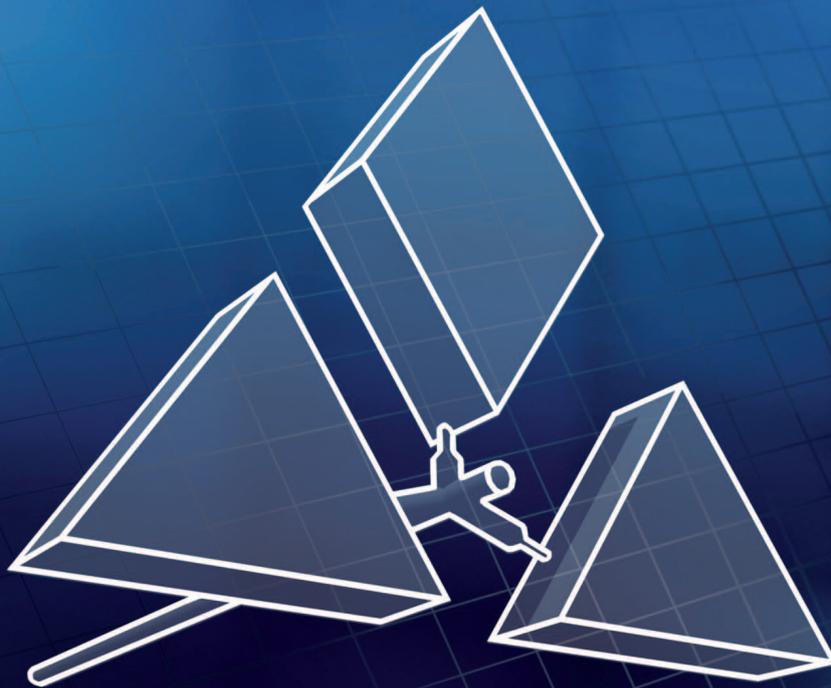


# SPRITZGIESS- VERARBEITUNG



victrex®

PASSION • INNOVATION • PERFORMANCE

## INHALT

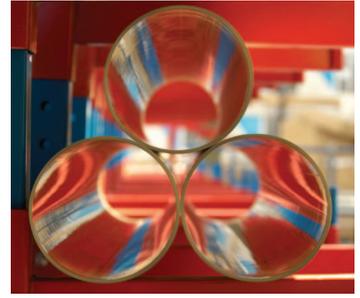
Einleitung	2
Allgemeine Prozess Vorbereitung	2
Handhabung	2
Trocknen	2
Regrenulat	3
Thermische Stabilität	3
Schmelzviskosität und Verarbeitbarkeit	3
Maschinen Reinigung	4
Auslegung der Spritzgießmaschine	5
Materialauswahl für die Maschinenkomponenten	5
Zylinderheizung	5
Zylinderkapazität	5
Düsen und Verschlusssysteme	6
Schließkraft	6
Schnecken auslegung	6
Werkzeugauslegung	7
Materialauswahl für das Werkzeug	7
Entlüftung	7
Werkzeugtemperierung	7
Angussauslegung	8
Anschnittgestaltung	8
Heißkanalsysteme	8
Maschineneinstellungen	8
Temperatureinstellungen	8
Schnecken drehzahl	9
Staudruck	9
Einspritzdruck	9
Nachdruck	9
Schwindung	9
Toleranzen	10
Metalleinleger	10
Kühl- und Zykluszeiten	10
Prozesssimulation	10
Besondere Spritzgießverfahren	11
Fehlersuche	12

In unserer wettbewerbsorientierten Zeit erwartet man von einem fortschrittlichen Materialzulieferer mehr als einfach nur Material. Um das Potenzial eines Hochleistungspolymers voll ausschöpfen zu können, muss die Entwicklung einer Komponente Hand in Hand gehen mit der Materialauswahl und mit einer optimierten Verarbeitung. Das ist der Schlüssel zur Maximierung des Nutzwertes einer Anwendung und zur Erzielung von hohen Produktionsleistungen bei möglichst niedrigen Kosten für die Komponente. Wenn das Design feststeht und die Materialauswahl getroffen ist, ist die Prozessoptimierung der entscheidende Faktor um die Produktqualität zu erhöhen und das Fertigungsergebnis zu verbessern.

30 Jahre Erfahrung verleiht Victrex Polymer Solutions das umfangreiche Wissen, seine Kunden zu unterstützen und so das meiste aus Polyaryletherketon Polymeren (PAEK's) und Produkten herauszuholen. Wir bieten eine Vielzahl von VICTREX® PEEK Produkten, die über überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit in einem weiten Temperaturbereich und unter extremen Bedingungen verfügen. Jedes davon lässt sich einfach mit gängigen Spritzgießmaschinen verarbeiten.

Wir bieten unseren Kunden ein konkurrenzlos technisches Leistungsspektrum; von der Konstruktion eines Bauteils mit Polyaryletherketonen über die Materialauswahl bis hin zur Unterstützung bei der Prozessführung. Ein Teil dieser Leistungen ist diese Broschüre, die wir für Sie als Hilfe zur Optimierung Ihres Spritzgussprozesses zusammengestellt haben. Zusätzlich kann unser weltweiter technischer Support Ihnen bei der Prototypentwicklung, der Anwendungsentwicklung, der Konstruktion und bei Simulationen ebenso wie bei Fragestellungen zum Ersatz von metallischen Bauteilen durch Victrex Produkte Hilfestellung leisten.

Unsere Technologiezentren sind mit Verarbeitungsmaschinen ausgestattet, um Versuchsreihen aus dem gesamten VICTREX Produktspektrum durchzuführen. Hier werden die Verarbeitung geschult und umfangreiche Materialanalysen und Charakterisierungen ermöglicht. Wir bieten auch die Möglichkeit anwendungsspezifische Daten zu generieren, und unsere Quellen sind durch umfangreiche produkt- und anwendungsbasierte Datensätze, die fortlaufend ausgebaut werden, abgesichert. Weiterhin sind wir in eine Anzahl von Forschungsprojekten in Zusammenarbeit mit Industrie und Wissenschaft involviert, um unseren Wissensstand stetig zu erweitern und somit in der Lage sein zu können, mit unseren Kunden zusammen innovative Lösungen zu finden.



HIGH PERFORMANCE POLYMERS

VICTREX® PEEK Polymer, zusammen mit seinen Varianten VICTREX® HT™ und VICTREX® ST™ für noch höhere Temperaturen, gehört zu den leistungsfähigsten thermoplastischen Die Produkte sind erhältlich in Form von schmelzefiltriertem Granulat, feinem Pulver oder Compounds mit funktionellen Füll- und Verstärkungsstoffen. Sie werden in der Konstruktion und Herstellung von Hochleistungsanwendungen verwendet und dienen als Ersatz von Metallen und anderen Werkstoffe. So werden die Leistung der Anwendungen gesteigert, konstruktive Freiheit erzielt, sowie Systemkosten verringert.



VICTREX® PEEK FILM TECHNOLOGY

Victrex APTIV® Folien bieten alle Eigenschaften des VICTREX PEEK Polymers in einem dünnen, flexiblen Format. Die umfangreiche Bandbreite an Eigenschaften zu denen thermische Umformbarkeit und herausragende akustische Eigenschaften zählen, macht diese Produkte zu den leistungsfähigsten und vielseitigsten thermoplastischen Folien auf dem Markt. APTIV Folien sind technologisch wegweisend in Bezug auf Reduktion der Systemkosten und Verbesserung der Produkteigenschaften indem sie hohe konstruktive Freiheit und einfache Verarbeitung bieten.



