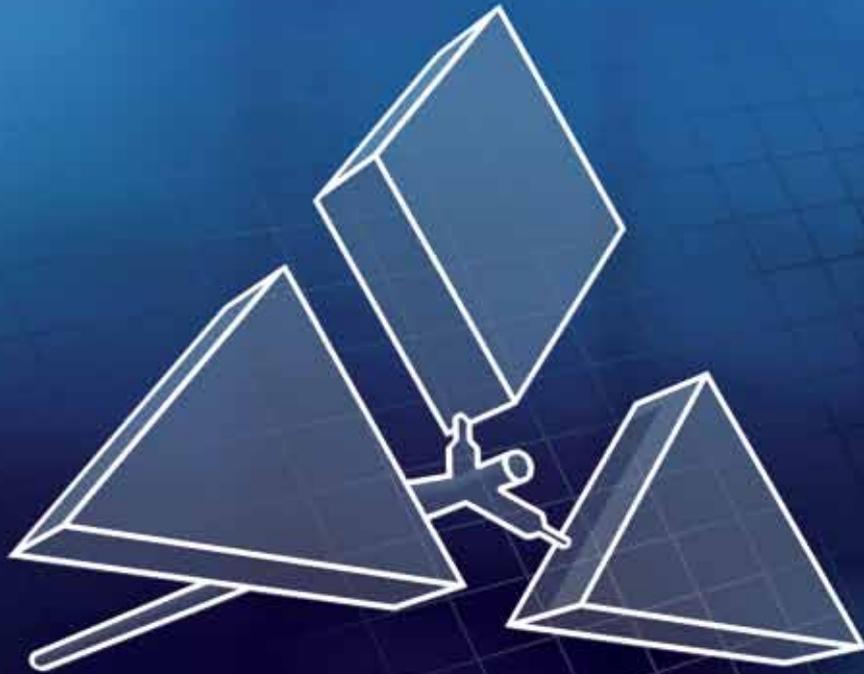




victrex®

PASSION • INNOVATION • PERFORMANCE



射出成形ガイド

目次

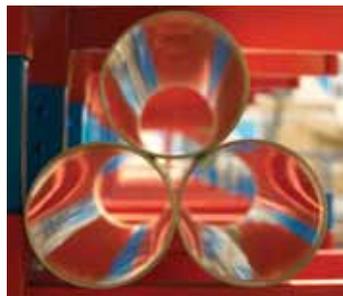
はじめに	2
前準備	2
保管方法	2
乾燥	2
材料のリサイクル	3
熱的安定性	3
溶融物性と加工性	3
ページ	4
成形機の仕様	5
加工設備の構成部品材質	5
バレルの温度	5
バレルの容量	5
ノズルとシャットオフシステム	6
型締め圧	6
スクリュウ	6
金型設計	7
加工設備の構成部品材質	7
ベント	7
ヒーター	7
スプルー	8
ゲート	8
ホットランナー	8
成形機の設定	8
温度設定	8
スクリュウ回転速度	9
背圧	9
射出圧	9
保圧	9
収縮	9
寸法公差	10
金属インサート	10
冷却時間/サイクルタイム	10
加工シミュレーション	10
様々な成形技術	11
成形不良と対策	12

競争の激しい今日の市場環境において、高機能材料サプライヤーには単に材料を供給するだけでなく、より高付加価値なサービスの提供が求められています。高機能ポリマーの機能を最大限に引き出すため、材料選定や最適な加工法を考慮した製品設計が大変重要となります。これは最小限のコストで製品の高付加価値化や生産効率の向上を達成する上で欠かすことができません。適切な設計および材料選定による加工工程の最適化により、製品品質と生産効率を大きく向上させることができます。

ビクトレックス社はポリアリルエーテルケトン（PAEK）とその関連製品に関する30年以上の実績を持ち、ユーザーの皆様役に役立つ製品を提供して参りました。当社は、広い温度範囲および過酷な環境下で卓越した性能を発揮する VICTREX® PEEK の幅広い製品ラインアップを提供しています。これらの製品は一般的な加工設備で容易に加工することができます。

ビクトレックス社はユーザーの皆様、ポリアリルエーテルケトンに関する設計、材料選定や加工といった様々な技術サポートを提供しております。こうしたサポートの一環として、当社は皆様の射出成形工程の最適化に役立てて頂けるよう、本ガイドを作成いたしました。また各国の当社技術チームは、試作、用途開発、設計、シミュレーションなどに加え、金属代替に向けたサポートも提供させていただきます。

当社ではテクニカルセンターの拡充を進めており、これらは VICTREX PEEK 製品の試作に向けた成形設備を備えると共に、加工に関するトレーニング、材料分析や特性評価の機能を有しています。また当社では日々増え続ける製品およびアプリケーションに裏付けられたデータベースに基づき、皆様の製品開発状況に応じて必要なデータをご提供いたします。加えて当社は、産学連携による様々な最先端の研究プロジェクトに関わることでさらなる知識の蓄積を図ると共に、ユーザーの皆様と共同でより創造的なソリューションの開発に取り組んで参ります。



victrex®

HIGH PERFORMANCE PEEK POLYMERS

aptiv®

VICTREX® PEEK FILM TECHNOLOGY



VICOTE®

VICTREX® PEEK COATING TECHNOLOGY



victrex pipes™

HIGH PERFORMANCE PEEK TECHNOLOGY

VICTREX® PEEK および、より高耐熱な VICTREX® HT™ と VICTREX® ST™ は、市場で最も高機能な熱可塑性樹脂として広く知られています。これらの製品はペレットやファインパウダーに加え、各種の機能性フィラーや強化材を配合したコンパウンドとしての利用が可能です。すでに、これらは金属や他材料の代替として高機能製品の設計および製造に利用され、製品性能や設計自由度の向上、システムコストの低減に貢献しています。

Victrex APTIV® (アプティブ) フィルムは、VICTREX PEEK が持つ全ての特性を薄く柔軟な形状で提供します。APTIV フィルムはサーモフォーミングが可能で、優れた音響特性を持ち、現在市販されている熱可塑性樹脂フィルムとしては最も高機能で多目的に利用できる製品です。また APTIV フィルムを使用することにより、設計自由度や加工性の向上が図れると共に、製品の高性能化やシステムコストの低減も可能です。

VICOTE® (ヴァイコート) コーティングは、VICTREX PEEK を原材料とする環境にやさしい高機能コーティング材料です。VICOTE コーティングはパウダーおよび水系ディスパーションが利用可能で、高耐熱性、優れた耐引っかき性や耐摩耗性、高強度や高耐久性を付与します。また従来のコーティング材料と比べ、VICOTE コーティングは性能向上、製品の長寿命化、設計自由度の向上やシステムコストの低減に貢献します。

VICTREX Pipes™ (ビクトレックス・パイプ) は、VICTREX PEEK を原材料とする軽量で耐久性に優れた押出パイプおよびチューブ製品で、高耐熱性に加え独自の優れた特性をバランス良く発揮し、金属や汎用樹脂に対する優れた代替材料となります。VICTREX Pipes は耐薬品性や耐腐食性、低透過性、耐摩耗性や耐衝撃性といった優れた特性を持ったパイプおよびチューブです。

