surface peuvent nécessiter une éventation afin d'éviter une accumulation de vide et un effet « ventouse »



SIÈGE SOCIAL

Victrex plc
Victrex Technology Centre
Hillhouse International
Thornton Cleveleys
Lancashire FY5 4QD
United Kingdom
Phone +44 (0) 1253 897 700
Fax +44 (0) 1253 897 701
Email victrexplc@victrex.com

EUROPE

Victrex Europa GmbH
Langgasse 16
65719 Hofheim/Ts.
Germany
Phone +49 (0) 6192 964 90
Fax +49 (0) 6192 964 94 8
Email eurosales@victrex.com

AMÉRIQUES

Victrex USA, Inc.
300 Conshohocken State Road
Suite 120
West Conshohocken, PA 19428
USA
Phone +1 (0) 800-VICTREX
Phone +1 (0) 484-342-6001
Fax +1 (0) 484-342-6002
Email americas@victrex.com

ASIA / PACIFIQUE

Victrex High-Performance
Materials (Shanghai) Co Ltd
Part B Building G
1688 Zhuanxing Road
Xinzhuang Industry Park
Shanghai 201108
China
Phone +86 (0) 21 6113 6900
Fax +86 (0) 21 6113 6901
Email scsales@victrex.com

JAPAN

Victrex Japan Inc.
Japan Technology Center
Mita Kokusai Building Annex
4-28 Mita 1-chome
Minato-ku
Tokyo 108-0073
Japan
Phone +81 (0) 3 5427 4650
Fax +81 (0) 3 5427 4651
Email japansales@victrex.com

www.victrex.com



LES INFORMATIONS CONTENUES DANS CETTE BROCHURE SONT FOURNIES PAR VICTREX PLC EN TOUTE BONNE FOI ET DÉCRIVENT DE MANIÈRE DÉTAILLÉE LES CARACTÉRISTIQUES TYPIQUES ET/OU LES UTILISATIONS CLASSIQUES DU OU DES PRODUITS. TOUTEFOIS, IL EST DE LA RESPONSABILITÉ DU CLIENT DE TESTER COMPLÈTEMENT LE PRODUIT DANS SON UTILISATION SPÉCIFIQUE AFIN DE DÉTERMINER SON COMPORTEMENT, SON EFFICACITÉ ET LA SÉCURITÉ POUR CHAQUE PRODUIT FINI, SYSTÈME OU AUTRE APPLICATION. LES SUGGESTIONS D'UTILISATION NE POURRONT EN AUCUN CAS ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME UNE INCITATION À LA VIOLATION D'UN BREVET. LES INFORMATIONS ET LES DONNÉES CONTENUES DANS CETTE BROCHURE SONT FOURNIES PAR VICTREX PLC EN TOUTE BONNE FOI ET JUGÉES FIABLES. LA MENTION D'UN PRODUIT DANS CETTE DOCUMENTATION NE GARANTIE PAS SA DISPONIBILITÉ. DANS LE CADRE DE SON PROGRAMME CONTINU DE DÉVELOPPEMENT DE SES PRODUITS, VICTREX PLC SE RÉSERVE LE DROIT DE MODIFIER LES PRODUITS, LEURS CARACTÉRISTIQUES OU LEUR CONDITIONNEMENT. VICTREX® EST UNE MARQUE DÉPOSÉE DE VICTREX MANUFACTURING LIMITED. VICTREX PIPES™ EST UNE MARQUE PROTÉGÉE DE VICTREX MANUFACTURING LIMITED. PEEK-ESD™, HT™, ST™ ET WG™ SONT DES MARQUES PROTÉGÉES DE VICTREX PLC. VICOTE® ET APTIV® SONT DES MARQUES DÉPOSÉES DE VICTREX PLC.

VICTREX PLC NE DONNE AUCUNE GARANTIE, EXPRESSE OU IMPLICITE, DONT NOTAMMENT AUCUNE GARANTIE D'APTITUDE À UNE UTILISATION DONNÉE, D'ABSENCE DE VIOLATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE, DONT NOTAMMENT L'ABSENCE DE VIOLATION DE BREVETS, LAQUELLE EST EXPRESSEMENT DÉCLINÉE, QU'ELLE SOIT EXPRESSE, IMPLICITE, DE FAIT OU DE DROIT. EN OUTRE, VICTREX PLC NE DONNE AUCUNE GARANTIE À VOS CLIENTS OU VOS REPRÉSENTANTS ET N'A HABILITÉ QUICONQUE À EXPRIMER OU GARANTIR QUOI QUE CE SOIT AUTRE QUE CE QUI PRÉCÈDE. EN AUCUN CAS LA RESPONSABILITÉ DE VICTREX PLC NE POURRA ÊTRE ENGAGÉE EN CAS DE DOMMAGE À CARACTÈRE GÉNÉRAL, INDIRECT, SPÉCIAL, CONSÉCUTIF, PUNITIF, ACCESSOIRE OU SIMILAIRE, DONT NOTAMMENT LES DOMMAGES TOUCHANT L'ACTIVITÉ PROFESSIONNELLE, LA Perte D'EXPLOITATION OU LA Perte D'ÉCONOMIES, QUAND BIEN MEME VICTREX AURAIT ÊTE AVERTIE DE LA POSSIBILITÉ DE TELS DOMMAGES ET QUELLE QUE SOIT LA FORME D'ACTION.