VICTREX® PEEK COATING TECHNOLOGY

VICOTE® Beschichtungen sind speziell entwickelte umweltfreundliche Hochleistungsbeschichtungen aus VICTREX PEEK Polymeren. Die als Pulver oder wässrige Dispersionen erhältlichen Produkte zeigen hohe Temperaturbeständigkeit, herausragende Kratz- und Abriebfestigkeit genauso wie mechanische Festigkeit und hohe Lebensdauer. Verglichen mit herkömmlichen Beschichtungen sollten Vicote Beschichtungen in Betracht gezogen werden, wenn Eigenschaften verbessert, die Anwendungsdauer erhöht, die Konstruktionsfreiheit vergrößert und Kosten reduziert werden sollen.



VICTREX pipes™ HIGH PERFORMANCE PEEK TECHNOLOGY

VICTREX Pipes™ sind langlebige, dünnwandige Rohre aus VICTREX® PEEK Polymeren. Als exzellente Alternative zu Metallen und technischen Kunststoffen bieten VICTREX Pipes enormes Gewichtseinsparpotenzial bei hoher Leistungsfähigkeit. Ihr einzigartiges Eigenschaftsprofil umfasst hohe Temperaturbeständigkeit, Chemikalien- und Korrosionsbeständigkeit, geringe Permeabilität sowie herausragende Abriebfestigkeit, Ermüdungsbeständigkeit und Kerbschlagzähigkeit.

### Hochtemperatureigenschaften

Ausgezeichnete Temperaturbeständigkeit mit Dauergebrauchstemperaturen von 260 °C kann eine längere Lebensdauer, gestiegene Zuverlässigkeit und größere Sicherheitsfaktoren bieten.

### Mechanische Festigkeit und Formstabilität

Durch die ausgezeichnete Festigkeit, Steifigkeit, Kriech- und Ermüdungseigenschaften von Victrex Polymeren können im Bauteil Gewichtsreduzierung, höhere Lebensdauer oder höhere Festigkeit erreicht werden.

### Verschleißigenschaften

Niedriger Reibungskoeffizient und geringe Verschleißrate im geschmierten oder trockenen System tragen dazu bei, die Lebensdauer eines Bauteils und dessen Unversehrtheit zu gewährleisten.

### Chemikalienbeständigkeit

Dank der Eigenschaft gegen viele Säuren, Laugen, Kohlenwasserstoffe und organische Lösungsmitteln resistent zu sein, sind Victrex Polymere selbst bei hohen Temperaturen korrosionsbeständig.

### Hydrolysebeständigkeit

Bedingt durch geringe Wasseraufnahme und niedrige Permeabilität selbst bei hohen Temperaturen werden Victrex Polymere in Wasser, Wasserdampf oder Salzwasser nicht durch Hydrolyse zersetzt, wodurch sich die Zuverlässigkeit einer Komponente verbessern kann.

### Elektrische Eigenschaften

Die ausgezeichneten elektrischen Eigenschaften bleiben über einen weiten Frequenz- und Temperaturbereich erhalten und erfüllen damit die immer weiter steigenden elektrischen und elektronischen Anforderungen der Technik.

### Geringe Rauchgastoxizität und Rauchgasdichte

Inhärent flammwidrig ohne Zusätze und geringe Toxizität der Verbrennungsgase.

### Reinheit

Bietet äußerst geringes Ausgasen und niedrige Extraktionswerte für reinere Verarbeitung.

### Umweltfreundlich

Komplett recyclebar, halogenfrei, RoHS und REACH-konform.

### Qualitäts- und Liefersicherheit

Die gesamte Herstellung erfolgt nach ISO 9001:2008 sowie nach EU Sicherheits- und Umweltvorschriften. Unsere extreme Sorgfalt - wir führen an jeder Charge unserer Polymere über 50 Tests durch - sichert unseren Kunden eine gleichbleibende Produktqualität.

Als einziges vertikal-integriertes Unternehmen für Lösungskonzepte mit Polyketonen weltweit haben wir die Kontrolle über unsere Schlüsselrohmaterialien - entscheidend für gleichbleibende Qualität unserer Polymere.

Wir folgen dem Grundsatz, der Kundennachfrage voraus zu sein. Deswegen investieren wir in Lagerkapazitäten und gewährleisten unseren Kunden Liefersicherheit. Unsere zwei unabhängig voneinander arbeitenden Polymerisationsanlagen sind in der Lage bis zu 4.250 Tonnen pro Jahr zu produzieren. Ebenso ermöglichen uns ein zentralisiertes Logistiksystem und lokale Distributionszentren schnelle Lieferungen - in der Regel innerhalb von 7 Tagen - in die ganze Welt.

## EINLEITUNG

Victrex Polymere sind lineare, aromatische, teilkristalline Thermoplaste. Sie gehören zu den leistungsfähigsten Kunststoffen, die auf herkömmlichen Thermoplastmaschinen verarbeitet werden können. Alle allgemein gültigen Richtlinien für die Verarbeitung von teilkristallinen Kunststoffen gelten auch für die Spritzgußverarbeitung von Victrex Produkten. Die höheren Schmelzpunkte von Victrex Polymeren stellen verschiedentlich Anforderungen, die im Folgenden kurz aufgelistet sind.

### Auslegung der Temperierung

Um PEEK verarbeiten zu können, muss die Plastifiziereinheit in der Lage sein, in einem Temperaturbereich von bis zu 400 °C kontrollierbar zu arbeiten, für HT und ST sind Temperaturen von bis zu 430 °C erforderlich. Die Temperatur der Werkzeugoberfläche muss mindestens 170 °C betragen, um Formteile mit normalem Kristallinitätsgrad mit den angestrebten Materialeigenschaften zu erzeugen.

### Feuchtigkeitsgehalt

Victrex Polymere sind nicht hygroskopisch, sie müssen dennoch vor der Verarbeitung getrocknet werden.

### Sauberkeit

Verunreinigungen sind zu vermeiden, da sie die Materialqualität mindern – Maschinenelemente, die in den Prozess des Entnehmens und Trocknens des Granulats verwendet werden, sollten ausschließlich für Victrex Materialien eingesetzt werden.

### Anschnitt- und Verteilersysteme

Im Vergleich zu anderen technischen Kunststoffen und Hochleistungspolymeren sind diese größer auszulegen.

Dies ist lediglich eine Zusammenfassung dessen, was wir auf den folgenden Seiten ausführlich darlegen. Auf Bauteilkonstruktion kann in dieser Broschüre nicht eingegangen werden. Generell läßt sich jedoch festhalten, dass für die Verarbeitung von Victrex Polymeren die gleichen allgemeinen Richtlinien wie für Standardpolymere gelten. Wir beraten Sie gerne persönlich und spezifisch. Hierzu steht Ihnen unsere Experten der Technik zur Verfügung. Bitte kontaktieren Sie bei Fragen hierzu Ihren Victrex Ansprechpartner vor Ort.

## ALLGEMEINE PROZESS VORBEREITUNG

### HANDHABUNG

Victrex Produkte werden in versiegelten Polyethylensäcken in strapazierfähigen Kartons oder lose in Octaboxen auf Paletten geliefert. Wir empfehlen das Material während des Transports und der Lagerung in der versiegelten Originalverpackung zu belassen. Zur Entnahme von Material sollten die Behälter in einer sauberen Umgebung geöffnet werden und es ist darauf zu achten, Verunreinigungen zu vermeiden. Nach der Materialentnahme sollten die Behälter sofort wieder geschlossen werden und unter Standardbedingungen gelagert werden. Standardbedingungen bedeuten in diesem Fall: verschlossene Behälter, trockene Lagerumgebung, keine direkte Sonneneinstrahlung und Raumtemperatur. Unter diesen Bedingungen können Victrex Produkte über zehn Jahre gelagert werden.