耐熱性

連続使用温度 260°C を示す卓越した高温特性を持ち、過酷な環境下における製品の長寿命化、信頼性および安全性の向上に貢献します。

機械強度と寸法安定性

ビクトレックス製品の卓越した強度、剛性、長期クリープ特性および疲労特性は、製品の軽量化に加え耐久性や強度の向上を実現します。

耐摩擦摩耗性

ウェットおよびドライ環境下において低摩擦係数と優れた耐摩耗性を発揮し、製品の長寿命化や品質保持に貢献します。

耐薬品性

酸、塩基、炭化水素および有機溶媒といった様々な化学物質に対する耐性を示し、高温環境下においても優れた耐食性を発揮します。

耐加水分解性

ビクトレックス製品は低吸湿性および低水分透過性を有し、高温環境下においても水、蒸気や海水に対して加水分解しないため、成形品の大幅な信頼性向上に貢献します。

電気的性質

広範な周波数域および温度環境でも安定した電気特性を有し、様々な電気電子用途でのニーズに対応します。

低発煙性と有毒ガス放出性

添加剤を使用せずに難燃性を発揮し、燃焼ガスの毒性は低レベルです。

純度

格段に少ないアウトガスおよび低溶出性により、クリーンな製造環境を可能にします。

環境にやさしい

リサイクル可能、ノンハロゲン、そして RoHS および REACH に準拠しています。

高品質と安定供給

製造を含めたビクトレックス社のマネジメント・システムは ISO 9001:2008 の認証を受けると共に、欧州の安全および環境規制を遵守しています。また当社は製品の出荷に当たってバッチ毎に 50 以上の試験を実施するなど細心の注意を払い、ユーザーの皆様に安定した製品品質を保証します。

世界で唯一、ポリketon製品を一貫生産するビクトレックス社は、安定した製品品質の確保に不可欠な原材料の選定段階から完全な管理を行っています。

また当社は将来の需要に先立つ生産設備への投資を重要方針とし、ユーザーの皆様に安心して頂ける製品供給体制を整備しています。現在、当社の独立した 2 つの生産プラントは年 4,250 トンの生産能力を有しています。そして当社独自の配送システムと現地の流通倉庫を通じて、世界のあらゆる地域に通常 7 日以内で迅速に製品を納入いたします。

はじめに

ビクトレックス製品は線状の芳香族系結晶性ポリマーで、従来からある熱可塑性樹脂用の成形設備で加工できる高機能材料として広く知られています。ビクトレックス製品は一般的な射出成形法を適用できますが、ビクトレックス製品は高融点のため以下の注意が必要です。

適応温度：

ビクトレックス製品の加工には、PEEK の場合で 400°C、HT および ST の加工には 430°C までの温度制御に対応した設備を用いて下さい。十分な結晶化度を得るために必要な金型表面温度は最低 170°C です。

含水量：

ビクトレックス製品は吸湿性の低い材料ですが、成形前には十分な乾燥が必要です。

コンタミ回避：

コンタミを避けるため、専用のスcoopや乾燥用トレーを使用して下さい。

ゲートとランナー：

他の高機能ポリマーよりも大きいサイズのものを使用して下さい。

詳細につきましては各項目をご参照下さい。本ガイドには部品設計に関する記述はありませんが、ビクトレックス製品は他の熱可塑性樹脂と同様、一般的な設計方法が適用できます。設計に関しまして当社技術チームのサポートをご要望の際は、ビクトレックスジャパンまでお問い合わせ下さい。

前準備

保管方法

ビクトレックス製品はポリエチレン袋に密封され、運送用段ボール箱またはパレットサイズの大型箱に収納した状態で納入されます。材料は最初の包装状態で搬送・保管して下さい。材料を使用する際は、清潔な環境で開封し、コンタミを避けるよう十分注意して下さい。残った材料はできるだけ早く再密封し、直射日光の当たらない乾燥した場所に室温で保管して下さい。ビクトレックス製品はこの状態で 10 年以上の保存が可能です。

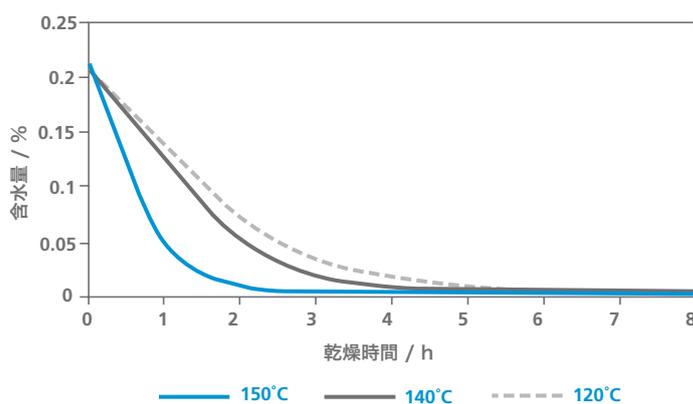
乾燥

ビクトレックス製品は通常、乾燥した状態で供給されますが、大気中の水分を吸収します。良好な成形品を得るため、ペレットを乾燥し水分量を 0.02% 以下に抑えて下さい。

ビクトレックス製品は標準的な空気循環オープンで 150°C-160°C、2~3 時間以上乾燥させて下さい。トレーを用いて乾燥させる際は、ペレットを 25mm 以下の厚さで層状に広げて下さい。また図 1 に見られる通り、真空オープンまたは脱湿乾燥機を使用することで、乾燥工程を短縮することができます。脱湿乾燥機は露点もしくは飽和温度が -40°C に対応したものをご利用下さい。

乾燥時など材料を取り扱う際は、クロスコンタミの原因となる物質が混入しないよう、ビクトレックス製品専用の備品を使用して下さい。隔離するなど異物混入防止の処置をせずに、ビクトレックス製品と同じオープンで他の材料を乾燥しないで下さい。

図1：様々な温度環境下において脱湿乾燥機(露点 -40°C)を用いた VICTREX PEEK 450G の乾燥データ



材料のリサイクル

ビクトレックス製品は他の樹脂材料と同様、生産効率を高めるため粉碎したスプルーやランナーなどをリサイクルすることができます。ビクトレックス製品は熱安定性に優れており、当社が推奨する条件下で加工されている場合、こうした方法によるリサイクルに適しています。ナチュラルグレード製品については熱劣化の影響を受けずに再利用できますが、繊維強化グレードの場合、リサイクル材料は充填された繊維が短くなるため、成形品の機械的物性に影響を及ぼします。一般的な再使用量の目安はナチュラルグレードの場合で重量比最大 30%、強化グレードでは最大 10% ですが、事前に検証されることをお勧めします。また、材料のリサイクルは異物混入やクロスコンタミの機会を増やしてしまいますので十分に注意して下さい。ビクトレックス製品は成形温度が高いため、コンタミはブラックスペック（黒点異物）を発生し成形品の品質に甚大な影響を及ぼします。リサイクルの際は専用の設備を使用して下さい。

熱的安定性

ビクトレックス製品の熱安定性はポリマーの種類と配合によって異なります。当社製品は PEEK、HT、ST の順に融点が上昇し加工温度も高くなりますが、これに伴って熱安定性は低下し、ガラス繊維強化グレードについては、さらに熱安定性が下がります。