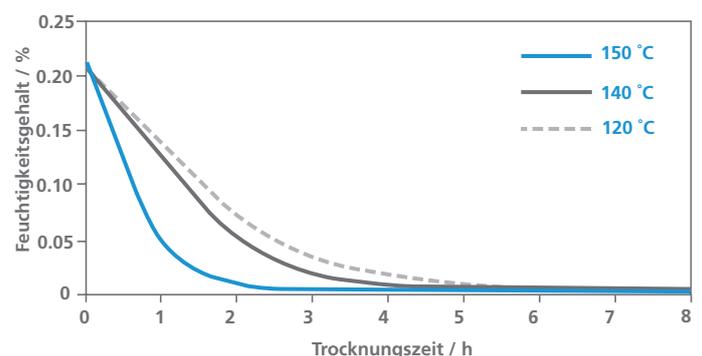
### TROCKNEN

Victrex Produkte werden in der Originalverpackung nominell trocken geliefert; sie können jedoch Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen. Um optimale Verarbeitung und Eigenschaften zu erreichen, sollte das Material bis zu einem Restfeuchtegehalt von weniger als 0,02 Prozent getrocknet werden.

Victrex Materialien können in normalen Umluftöfen getrocknet werden; nach zwei bis drei Stunden bei Temperaturen zwischen 150 °C und 160 °C ist der gewünschte Trocknungsgrad erreicht. Dabei ist auf eine gleichmäßige Verteilung der Pellets auf den Ofeneinsätzen von nicht mehr als 25 mm Schichtdicke zu achten. Wie in Abbildung 1 dargestellt kann der Trocknungsprozess durch den Einsatz von Vakuumöfen oder Adsorptionstrocknern beschleunigt werden. Die Adsorptionstrockner sollten einen Taupunkt bzw. Sättigungspunkt von -40 °C aufweisen.

Um eine Verunreinigung durch andere Materialien zu vermeiden, erweist es sich als qualitätssichernd, Gerätschaften ausschließlich in Kontakt mit Victrex Materialien zu verwenden. Sollte dies nicht möglich sein oder werden verschiedene Materialien zur gleichen Zeit in einem Ofen getrocknet, sollten Geräteelemente, die mit den verschiedenen Materialien in Kontakt kommen, vor einem Materialwechsel sorgfältig gereinigt und eine Trennung der Materialien im Trocknungsprozess sichergestellt werden.

**Abbildung 1: Trocknung von Victrex PEEK 450G in einem Adsorptionstrockner (Taupunkt -40 °C) bei verschiedenen Temperaturen**



## REGRANULAT

Bei thermoplastischen Materialien ist es üblich, den höchsten Nutzen aus dem Material zu erwirtschaften. Dies bedeutet ausnahmslos Angüsse, Verteiler und Ausschussteile einzumahlen und wieder zu verarbeiten. Auch Victrex Polymere sind aufgrund ihrer ausgezeichneten thermischen Stabilität geeignet, auf diese Weise wiederaufbereitet zu werden, wenn sie unter den empfohlenen Prozessbedingungen verarbeitet wurden. Bei den ungefüllten Typen ist es daher möglich, eingemahlene Material in den Verarbeitungsprozess zurückzuführen, ohne dass negative Effekte der thermischen Degradation auftreten. Bei den fasergefüllten Produkten führt die Regranulierung zu kürzeren Fasern, woraus sich eine nachteilige Wirkung auf die mechanischen Eigenschaften ergeben kann. Als generelle Richtlinie für Beimischungen von Mahlgut gilt den maximalen Regranulatanteil bei ungefüllten Polymeren auf 30 Gewichtsprozent und bei gefüllten Compounds auf 10 Gewichtsprozent zu beschränken; es wird jedoch empfohlen, eine etwaige Zugabe durch den Endkunden validieren zu lassen. Weiterhin sollte beachtet werden, dass durch eine Regranulierung Fremdmaterial und Verunreinigungen wie Verschleiß der Granuliermühlen oder andere Polymere eingebracht werden könnten. Aufgrund der hohen Temperaturen bei denen Victrex Materialien verarbeiten werden, führen Verunreinigungen zu schwarzen Stippen (Black Specks) im Bauteil, die einen signifikanten Einfluss auf die Qualität der produzierten Teile haben können. Daher ist der Einsatz von separaten Geräten zur Regranulierung von Victrex Materialien dringend zu empfehlen.

## THERMISCHE STABILITÄT

Die thermische Stabilität der Victrex Materialien ist abhängig von dem jeweils verwendeten Polymer und dessen Zusammensetzung. Der Schmelzpunkt und die thermische Stabilität und demzufolge auch die Verarbeitungstemperaturen nehmen von PEEK zu HT zu ST zu. Eine weitere Verminderung weisen glasfasergefüllte Materialien auf.

Obwohl es besser ist, Polymere während der Verarbeitung nicht über längere Zeiten hohen Temperaturen auszusetzen, kann es Situationen geben, in denen dies unvermeidlich ist. Hier gilt grundsätzlich

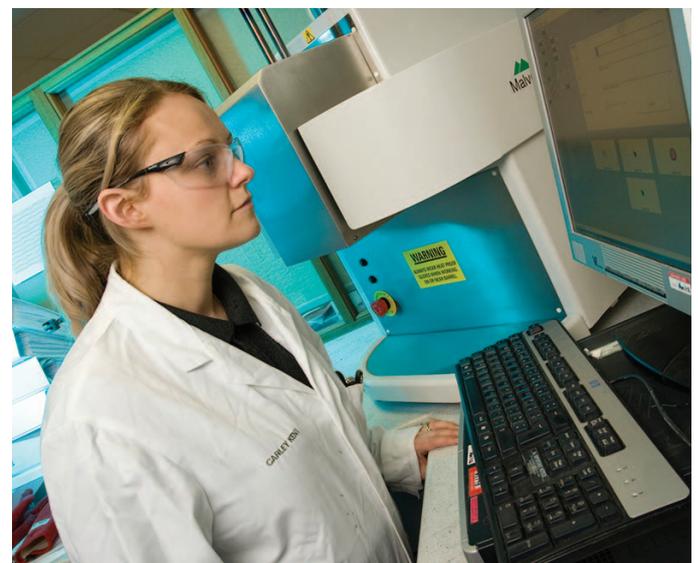
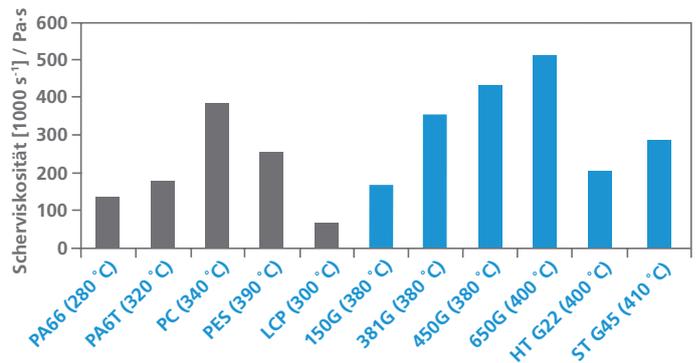
- Bei kurzem Maschinenstillstand während der Verarbeitung, kann das Material oberhalb des Schmelzpunktes jedoch bei gesenkten Temperaturen verbleiben, ohne dass es zu maßgeblicher Degradation kommt. Für PEEK und HT bedeutet das ungefähr eine Stunde bei 360 °C bzw. 30 Minuten bei 380 °C. Wenn glasfasergefüllte Materialien verarbeitet werden, sollte die Verweildauer halb so lang sein. Beim Spritzgießen von ST sollten Stillstandzeiten nicht mehr als fünf bis zehn Minuten betragen. Das gilt ganz besonders für das glasfasergefüllte ST 45GL30.
- Bei Standzeiten von ein bis zwei Stunden sollte die Temperatur bis knapp unter den Schmelzpunkt des Materials gesenkt werden: bei PEEK auf 340 °C und bei HT auf 370 °C. ST Polymere sollten grundsätzlich nicht länger im Zylinder verbleiben.
- Bei noch längeren Verzögerungen ist der Zylinder komplett zu entleeren und zu reinigen.

Nach jeder Prozessunterbrechung sollte die Zylinder-temperatur wieder auf die empfohlenen Temperaturen hochgefahren werden. Der Zylinder ist mit neuem Material zu spülen, bis die Schmelze einwandfrei ist. Wir empfehlen, die Formteile der ersten Schüsse zu verwerfen. Weitere produktspezifische Empfehlungen sind auf unseren Datenblättern zu finden, die Sie von Ihrem Victrex Ansprechpartner vor Ort oder online erhalten können.

## SCHMELZVISKOSITÄT UND VERARBEITBARKEIT

Wie bei den meisten thermoplastischen Polymeren ist die Viskosität der Schmelze von Victrex Materialien temperaturabhängig und zeigt strukturviskoses Verhalten. In dem Vergleichsdiagramm in Abbildung 2 sind die Schmelzviskositäten für Victrex Produkte und eine Auswahl von anderen technischen Kunststoffen bei einer Scherrate von 1000 s<sup>-1</sup> zu sehen. Obwohl Victrex Produkte mit die höchsten Verarbeitungstemperaturen aufweisen, liegt ihre Schmelzviskosität im Bereich von Polycarbonat. Für den Spritzguss von dünnwandigen Teilen bietet Victrex aber auch eine Reihe von leichtfließenden Typen an, deren Viskosität ähnlich der von Polyamiden ist.

**Abbildung 2: Scherviskosität einer Auswahl von Thermoplasten bei einer Scherrate von 1000 s<sup>-1</sup> und typischen Verarbeitungstemperaturen**



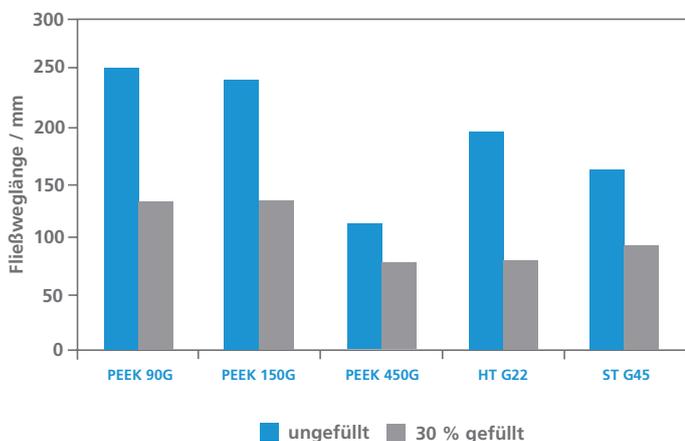
Unsere Messinstrumente zur Bestimmung der Scherviskosität entsprechen dem neuesten Stand der Technik.



Durch eine genaue Prozesskontrolle werden qualitativ hochwertige Formteile erreicht.

Polymere auf Basis von PEEK 450 verfügen über eine höhere Viskosität als jene auf Basis von PEEK 150 und PEEK 90. Das Mischen von Victrex Polymeren mit Glas- oder Kohlenstofffasern führt zu einer höheren Viskosität in Abhängigkeit von Faserart und -gehalt. Die Ergebnisse aus Tests mit einer 1 mm mit ungefüllten Polymeren und 30 Prozent gefüllten Compounds sind in Abbildung 3 zusammengefasst.

**Abbildung 3: Fließweglänge in einer Fließspirale für eine Reihe von Victrex Produkten bei empfohlenen Verarbeitungsbedingung (Querschnitt 1 mm x 6 mm)**



## MASCHINEN REINIGUNG

Idealerweise sollten Victrex Produkte und Compounds nur auf rückstandslos gereinigten Anlagen verarbeitet werden. Bei Spritzgussmaschinen bedeutet das, die Schnecke für eine mechanische Reinigung auszubauen. Sollte das Ziehen der Schnecke jedoch nicht möglich sein, ist das Spülen mit einem Reinigungsmittel unerlässlich. Hierfür geeignete Mittel müssen bis 380 °C stabil sein (mit entsprechender Sorgfalt angewandt könnte dies z.B. PES und PEI sein). Alternativ dazu sind im Handel Reinigungsgranulate erhältlich, die speziell für die Verarbeitungstemperaturen von Victrex Polymeren entwickelt wurden.

### Vorgehensweise beim Anfahren der Maschine

Rückstände und Reste anderer Polymere sind aus der Maschine und allen Einheiten zu entfernen, die für die Verarbeitung von Victrex Polymeren eingesetzt werden. Aufgrund der benötigten hohen Verarbeitungstemperatur für Victrex PAEK Polymeren, führen Verunreinigungen in den Verarbeitungseinheiten durch andere Substanzen zu Black Specks und Qualitätsminderung.

- Die zu entfernenden Materialien sind bei deren üblichen Verarbeitungstemperaturen herauszulösen.
- Führen Sie eine gründliche Reinigung durch, bis keine Materialrückstände mehr zu sehen sind.
- Beenden Sie den Materialfluß und entleeren Sie die Schnecke vollständig
- Stellen Sie die Zylinderheizung auf die benötigte Temperatur.
- Sobald die benötigte Verarbeitungstemperatur erreicht ist, füllen Sie die Schnecke mit dem Victrex Material und extrudieren diesen bis die Schmelze sauber fließt.

### Vorgehensweise beim Ausschalten der Maschine

Reste von Victrex Produkten sollten aus der Verarbeitungsmaschine entfernt werden bevor andere Polymere verarbeitet werden. Das gilt auch für Maschinen mit Nitrierbeschichtungen, da es zum Ablösen der Nitrierbeschichtung kommen kann, wenn Victrex Polymere auf dieser erstarren.

- Entleeren Sie Victrex Produkte aus Materialtrichter und Zylinder.
- Führen Sie so lange Reinigungsmittel zu bis keine sichtbaren Spuren des zu entfernenden Materials mehr zu erkennen sind.
- Reduzieren Sie die Zylinderheizzonen auf eine Reinigungstemperatur, die auf das verwendete Reinigungsmaterial abgestimmt ist.
- Führen Sie solange Reinigungsgranulat zu bis die tatsächliche Zylindertemperatur unter 300 °C liegt.
- Beenden Sie die Zugabe von Reinigungsmaterial und warten Sie bis der Zylinder leer gefahren ist.

## AUSLEGUNG DER SPRITZGIESSMASCHINE

Sofern die Heizbänder des Zylinders auf die hohen Verarbeitungstemperaturen von Victrex Polymeren ausgelegt sind, kann man diese mit Standard Spritzgießmaschinen verarbeiten. Beste Ergebnisse erzielt man, durch den Einsatz von keramischen Heizbändern und Isolationsdecken. Für die Fertigung von Komponenten mit engen Toleranzen sind elektrische Einspritzeinheiten zu bevorzugen, da deren Prozess besser kontrollierbar ist als mit herkömmlichen hydraulischen Maschinen.