成形休止時に長時間材料を高温下に留めることはお勧めしませんが、やむを得ない場合は以下をご参照下さい。

- 成形中に小休止する場合、材料を融点よりも少し高い温度に保つことで著しい劣化を防ぐことができます。PEEK および HT の場合、360°C で 1 時間程度もしくは 380°C で 30 分程度、ガラス繊維強化グレードの滞留時間はこれらの半分です。ST 製品を成形する場合、特にガラス繊維強化 ST 45GL30 については、休止時間が 5~10 分を超えない様ご注意ください。
- 1~2 時間の成形休止に際しては、材料を融点より若干低い温度に保って下さい。PEEK で 340°C、HT の場合は 370°C で、ST 製品についてはバレルに長時間滞留させないで下さい。
- 長時間にわたり成形を休止する場合は、バレルをパージし清掃して下さい。

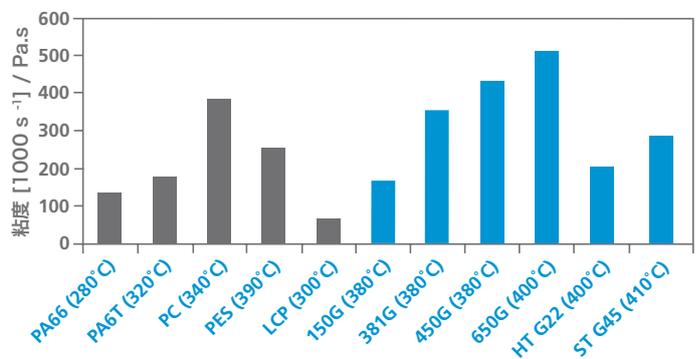
成形再開時はバレル温度を推奨温度に上昇させなければなりません。バレルはクリーンな溶融物が確認できるまで、新しい材料でパージする必要があります。この場合、初期の成形品は廃棄することをお勧めします。各製品の詳細な推奨取扱方法につきましては、ビクトレックスジャパンが提供する製品データシートを参照下さい。

溶融物性と加工性

多くの熱可塑性樹脂と同様、ビクトレックス製品の溶融粘度は温度に依存し、剪断による粘度の減少が見られます。ビクトレックス製品と様々な高性能ポリマーの剪断速度 $1000s^{-1}$ における溶融粘度の比較を図 2 に示します。ビクトレックス製品は最も高い加工温度を示す材料の1つですが、溶融粘度はポリカーボネート溶融物と同レベルです。

またビクトレックス社では薄肉成形向けに PA (ポリアミド) 素材と同程度の溶融粘度を示す高流動製品も提供しています。

図2: 代表的な加工温度における各種熱可塑性樹脂の剪断粘度 (剪断速度 $1000s^{-1}$)



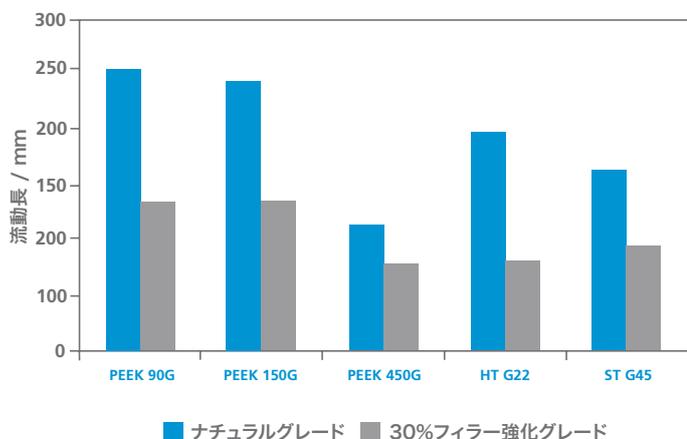
最先端機材を用いた溶融粘度の測定



高品質な成形を実現する厳密な工程管理

PEEK 450 を用いた材料は PEEK 150 および PEEK 90 を用いた材料よりも高い粘度を示します。 ガラス繊維や炭素繊維を充填した製品は、フィラーの種類や充填量によって粘度が高くなります。ナチュラルグレードと 30% フィラー強化グレードの 1mm 厚スパイラルフローによる流動長を図 3 に示します。

図3:ビクトレックス製品の推奨加工条件下(断面 1mm x 6mm)におけるスパイラルフローの流動長



パージ

ビクトレックス製品とそのコンパウンドは完全にクリーンな環境で成形して下さい。メンテナンス時には、射出成形機のスクリーやバレルを取り外してクリーニングして下さい。スクリーとバレルの取り外しが不可能であれば、必ずパージを行って下さい。パージ材料は 380°C まで安定している材料を使用して下さい。(注意を要しますが PES や PEI も使用可能です。) またビクトレックス製品の加工温度に対応した市販パージ材料の使用も可能です。

成形開始時の手順

ビクトレックス製品を成形する前に、他ポリマーを完全に除去して下さい。ビクトレックス製品は成形温度が高いため、クロスコンタミによる他ポリマーの混入は、成形品の品質劣化やブラックスペック発生の原因となります。

- 除去される材料の加工温度に合わせてパージを行う
- 除去される材料が見えなくなるまでパージする
- パージ材料の供給を止めバレルを空にする
- バレルヒーターをビクトレックス製品の加工温度に設定する
- 加工温度に到達したら、ビクトレックス製品をスクリーに供給し、クリーンな溶融物が見られるまで押出す

成形終了時の手順

他の材料を加工する前に、成形設備からビクトレックス製品を除去して下さい。この作業は窒化処理された器具を使用する場合にも重要で、ビクトレックス製品が金属に固着した場合、窒化層が剥がれる恐れがあります。

- ホッパーとバレル内のビクトレックス製品を空にする
- ビクトレックス製品が見えなくなるまでパージ材料を供給する
- すべてのバレルゾーンの設定を、パージ材料に応じて安定した温度に低下させる
- バレルの実測温度が 300°C 以下になるまでパージ材料の供給を続ける
- パージ材料の供給を停止し、スクリーを空にする

成形機の仕様

ビクトレックス製品は高温仕様バンドヒーターを装着した標準的な射出成形機で加工でき、セラミックバンドヒーターや断熱カバーの使用が適しています。厳密な精度が求められる製品を成形する場合、油圧成形機よりも電動成形機の方がより精密に成形工程を制御できます。

加工設備の構成部品材質

機械の摩耗はすべての熱可塑性エンジニアリングプラスチックに共通した問題で、特に繊維強化材料を射出成形する時に摩耗が激しくなります。このようなプロセスにおいて摩耗を減少させるため、スクリー、ダイ、バレルを硬化して下さい。工具鋼を硬化する最も一般的な方法として窒化物によるコーティングがあります。この方法で、溶融物による激しい摩耗に耐えられる表面硬度が得られますが、ビクトレックス製品を窒化コーティングと接触させて冷却および固着しないように注意して下さい。ポリマーと窒化コーティングは、スチール基材から窒化物層を引き剥がすほど強く接着することがよくあります。以下のスチール材料はビクトレックス製品の加工設備に適しています。

- D2 Tool Steel (マルテンサイト系クロム工具鋼)
- WEXCO 777
- CPM-10V
- CPM-9V
- S32 219 (ステンレス鋼)