### MATERIALAUSWAHL FÜR DIE MASCHINENKOMPONENTEN

Der Maschinenverschleiß bei der Verarbeitung von technischen Thermoplasten ist bekannt und kann besonders gravierend sein, wenn fasergefüllte Materialien spritzgegossen werden. Um den Verschleiß zu minimieren, sollten Schnecke, Werkzeug und Zylinder gehärtet sein. Das häufigste Verfahren zur Härtung von Werkzeugstahl ist die Nitrierhärtung. Diese Nitrierbeschichtung besitzt eine Oberflächenhärte, die übermäßigen Verschleiß durch die Schmelze verhindert. Es ist jedoch darauf zu achten, dass Victrex Polymere nicht in Kontakt mit dieser Beschichtung abkühlen und erstarren: die Verbindung zwischen Polymer und der Nitrierbeschichtung ist oft so stark, dass sich die Beschichtung vom Stahlsubstrat ablöst. Folgende Stähle haben sich als Maschinenkomponenten in der Verarbeitung von Victrex Polymeren als geeignet erwiesen

- D2 Kaltarbeitsstahl
- WEXCO 777
- CPM-10V
- CPM-9V
- S32 219 (Edelstahl)

Für gewöhnlich sind korrosionsbeständige und bimetallische Schnecken und Zylinder nicht erforderlich, haben sich jedoch im Betrieb bewährt. Kupfer und Kupferlegierungen sollten vermieden werden, da sie bei den Prozesstemperaturen von Victrex Materialien zur Degradation der Polymere führen können. Die Oberflächen der metallischen Komponenten, die in Kontakt mit der Schmelze kommen, sollten glatt und poliert sein. Ist die Oberflächenrauigkeit dieser Komponenten zu hoch, bleibt die Schmelze verschiedentlich am Metall haften. Dadurch erhöht sich die Verweildauer im Zylinder, was zur thermischen Zersetzung und Bildung von schwarzen Stippen führt und den Schmelzefluss stört.

### ZYLINDERHEIZUNG

Um PEEK und dessen Compounds verarbeiten zu können, müssen die Zylinderheizungen 400 °C erzeugen und halten können; bei der Verarbeitung von HT und ST und deren Compounds sind 430 °C erforderlich. Die meisten Spritzgießmaschinen sind auf diese Temperaturen ausgelegt. Wenn Umbauten erforderlich sind, bedeutet dies in der Regel ein Nachrüsten der Heizbänder und / oder Regler. Die zu bevorzugenden keramischen Heizbänder ermöglichen gleichmäßigere Prozessbedingungen und bessere Schuss-zu-Schuss Reproduzierbarkeit im Vergleich zu Mica Heizbändern. Zudem empfiehlt sich der Einsatz von Isolationsdecken, da sie sich vorteilhaft auf die Verarbeitung auswirken und eine Kostenersparnis ermöglichen.

Durch die Wärmeleitung entlang von Schnecke und Zylinder zum Einfülltrichter können Dosierung und Materialeinzug beeinträchtigt werden. Um eine ausreichende Beschickung über den Materialtrichter zu gewährleisten, sollte die Temperatur am Einfüllstutzen zwischen 70 °C und 100 °C gehalten werden. Dies kann durch eine Wasserkühlung geschehen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Temperaturen in den rückwärtigen Zonen des Zylinders nicht beeinflusst werden.

### ZYLINDERKAPAZITÄT

Generell gilt bei der Verarbeitung von Polymeren, dass die Verweildauer der Schmelze im Zylinder so kurz wie möglich sein sollte. Damit sollte die Zylinderkapazität im Idealfall zwischen dem 2- und 5-fachen des gesamten Schussgewichtes liegen, einschließlich Anguss und Verteiler. Sollte es unumgänglich sein Victrex Produkte mit einer Maschine zu verarbeiten, die ein größeres Zylindervolumen hat, können die Verarbeitungstemperaturen um 10 bis 20 °C unter die empfohlenen Werte gesenkt werden (siehe Abschnitt ‚Fehlersuche‘). Bei der Verarbeitung von HT und ST muss darauf geachtet werden, dass diese Polymere dann leichter in der Düse einfrieren.



Die Größe der Spritzgießmaschine sollte auf das Formteil angepasst sein, das produziert werden soll.

## DÜSEN UND VERSCHLUSSYSTEME

Während eines normalen Spritzgußzykluses ist zumeist die Düse in direktem Kontakt mit der Werkzeugangussbuchse, die eine deutlich niedrigere Temperatur aufweist als Schmelze und Düse selbst. Victrex Polymere haben einen scharfen Erstarrungspunkt  $T_c$  und verfestigen sich daher schnell, wenn die Temperatur der Schmelze unter  $T_c$  fällt. Um zu verhindern, dass die Düse einfriert und sich kalte Pfropfen bilden, ist an der Düse ein leistungsfähiges Heizelement zu montieren, das den Großteil der Düse abdeckt. Der Einsatz von verlängerten Düsen für die Verarbeitung von Victrex Polymeren ist generell nicht ratsam, da es bei diesen tendenziell leichter zum Einfrieren der Schmelze in der Düse und / oder zu Degradation kommen kann.

Da die Viskosität der Schmelze von Victrex Polymeren bei den empfohlenen Verarbeitungstemperaturen üblicherweise hoch genug ist, kann mit offenen Düsensystemen gearbeitet werden. Verschlussdüsen sind nicht empfehlenswert, da sie häufig „tote Bereiche“ aufweisen und den Einspritzdruck einschränken. Sollte es dennoch zu übermäßigem Materialaustritt aus der Düse kommen, kann eine geringe Dekompressionsentlastung eingesetzt werden, wobei dann eine entsprechende Entlüftung der Kavität benötigt wird.

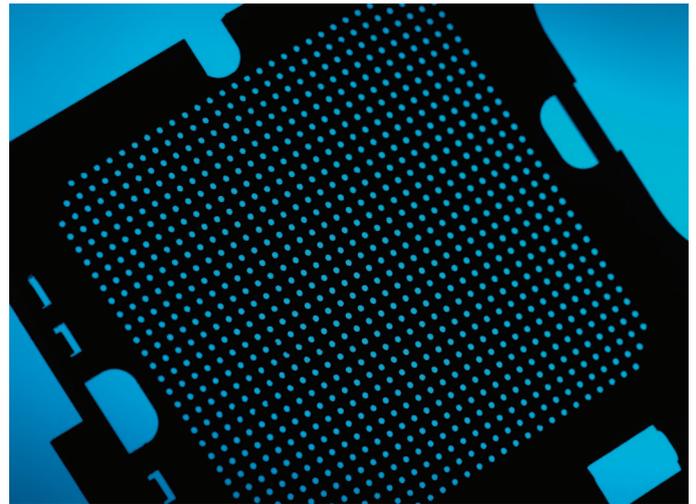
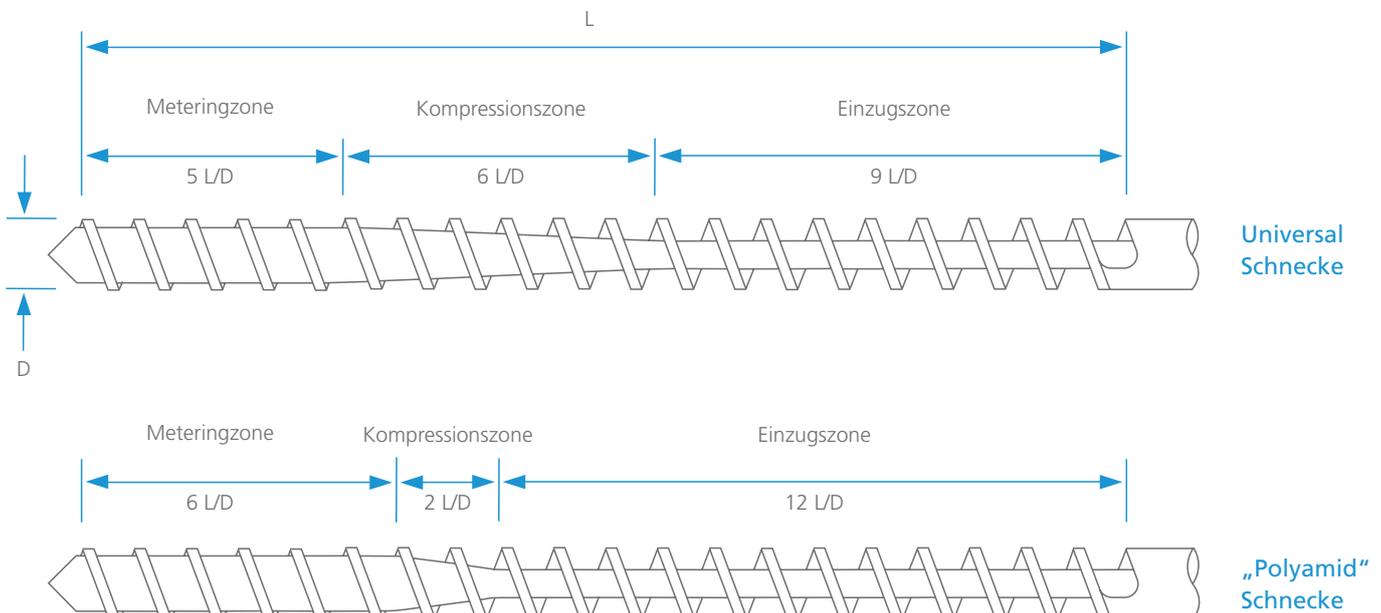
## SCHLISSKRAFT

Die Größe der projizierten Fläche des Formteils und der Verteiler bestimmt die erforderliche Schließkraft, um ein Öffnen des Werkzeugs bei maximalem Einspritzdruck zu verhindern. Bei kleinen Bauteilen mit komplexem Design können Einspritzdrücke 2.000 bar übersteigen. Das gilt insbesondere bei faserverstärkten Compounds.

## SCHNECKENAUSLEGUNG

Für die Verarbeitung von Victrex Polymeren eignen sich die meisten Universal- und „Polyamid“-Schnecken. Abbildung 4 zeigt Schnecken mit entsprechendem Länge-Durchmesser-Verhältnis.

Abbildung 4: Empfohlene Schneckentypen



Mit Victrex Polymeren können flache Bauteile mit komplexen Geometrien trotz der teilkristallinen Struktur und der hohen Verarbeitungstemperaturen gefertigt werden.

Als Minimum wird ein Längen zu Durchmesser Verhältnis  $L/D$  von 16:1 empfohlen. Besser ist ein  $L/D$  Verhältnis zwischen 18:1 und 24:1. Um die Verdichtung von nicht geschmolzenem Granulat in der Kompressionszone zu verhindern, ist eine lange Einzugszone erforderlich. Das Kompressionsverhältnis sollte zwischen 2:1 und 3:1 liegen. Um den Aufbau des vollen Einspritzdrucks sicherzustellen, ist an der Schneckenspitze eine Rückstromsperre anzubringen. Der Abstand zwischen Sperrringen und Schneckenspitze sollte so gewählt werden, dass bei der Vorwärtsbewegung der Schnecke ein uneingeschränkter Materialfluss stattfinden kann. Bei einer mittelgroßen Spritzgießmaschine entspricht dies typischerweise einem Spaltmaß von 3mm von der Schneckenspitze.

## WERKZEUGAUSLEGUNG

Beim Spritzgießen von Victrex Polymeren kann Standardwerkzeugtechnik zum Einsatz kommen. Bei der Konstruktion des Werkzeugs sollten aufgrund der hohen Schmelztemperaturen ( $\approx 400\text{ °C}$ ) und der hohen Werkzeugtemperaturen ( $\approx 200\text{ °C}$ ) jedoch ein paar Kriterien beachtet werden; diese sind im Folgenden aufgelistet.

### MATERIALAUSWAHL FÜR DAS WERKZEUG

Das Werkzeug benötigt generell eine Härte in Bereich von 52-56 HRC. BS BH13 ist ein Warmarbeitsstahl von guter Qualität der häufig für die Verarbeitung von Victrex Polymeren verwendet wird. Dieser verfügt über eine hohe Warmhärte, herausragender Zähigkeit und Duktilität sowie gute maschinelle Bearbeitbarkeit. Außerdem lässt er sich bis auf 54-56 HRC härten. Bei der Produktion von niedrigen bis mittleren Stückzahlen mit glas- oder kohlenstofffaser gefüllten Typen kann das Werkzeug mit Einsätzen für die Anschnitte aus BH13 ausgestattet werden.

Für Werkzeuge mit langen Standzeiten, die für die Verarbeitung von glas- und kohlenstofffaserverstärkten Polymeren eingesetzt werden, können Werkzeugstähle wie BS BD3 oder BD6 mit Härten von 56-60 HRC in Betracht gezogen werden.

Für die Prototypenfertigung und kurze Standzeiten hat sich BP20 für das Werkzeug als sinnvoll erwiesen. Ebenso gebräuchlich ist BP20 für die Aufspannplatte, kombiniert mit BH13 für Kavität und Kern.



Größere Werkzeuge erfordern eine genauere Kontrolle der Temperierung.

Tabelle 1: Einige gebräuchliche Werkzeugstähle

BS	AIISI	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

### ENTLÜFTUNG

Es ist wichtig, das verwendete Werkzeug ausreichend zu entlüften, damit das Formnest gut gefüllt wird und Verbrennungen vermieden werden. Ohne Gratbildung können für das leicht fließende PEEK 90G Lüftungsschlitze mit einer Tiefe von  $8\text{ }\mu\text{m}$  und für Standardprodukte von  $10\text{ bis }15\text{ }\mu\text{m}$  eingearbeitet werden. Ihre Positionierung hängt stark von der Formteilkonstruktion ab. Am einfachsten ist die Positionierung in der Werkzeuggrenzebene oder entlang der Auswerferstifte. Erweist sich die Entlüftung als nicht ausreichend, kann die Größe der Schlitze schrittweise erhöht werden. Eine weitere Möglichkeit stellt das Anbringen eines Überlaufs dar, der nach dem Spritzgießen vom Formteil entfernt werden muss.

### WERKZEUGTEMPERIERUNG

Werkzeuge für die Verarbeitung von Victrex Produkten können sowohl mit elektrischen Heizsystemen als auch mit Öltemperierung ausgestattet werden. Die Verwendung von Druckwasser-Temperiergeräten ist ebenso möglich, jedoch aufgrund der damit verbundenen hohen Drücke und daraus resultierenden Sicherheitsaspekten nicht üblich.