耐腐食性が求められる用途については、バイメタル製のスクリーやバレルが有効です。銅や銅合金は、ビクトレックス製品の加工温度では劣化が起きることがあるので、使用を避けて下さい。溶融物の供給に用いられる金属部品の表面は、十分に研磨仕上げして下さい。部品の表面粗さが増すと、溶融物は局所的に金属に接着し滞留時間が長くなるため、ブラックスペック発生の原因となる上、ポリマーの流動が妨げられます。

バレルの温度

射出成形機のシリンダーヒーターは PEEK の場合で 400°C まで、HT および ST については 430°C まで加熱できるものを使用して下さい。ほとんどの射出成形機は改造する必要なく、この温度まで加熱できます。例外的に改造が必要な場合でも、より高温対応のバンドヒーターやコントローラーを取り付けるだけで済みます。セラミックバンドヒーターは、マイカバンドヒーターに比べて加工の安定性やショット毎の再現性に優れています。加えて、加工性およびコスト低減の点から断熱カバーの使用をお勧めします。

スクリーおよびバレルからホッパーに向かっての熱伝導は供給効率を低下させます。適切なホッパー供給のために供給口は 70~100°C に保って下さい。熱制御には水冷却が利用されますが、後部ゾーンの温度維持に注意して下さい。

バレルの容量

他のポリマー加工と同様、滞留時間はできるだけ短くする必要があります。バレルの容量はスプルーとランナーを含む全ショット重量の 2-5 倍が理想的です。非常に多くのショットを打てる容量のバレルをもつ機械でビクトレックス製品を成形する場合は、温度を推奨設定温度より 10-20°C 低くして下さい (成形不良と対策の項を参照)。HT および ST 製品を成形する際の温度低下は、材料がノズル部分で固化する恐れがありますので注意して下さい。



成形機は成形品のサイズに合ったものを利用

ノズルとシャットオフシステム

ノズルは成形サイクル時間の大部分にわたり、溶融物やノズルよりも低温のスプルーブッシュと接触しています。ビクトレックス製品は明確な凝固点 T_c （結晶化温度）を持ち、溶融物の温度が T_c 以下に低下すると急速に固化します。凝固およびコールドスラグを防ぐため、適切な大型ヒーターをノズルに取り付けて下さい。延長ノズルの使用はノズル部での固化および劣化を助長するため、ビクトレックス製品の成形には適しません。

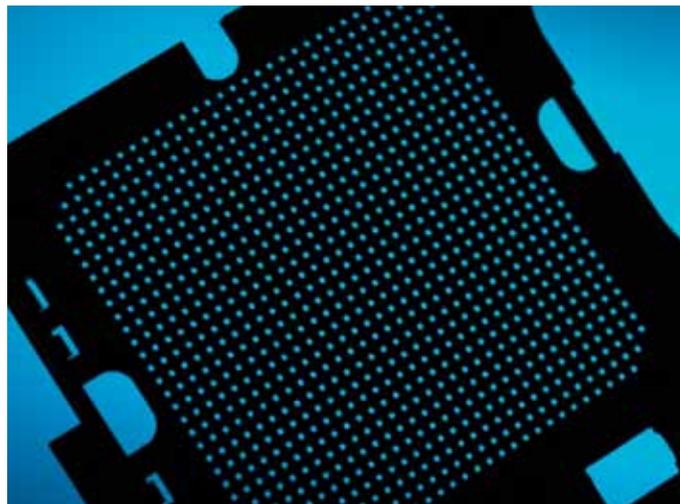
推奨される加工温度において、ビクトレックス製品はオープンノズルシステムに適した高粘度を示します。シャットオフノズルは溶融物のデッドスポットを含み、また射出圧を制限するため勧められません。溶融物の過剰なハナタレが発生する場合は、適切な空気量を保ちサックバックを大きくして下さい。

型締め圧

最大射出圧下で金型が開かないために必要な型締め圧は、成形品とランナーの投影面積によって決まります。特にビクトレックス製品の強化グレードを用いて薄肉成形する場合、射出圧は2000bar (200MPa) を超える場合があります。

スクリー

多くの汎用タイプとナイロンタイプのどちらのスクリーもビクトレックス製品を成形できます。スクリーの適切な長さ/直径(L/D)比を図4に示します。

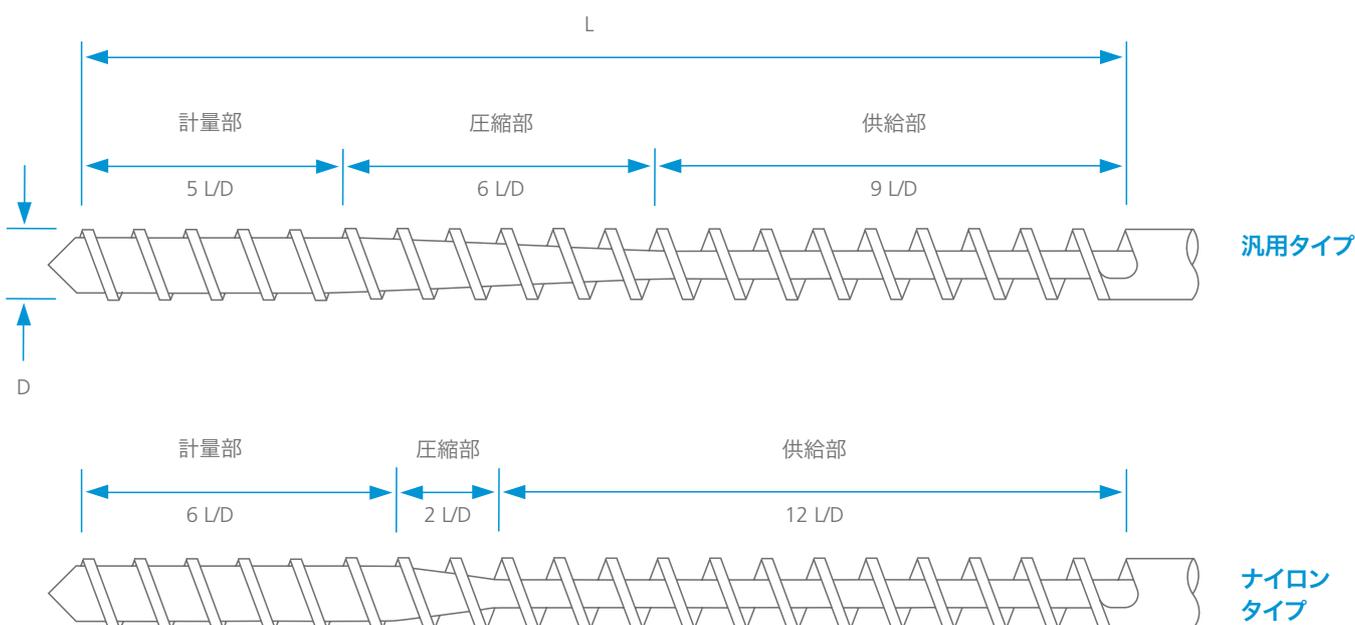


ビクトレックス製品は結晶性で高い加工温度を求められるが複雑形状の平面部品を加工可能

推奨する最小L/D比は16:1で、18:1から24:1の範囲が適しています。未溶融のベレットがスクリーの圧縮部に詰まることを避けるため、長い供給部が必要となります。圧縮比は2:1から3:1です。射出圧を維持するため、逆流防止リングをスクリー先端に取り付けて下さい。