- Elektrische Temperiersysteme sind wirtschaftlich und verhältnismäßig einfach zu integrieren und zu warten. Abhängig von der Heizleistung kann die Aufheizzeit relativ kurz gehalten werden. Häufig sind Wärmestaus zu beobachten. Diese Art der Temperierung eignet sich am besten für kleine Bauteile.
- Öltemperierungen sind schwieriger auszulegen und einzubauen. Ihr eindeutiger Vorteil ist die Fähigkeit dem Werkzeug Wärme zu entziehen, was bei größeren Schussgewichten und Werkzeugen mit großem Kern nötig sein kann.
- Eine Kombination der beiden Temperiersysteme sollte in Betracht gezogen werden, wenn schnelles Aufheizen zusammen mit kontrollierbarer und gleichbleibender Temperaturverteilung über den Verarbeitungszeitraum erreicht werden soll.

Der Einbau von Dämmplatten zwischen Werkzeug und Aufspannplatte ist dringend anzuraten. Es ist allgemein üblich, das Werkzeug thermisch zu isolieren, sowohl für eine homogene Temperaturverteilung als auch aus wirtschaftlichen Gründen. Bei einer Öltemperierung ist es empfehlenswert, Hydraulikschläuche mit großem Durchmesser zu verwenden. Diese sollten so kurz wie möglich und isoliert sein, da Wärmeverluste bis zu  $40\text{ °C}$  auftreten können. Beim Einrichten des Prozesses ist immer zu prüfen, ob die Werkzeugoberflächentemperatur tatsächlich  $170\text{ °C}$  oder mehr beträgt. Im Fall einer Öltemperierung ist wegen der Wärmeverluste eine signifikant höhere Temperatur am Heizgerät einzustellen.

## ANGUSSAUSLEGUNG

Der Durchmesser eines Angusses sollte mindestens 4 mm betragen, möglichst kurz sein und mit einer Entformungsschräge von mindestens 2° versehen werden. Der Einbau von großzügig dimensionierten Pfropfenhängern wird empfohlen. Größere Angussdurchmesser ermöglichen es, komplexe Werkzeuge zu befüllen. Beim direkten Anguss von größeren Komponenten sollte der Angussquerschnitt das 1- bis 1,5-fache der Bauteildicke betragen.

## ANSCHNITTGESTALTUNG

Die Dimensionierung und Gestaltung des geeigneten Anschnittsystems für ein Werkzeug wird vom Schmelzevolumen, der Anzahl der Kavitäten und der Bauteilgeometrie bestimmt. Victrex Polymere sind teilkristalline Thermoplaste und schrumpfen als solche stärker als amorphe Polymere. Um Schrumpfung und Ausbildung hoher innerer Spannungen zu reduzieren, sollten die Anschnitte so groß wie möglich ausgelegt werden. Die Anschnittgröße ist eine Funktion der Bauteildicke und sollte bei dicken Bauteilen 2/3 der Wanddicke, mindestens jedoch 1 mm bei ungefüllten Polymeren und 2 mm bei Compounds betragen. Direktanschnitte sollten das 1- bis 1,5-fache der Dicke des Spritzteils aufweisen. Für die Verarbeitung von Victrex Polymeren sind die meisten Anschnittsysteme geeignet. Am gebräuchlichsten sind seitliche Anschnitte sowie Band- und Fächeranschnitte. Tunnelanschnitte sollten nur bei dünnwandigen oder kleinen Bauteilen verwendet werden.

Um Einfallstellen und Lunker zu vermeiden, gilt für die Dimensionierung des Anschnitts für Victrex Produkte als grundsätzliche Regel, dass der Anschnitt so groß wie möglich sein sollte, um den Materialfluss für so lange wie möglich aufrechtzuerhalten (2/3 der maximalen Wandstärke wird empfohlen).

### Abbildung 5: Typische Temperatureinstellungen für die Verarbeitung von unverstärkten Victrex Polymeren

## HEISSKANALSYSTEME

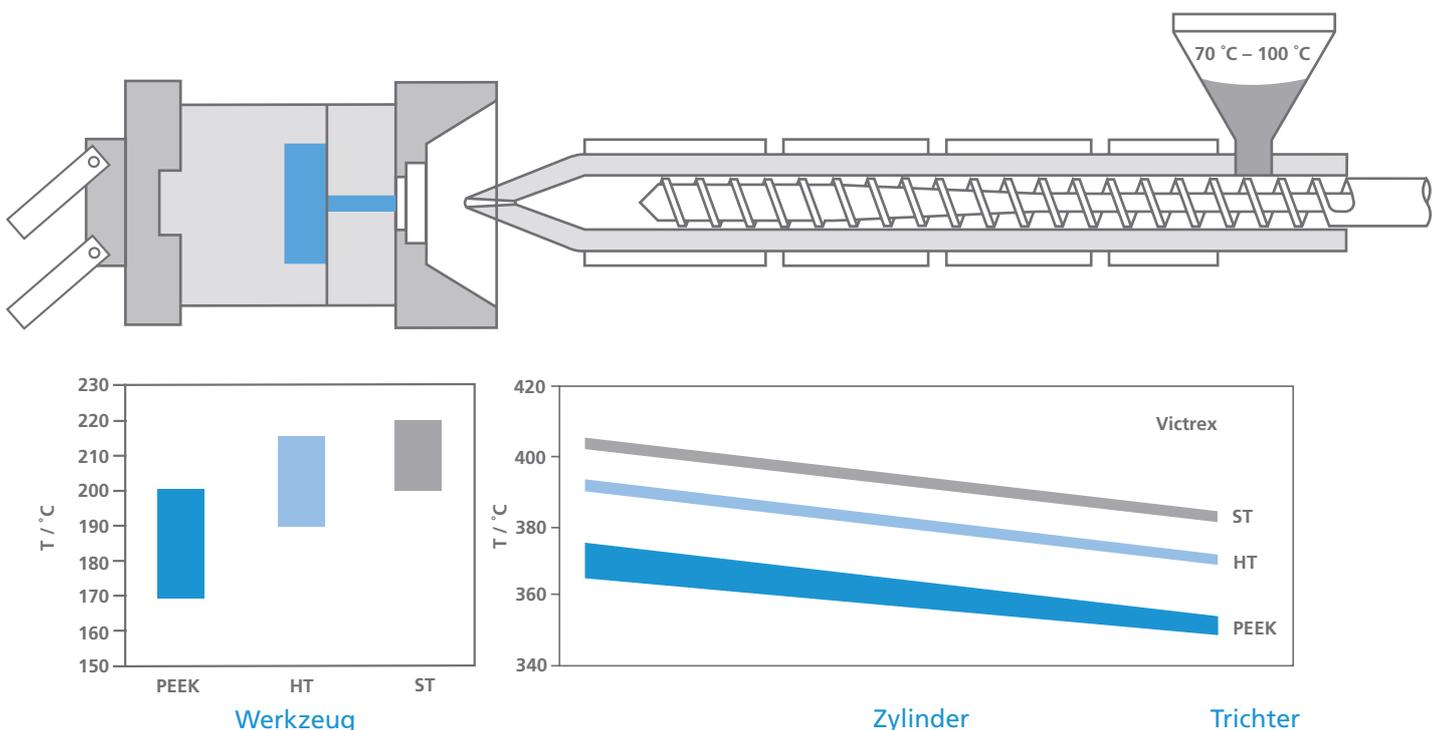
Victrex Produkte können mit Heißkanalsystemen verarbeitet werden. In den meisten Fällen werden die besten Verarbeitungsergebnisse erzielt, wenn extern beheizte Systeme (Angussystem, Düse) zum Einsatz kommen. Diese ermöglichen das breiteste Verarbeitungsfenster. Aufgrund der Wärmeleitung zur umgebenden Werkzeugkavität neigen Torpedodüsen zu Problemen während der Verarbeitung. Eine andere gängige Möglichkeit ist die Kombination eines heißen Angussystems mit kaltem Anschnitt. Dabei kommt es zu Materialeinsparung bei erleichterter Prozessführung. Auch der Einsatz einer beheizten Angussbuchse ist möglich; sie erweitert im Allgemeinen das Verarbeitungsfenster hinsichtlich eines höheren Nachdrucks.