スクリーの前進運動に沿って材料をスムーズに流動できるよう、リングのクリアランスを設けて下さい。中型成形機ではスクリー先端直径から3mmのクリアランスが必要となります。

図4: 推奨スクリー形状



金型設計

ビクトレックス製品は標準的な金型技術を適用することで容易に射出成形できますが、高い熔融温度（およそ 400°C）および金型温度（およそ 200°C）のため、金型の設計に注意が必要です。

加工設備の構成部品材質

成形金型は通常 52~56HRc の硬度が必要です。ビクトレックス製品の加工には BS BH13 規格鋼材の使用が一般的で、BH13 鋼材は高温強度、剛性、延性や機械的物性に優れ、54~56HRc の硬度に加工可能です。ガラスおよび炭素繊維強化グレードを用いた少~中規模生産の成形金型には、BH13 鋼材製ゲートインサートを使用して下さい。

ガラスおよび炭素繊維強化グレード用いて大規模生産する際には、BS BD3 または BD6 鋼材を使用した 56~60HRc の硬度が必要です。



大型成形に求められる精密な温度管理

試作および短期使用向けの金型では BP20 鋼材の使用も有用です。またボルスターに BP20 鋼材、キャビティやコアに BH13 鋼材が多用されています。

表1: 頻繁に利用される工具鋼の規格と硬度

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	40CrMnMo		50-53

ベント

確実な充填と焼けの防止には十分なベントが必要です。ベント孔の深さを高流動性 PEEK 90G で 8 μ m、標準グレード製品で 10~15 μ m に設計することでバリの発生を防ぐことができます。ベント孔の位置は部品の設計に強く依存し、一般的には金型の分割面または突き出しピンに沿って設置します。ベントが十分に行われない場合にはベント孔を少しずつ広げるか、もしくは捨てキャビを設けます。

ヒーター

ビクトレックス製品の成形金型には電気ヒーターもしくはオイルヒーターを取り付けて下さい。高圧温水ヒーターも使用できますが、高圧が必要で安全上の点からもビクトレックス製品での使用は一般的ではありません。

- 電気ヒーターは経済的で設置も比較的容易です。出力定格によっては短時間で昇温しますが、頻繁にホットスポットが発生します。電気式のヒーターは小型成形品の加工に適しています。
- オイルヒーターは設計や設置に手間がかかりますが、ショットサイズの大きい、もしくは大型や深いコアを持つ金型に対しても十分な熱を供給できます。
- 電気ヒーターとオイルヒーターの併用は、制御温度の維持と急速な昇温に効果的です。

金型とプラテンの間に断熱板を設置して下さい。また均一な温度拡散と経済性の面から、断熱カバーが利用されます。オイルヒーターを利用する際は、一般的に最高 40°C の温度損失が発生するため、できるだけ短く大口径の断熱フローラインを使用して下さい。成形条件を設定する場合は、金型の表面温度が 170°C 以上であることを常にご確認下さい。オイルヒーターはフローラインでの温度損失が生じるため、ヒーター温度の設定は金型表面の実温度よりもかなり高くなります。

スプルー

スプルーは最低 4mm 厚で可能な限り短く設計し、最低 2 度の抜け勾配を持たせ、コールドスラグ溜まりをスプルーの設計に組み込んで下さい。大きな直径のスプルーは複雑な金型を使用する際に有用で、大型成形品の加工にダイレクトゲートを利用する場合は、スプルーの厚みを成形品厚みの 1~1.5 倍に設計して下さい。

ゲート

成形に適切なゲートのサイズと方式は溶融物の体積、キャビティ数、部品形状により異なります。ビクトレックス製品は結晶性の熱可塑性樹脂のため、収縮率は非晶性樹脂よりも高くなります。収縮と応力の蓄積を軽減するため、ゲートはできるだけ大きく設計して下さい。ゲートのサイズは成形品の厚みに依存しますが、推奨される最小のゲート直径および厚みはナチュラルグレードで 1mm、コンパウンドグレードで 2mm、もしくは成形品の最も肉厚な部位の 2/3 です。スプルーゲートは成形品厚みの 1~1.5 倍に設定して下さい。ビクトレックス製品にはほとんどのゲートが適用でき、タブゲート、サイドゲートやファンゲートの使用が一般的です。サブマリンゲートとトンネルゲートについては薄肉および小型成形品にのみご使用下さい。

ビクトレックス製品に適したゲートの設計に当たっては、ヒケやボイドの発生を最小限に抑えることが重要であり、溶融物の流動を維持するため、ゲートはできるだけ大きく設計して下さい(成形品の最も肉厚な部位の 2/3 を推奨)。

ホットランナー

ビクトレックス製品はホットランナーシステムの適用が可能です。多くの場合で外部加熱方式が適しており、内部加熱方式はキャビティ部分の加熱が不安定なため問題が生じがちです。また材料の節約と加工性の点から、小型コールドランナーシステムの供給部にホットランナーが使用されています。肉厚成形品の場合、二次保圧を上昇させるという点でホットスプルーブッシュの使用も効果的です。

成形機の設定

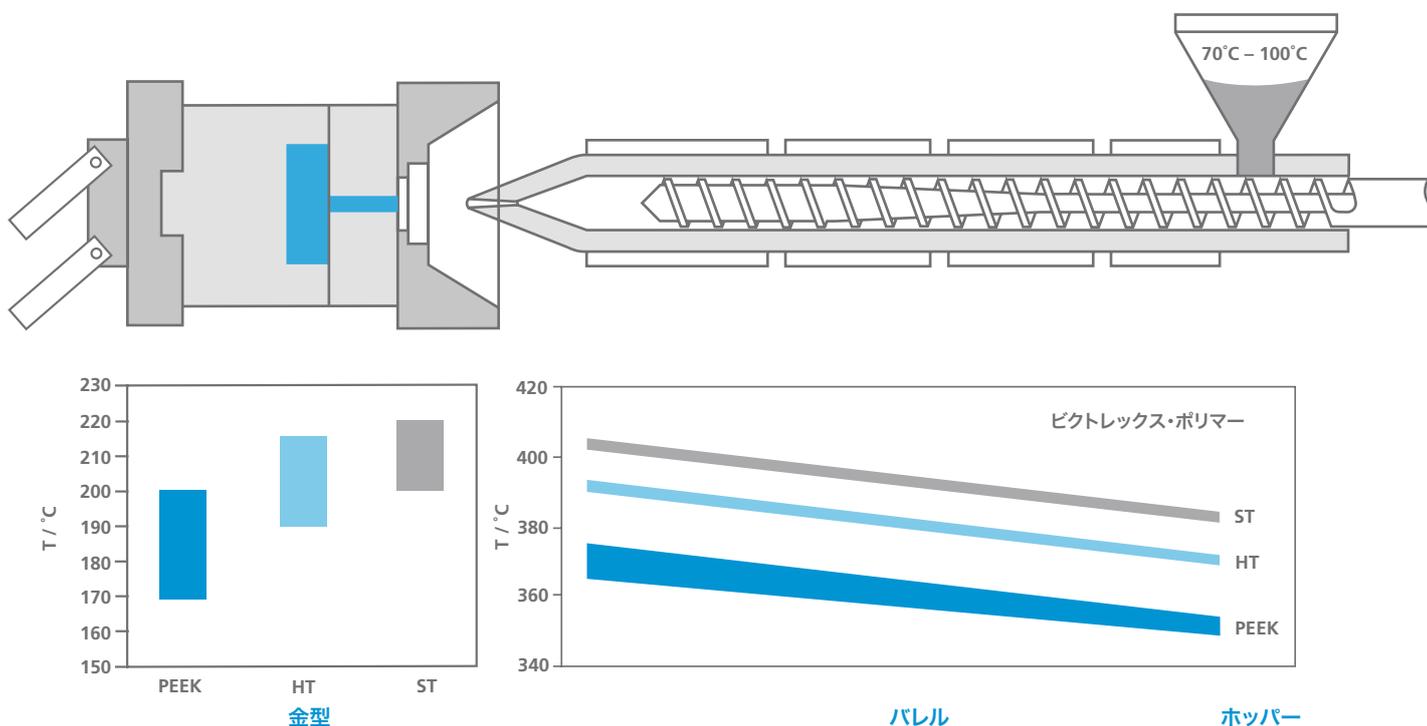
温度設定

使用する射出成形機と金型によって成形条件は異なります。主なビクトレックス製品を用いた成形時の推奨設定温度を図 5 に示します。

- ペレットがスクリューへ適切に供給されるよう、ホッパーは比較的低温に維持します。
- ホッパー通過後は、圧縮部へ到達するまでにペレットを溶融する十分な熱が必要です。
- 図 5 はナチュラルグレード PEEK、HT および ST を成形する際の代表的なバレル温度設定で、融点の上昇によりバレル温度も上昇します。
- 高粘度なコンパウンドグレードは、より高いバレル温度が必要です(フィラーの種類や充填量により通常の 10~20°C)。
- PEEK、HT および ST を用いて結晶性の成形品を得るための推奨金型温度はそれぞれ 170°C、190°C および 200°C です。金型温度を高めを設定することで、特に強化グレードのキャビティ充填が容易になり、高温環境で使用される成形品の寸法安定性を向上します。この処理はサイクルタイムを延ばしますがポリマーを劣化させるものではありません。

各製品の物性データと成形機の設定に関するデータシートはビクトレックスジャパンにお問合せ下さい。またウェブサイト www.victrex.com から入手可能です。

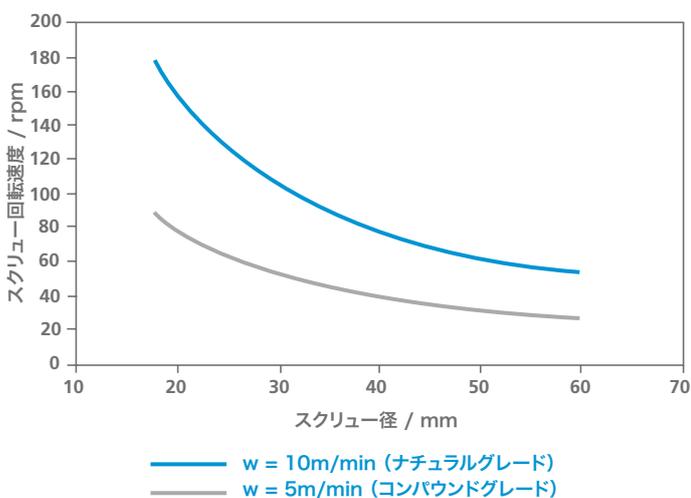
図5:ビクトレックス製品ナチュラルグレードを成形する際の代表的な温度設定



スクリーウ回転速度

ビクトレックス製品は優れた熱安定性を持つため、ポリマーを劣化させずに広範囲のスクリーウ回転速度に対応します。ナチュラルグレードを成形する際のスクリーウ先端速度は 5m/min から 10m/min の間で設定して下さい。スクリーウ径と回転速度の相関 (rpm) を図 6 に示します。スクリーウを高速で回転させた場合、剪断効果により繊維が切断され成形品の機械特性を損なう可能性があるため、コンパウンドグレードを成形する際のスクリーウ先端速度は 5m/min を推奨します。

図6:スクリーウ回転速度とスクリーウ径の相関 (m/min およびrpm)



材料物性と成形条件は成形収縮に大きく影響します

背圧

成形品のバラツキを無くし、均一な溶融物を得るには、20～50bar (2～5MPa) の背圧が適しています。繊維強化コンパウンドグレードについては、繊維の断裂を抑えるため背圧を低めに設定して下さい。

射出圧

射出圧力はシステムに依存し、これはシミュレーションソフトウェアによって試算できます。設計、溶融物の温度、射出速度および金型温度により、射出圧は最大 2000bar (200MPa) に達します。設定温度の上昇 (ゲート休止時間の増加)、射出速度の減少や樹脂流入路 (スプルー、ランナー、ゲート) の増加によって、圧力の調整が可能な場合もあります。

保圧

通常、保圧は射出圧より低く設定し、ヒケやポイドの発生を防ぐためゲート休止時間中も維持します。

収縮

熱可塑性樹脂は金型内で冷却する間に収縮し、ビクトレックス製品の収縮は熱的収縮と冷却溶融物の結晶化によるものです。成形品の収縮は成形条件に大きく影響を受けるため、材料物性よりも技術的な問題と言えます。射出圧および保圧を高めて保持時間を長くすることで収縮を低減できますが、バレルや金型の温度が高いと成形品の収縮は増加します。また成形品の形状や寸法、流動性 (ゲート) も収縮率に影響を与えます。

推奨成形条件でファンゲートを用いて成形した 2mm および 6mm 厚成形品の収縮率を表 2 に示します。高アスペクト比の強化フィラーを充填することで収縮は抑えられますが、異方性挙動が大幅に増加します。金型製作の際は、金属の安全な取り扱いに十分注意して下さい。

表2:推奨成形条件でファンゲートを用いて成形した場合の代表的な収縮率

グレード	2mm 厚での収縮率		6mm 厚での収縮率	
	流動方向 (%)	垂直方向 (%)	流動方向 (%)	垂直方向 (%)
ナチュラルグレード	1.0	1.3	1.7	1.8
GL30強化グレード	0.3	0.9	0.5	0.9
CA30強化グレード	0.0	0.6	0.1	0.6
FC30摺動グレード	0.2	0.6	0.4	0.7

寸法公差

標準的な成形条件における代表的な公差はおよそ 0.05% です。寸法公差は成形品や金型の設計、加工条件などの様々な要因によって異なります。十分なサイズで設計されたファンゲートを用いて成形した 2mm および 6mm 厚成形品の公差を図 3 に示します。

表3:ピクトレックス製品の寸法公差

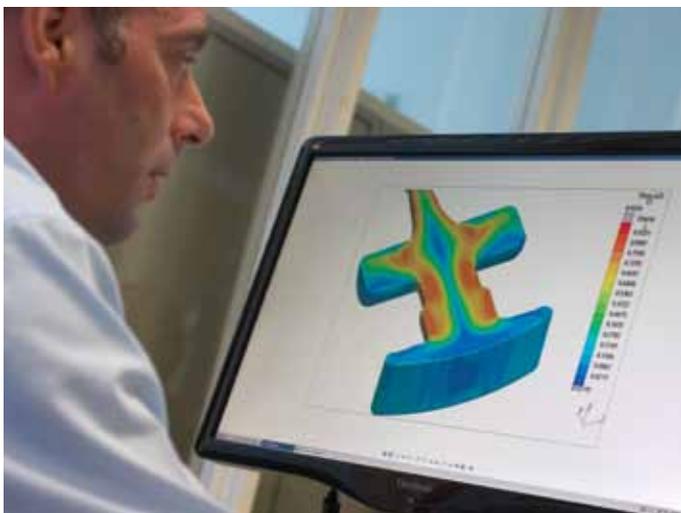
グレード	2mm 厚での寸法公差		6mm 厚での寸法公差	
	流動方向 (%)	垂直方向 (%)	流動方向 (%)	垂直方向 (%)
ナチュラルグレード	0.02	0.03	0.05	0.07
GL30強化グレード	0.02	0.02	0.07	0.08
CA30強化グレード	0.02	0.04	0.05	0.09
FC30摺動グレード	0.02	0.03	0.04	0.04

金属インサート

インサート成形に冷えた金属部品を用いると接触面の結晶化が損なわれますので、金属部品は金型温度に予熱処理して下さい。予熱処理によってウエルドライン強度の向上や収縮率の差によるクラック発生の低減に加え、標準レベルの結晶化度を得ることができます。

冷却時間/サイクルタイム

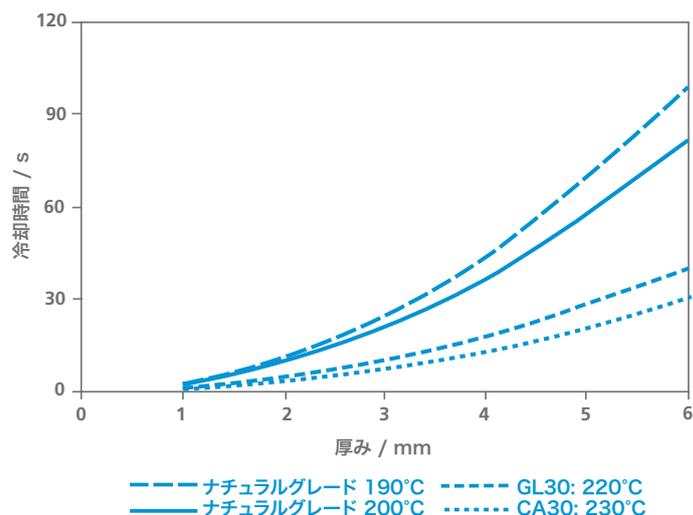
多くの場合、ピクトレックス製品は厳密な公差が求められる製品や構造用部品として使用されています。このため成形品にはヒケやボイドが無く寸法が安定していることが重要です。このため成形品の品質がサイクルタイムよりも優先課題であり、品質は冷却時間に大きく影響されます。



プロセス・シミュレーションによりゲート配置を最適化

冷却時間と成形品の肉厚の関係を図 7 に示します。冷却時間は金型設計に加え、成形機の設定や材料物性により異なります。またエジェクタピンの数、サイズや位置を見直すなど突き出しシステムを改良することで、ナチュラルグレードの冷却時間を約 15% 短縮し、図 7 に示したよりも 10°C 高い温度で取出すことができます。

図7:成形品の肉厚に対する冷却時間(金型温度 180°C)



加工シミュレーション

金型製作の際は事前に数値計算によるプロセス・シミュレーションを実施して下さい。このシミュレーションはゲート位置の決定に利用し、成形品の充填圧力が成形機の性能範囲内にあるか、溶融物の流動は均一かを検証すると共に、接合ラインの最小化や適切なベント位置の決定に役立ちます。またプロセス・シミュレーションは成形工程や成形品性能に関する問題解決にも非常に有用です。

様々な成形技術

ビクトレックス製品は結晶性の熱可塑性樹脂で、一般的な成形技術で加工できます。ガスアシスト射出成形、フォーミング、ブロー成形、マイクロ射出成形、そして金型表面に IH ユニットを利用した射出成形など数多くの成形技術が PEEK ポリマーを用いて検証されています。詳細についてはビクトレックスジャパンまでお問い合わせ下さい。



射出成形によって厳密な公差が求められる部品を製造

技術サポート

ビクトレックス社はポリアリルエーテルケトン製品に特化し、高い品質、充実した技術サポート、安定した供給など、皆様のあらゆるご要望にお応えします。競争の激しい今日の市場環境において、ビクトレックス社は高度な技術を持つサプライヤーと協力し、市場での成功に欠かせない綿密で迅速な技術サービスを提供致します。

ビクトレックス製品の詳細および技術サポートについてはビクトレックスジャパンにお問合せ頂くか、当社ウェブサイトをご参照下さい。 www.victrex.com

成形不良と対策

これまでの実績から、多くの一般的な成形不良は不十分な金型温度、成形品のサイズに対して小さく設計されたゲート、不十分なパージによるコンタミが原因で発生しています。一般的な成形不良について、考えられる原因と対策を以下に示します。

成形品のエッジ部分が黒褐色および透明、もしくは全体が褐色(ナチュラルグレードで発生)：

考えられる原因	対策
金型温度が低い (非結晶部分)	金型温度を上げる 成形品にムラが出る場合： キャビティ内に温度ムラが無い確認
熱劣化	バレルの温度を下げる

黒点異物(ナチュラルグレードのみ目視可能)：

考えられる原因	対策
クロスコンタミ	ペレットの取扱および乾燥時に使用する備品は完全に清掃されたものを使用 粉砕機を使用する際は清掃されたものを使用
ピクトレックス製品を成形する前の不十分なパージ	当社が推奨する方法により完全にパージを行う スクリーを取り出し、ブラシを使ってスクリーとバレルを清掃する 溶融物流動部分にデッドスポットや表面損傷が無い確認
バレルおよびノズルの温度が高い	バレルおよびノズルの温度を下げる
滞留時間が長すぎる	部品サイズと射出容量を適合させる

ショートショット：

考えられる原因	対策
射出材料不足	ショット量を増やす
不適切な溶融物流動	射出圧を上げる バレル温度を上げる 金型温度を上げる 射出速度を上げる ゲート、スプルーおよびランナーを大きくする

ショートショット：(続き)

考えられる原因	対策
不適切な設計	ゲート、スプルーおよびランナーを大きくする ゲート位置を変更する
ベントが塞がっている、もしくは存在しない	ベントを増やす
不適切な材料選定	溶融粘度の低いグレードを選ぶ
バレル側での材料漏れ	スクリー、バレルおよび逆流防止リングに摩耗が無い確認

脆い成形品：

考えられる原因	対策
バレルの過熱	バレル温度を下げる サイクル時間を短縮する スクリー回転速度を下げる
残留応力	バレル温度を上げる 射出圧を下げる サイクル時間を延ばす 金型温度を上げる ゲート、スプルーおよびランナーを大きくする バレル温度を上げる
ウエルドライン	射出速度を上げる 金型温度を上げる ゲートの設計や位置を変更する ベントを改良する
ジェットイング	射出速度を下げる ゲートの位置とタイプを変更する

コールドスラグの発生：

考えられる原因	対策
ノズル内の材料凝固	コールドスラグウエルを追加する ノズルヒーターが完全にノズルを覆っている確認 デコンプレッションを使う スプルーブレイクを使う

ポイドと表面ヒケ：

考えられる原因	対策
金型内で保持する時間 もしくは圧力の不足	射出圧を上げる 保持時間/保圧を増やす バレル温度を下げる
不適切な金型設計	ゲート、スプルーおよびランナーを大きくする

外観不良:

考えられる原因	対策
フローマーク: 材料の過熱	バレルとノズル温度を下げる 滞留時間を短縮する 射出速度を下げる スクリュウ回転速度を下げる
湿った材料	材料を乾燥する
バレル内のデッドスポット	バレルとノズルを流線化する スクリュウ、バレルおよびノズルを 清掃する 損傷、点蝕などを確認する
転写不良(強化グレード):	
不十分な射出速度	射出速度を上げる バレル温度を上げる
金型温度が低過ぎる	金型温度を上げる
溶融物の過剰剪断	スクリュウ回転速度を下げる

焼け:

考えられる原因	対策
キャビティ内のエアトラップ	射出圧を下げる 射出速度を下げる ベントがブロックされていないか 確認する ベントを改良する ゲートの位置、大きさ、タイプを 変更する

バリと型開き:

考えられる原因	対策
不適当な型締め力	射出圧を下げる 射出速度を下げる バレル温度を下げる (粘度と圧力を上げる調整が必要) 金型温度を下げる 速度設定を下げる 型締め力を上げる
不正確な合わせ、 もしくは金型の曲がり	合わせ面を再研磨および再調整する 重いバックプレートを設置する プレート間に異物が無いか確認する
不十分なサポートピラー	サポートピラーを追加する

ソリや変形:

考えられる原因	対策
金型内の温度差	金型両面の温度が同一になるよう 温度を調節する
セクションの非対称	キャビティ、ランナーおよびゲートの 再設計を検討する 金型両面の温度差を是正
突き出しが早い	冷却治具を使用する 冷却時間を延ばす 金型温度を下げる
材料中の繊維配向	ゲート位置を変更する 射出速度を下げる
不十分な剛性	部品設計を変更する (リブの追加など) 成形品の肉厚を増やす 繊維強化グレードの使用を検討する 突き出しシステムを改良する (ピンの追加/大型化)

過度の収縮:

考えられる原因	対策
成形条件	金型温度を下げる 射出圧を上げる 保持時間/保圧を増やす
狭すぎるゲート	ゲート寸法を大きくする

離型不良:

考えられる原因	対策
成形品の不十分な剛性	冷却時間を延ばす 金型温度を下げる
不十分な抜け勾配	抜け勾配を増やす
不適切な突き出しシステム	数の増加や大型化によって突き出し ピンの断面積を増やす
不適切な金型表面仕上げ	突き出し方向へ一方向に磨く 表面積の大きい部品は金型との真空 密着を防ぐためベントが必要な場合が ある

Victrex Polymer Solutions, a division of Victrex plc, is the world's leading manufacturer of Polyaryletherketone high performance polymers, which are sold under the brand names VICTREX® PEEK polymer, VICTREX® HT™ polymer, VICTREX® ST™ polymer, VICOTE® Coatings, APTIV® films, and VICTREX Pipes™. With production facilities in the UK backed by sales and distribution centres serving more than 30 countries worldwide, our global market development, sales, and technical support services work hand-in-hand with OEMs, designers and processors offering assistance in the areas of processing, design and application development to help them achieve new levels of cost savings, quality, and performance.

World Headquarters

Victrex plc
Hillhouse International
Thornton Cleveleys
Lancashire FY5 4QD
United Kingdom
Tel: +44 (0)1253 897700
Fax: +44 (0)1253 897701
Email: victrexplc@victrex.com

Americas

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

Europe

Victrex Europa GmbH
Langgasse 16
65719 Hofheim/Ts.
Germany
Tel: +49 (0)6192 96490
Fax: +49 (0)6192 964948
Email: eurossales@victrex.com

Japan

Victrex Japan Inc.
(ビクトレックスジャパン株式会社)
ジャパン・テクノロジー・センター
東京都港区三田1-4-28
三田国際ビル アネックス
108-0073
Tel: 03 5427 4650
Fax: 03 5427 4651
Email: japansales@victrex.com

Asia Pacific

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

VICTREX PLC BELIEVES THAT THE INFORMATION CONTAINED IN THIS BROCHURE IS AN ACCURATE DESCRIPTION OF THE TYPICAL CHARACTERISTICS AND/OR USES OF THE PRODUCT OR PRODUCTS, BUT IT IS THE CUSTOMER'S RESPONSIBILITY TO THOROUGHLY TEST THE PRODUCT IN EACH SPECIFIC APPLICATION TO DETERMINE ITS PERFORMANCE, EFFICACY AND SAFETY FOR EACH END-USE PRODUCT, DEVICE OR OTHER APPLICATION. SUGGESTIONS OF USES SHOULD NOT BE TAKEN AS INDUCEMENTS TO INFRINGE ANY PARTICULAR PATENT. THE INFORMATION AND DATA CONTAINED HEREIN ARE BASED ON INFORMATION WE BELIEVE RELIABLE. MENTION OF A PRODUCT IN THIS DOCUMENTATION IS NOT A GUARANTEE OF AVAILABILITY. VICTREX PLC RESERVES THE RIGHT TO MODIFY PRODUCTS, SPECIFICATIONS AND/OR PACKAGING AS PART OF A CONTINUOUS PROGRAM OF PRODUCT DEVELOPMENT. VICTREX® IS A REGISTERED TRADEMARK OF VICTREX MANUFACTURING LIMITED. VICTREX PIPEST™ IS A TRADEMARK OF VICTREX MANUFACTURING LIMITED. PEEK-ESD™, HT™, ST™ AND WGT™ ARE TRADEMARKS OF VICTREX PLC. VICOTE® AND APTIV® ARE REGISTERED TRADEMARKS OF VICTREX PLC.

VICTREX PLC MAKES NO WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, A WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR OF INTELLECTUAL PROPERTY NON-INFRINGEMENT, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO PATENT NON-INFRINGEMENT, WHICH ARE EXPRESSLY DISCLAIMED, WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, IN FACT OR BY LAW. FURTHER, VICTREX PLC MAKES NO WARRANTY TO YOUR CUSTOMERS OR AGENTS, AND HAS NOT AUTHORIZED ANYONE TO MAKE ANY REPRESENTATION OR WARRANTY OTHER THAN AS PROVIDED ABOVE. VICTREX PLC SHALL IN NO EVENT BE LIABLE FOR ANY GENERAL, INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, INCIDENTAL OR SIMILAR DAMAGES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR HARM TO BUSINESS, LOST PROFITS OR LOST SAVINGS, EVEN IF VICTREX HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES, REGARDLESS OF THE FORM OF ACTION.