## MASCHINENEINSTELLUNGEN

### TEMPERATUREINSTELLUNGEN

Die Betriebsbedingungen von einzelnen Spritzgießmaschinen und den Werkzeugen hängen von vielen Variablen ab. Abbildung 5 zeigt eine generelle Übersicht der empfohlenen Temperatureinstellungen, die am Anfang der Verarbeitung von Victrex Polymeren gewählt werden sollten.

- Die Temperatur am Einfülltrichter ist relativ niedrig zu halten, um den reibungslosen Einzug des Granulats zu gewährleisten.
- Nach dem Trichter ist ein starkes Aufheizen nötig, um das Granulat aufzuschmelzen bevor es die Kompressionszone erreicht.
- In Abbildung 5 sind typische Temperaturprofile für den Zylinder für die Verarbeitung von PEEK, HT und ST dargestellt; aufgrund ihrer jeweils höheren Schmelzpunkte sind die Kurven nach oben verschoben.



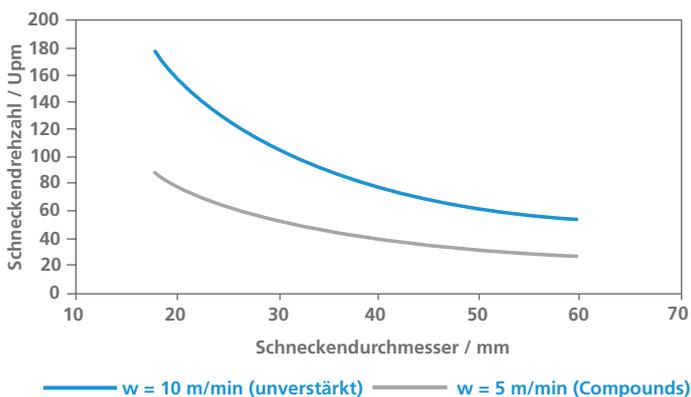
- Compounds dieser Polymere mit ihren höheren Viskositäten erfordern das Anheben der Zylindertemperatur (in der Regel zwischen 10 und 20 °C in Abhängigkeit vom Füllstofftyp und -grad).
- Um teilkristalline Komponenten zu erhalten, werden für die Verarbeitung von PEEK, HT und ST Werkzeugtemperaturen von 170 °C, 190 °C respektive 200 °C empfohlen. Höhere Werkzeugtemperaturen können beim Füllen der Kavität helfen, besonders bei gefüllten Produkten. Dadurch kann auch die Dimensionsstabilität von Komponenten, die später höheren Einsatztemperaturen ausgesetzt sind, gesteigert werden. Das Anheben der Werkzeugtemperatur erhöht die Zykluszeit, führt aber nicht zu einer Schädigung des Polymers.

Datenblätter zu den verschiedenen Produkten können Sie bei Ihrem Ansprechpartner vor Ort anfordern, oder über [www.victrex.com](http://www.victrex.com) abrufen; darin enthalten ist eine Kombination aus relevanten Materialeigenschaften und empfohlenen Maschineneinstellungen.

### SCHNECKENDREHZAHL

Die thermische Stabilität der Victrex Polymere erlaubt ein breites Spektrum der Schneckendrehzahl ohne das Polymer zu schädigen. Bei der Verarbeitung von ungefüllten Victrex Polymeren werden Umfangsgeschwindigkeiten zwischen 5 und 10 Meter pro Minute empfohlen. Die Korrelation zur Schneckendrehzahl in Upm ist in Abbildung 6 dargestellt. Für Victrex Compounds wird empfohlen im unteren Bereich von fünf Meter pro Minute zu arbeiten. Schereffekte können bei höheren Schneckendrehzahlen die Fasern stark kürzen, wodurch sich die mechanischen Eigenschaften verschlechtern können.

**Abbildung 6: Schneckengeschwindigkeit in m/min und Upm als Funktion vom Schneckendurchmesser**



Sowohl die Materialeigenschaften als auch die Verarbeitungsbedingungen haben signifikanten Einfluss auf die Schwindung.

### STAUDRUCK

Um Victrex Produkte homogen zu plastifizieren, ist ein Staudruck von ungefähr 20 bis 50 bar zweckmäßig. Fasergefüllte Compounds sollten im unteren Bereich dieser Angabe verarbeitet werden, um den Faserbruch zu verringern.

### EINSPRITZDRUCK

Der Einspritzdruck ist systemabhängig und kann mit Hilfe von Prozesssimulationen abgeschätzt werden. In Abhängigkeit von Bauteilform, Schmelztemperatur, Einspritzgeschwindigkeit und Werkzeugtemperatur kann es zu Drücken von bis zu 2.000 bar kommen. Teilweise können diese durch höhere Temperaturen (die Zeit bis zum Einfrieren des Anschnitts verlängert sich), durch Reduzieren der Einspritzgeschwindigkeit und / oder Vergrößerung des Querschnitts der Fließwege (Anguss, Verteiler und Anschnitt) reduziert werden.

### NACHDRUCK

Die Nachdrücke sind in der Regel niedriger als der Einspritzdruck. Sie müssen über den Punkt hinaus gehalten werden an dem der Anschnitt einfriert, um Einfallstellen und Lunker zu vermeiden.

### SCHWINDUNG

Thermoplaste schwinden beim Abkühlen im Werkzeug. Bei Victrex Polymeren wird dies durch die thermische Kontraktion einerseits und durch die Ausbildung von kristallinen Bereichen andererseits verursacht. Formschwindung sollte mehr als eine verfahrenstechnische Größe denn als eine einfache Materialgröße betrachtet werden: höherer Einspritzdruck und Nachdruck und längere Nachdruckzeiten reduzieren prinzipiell die Schwindung, während höhere Zylinder- und Werkzeugtemperaturen typischerweise den Formschwindung erhöhen. Auch die Geometrie und Dimension des Bauteils sowie die Fließcharakteristika (Anschnittgestaltung) haben Einfluss auf diesen Wert.

Das Ausmaß der Schwindung wurde an spritzgegossenen Tafeln mit Fächeranschnitt untersucht. Die Verarbeitungsbedingungen entsprachen den empfohlenen Werten. Die Ergebnisse sind für 2 mm und 6 mm dicke Tafeln in Tabelle 2 klassifiziert. Wenn Verstärkungsstoffe mit einem großen Längenverhältnis zugegeben werden, verringert sich in der Regel die Schwindung, führt jedoch zu erheblich anisotropem Verhalten. Dies sollte bei der Entwicklung eines Werkzeugs berücksichtigt werden: es gilt die Kavität eher „zu klein als zu groß“ zu fertigen, um ggf. eine Nachbearbeitung der Kavität zu ermöglichen.

**Tabelle 2: Typische Werte für die Schwindung spritzgegossener Tafeln mit Fächeranschnitt gefertigt unter empfohlenen Verarbeitungsbedingungen**

Victrex Produkte	Schwindung 2 mm Dicke		Schwindung 6 mm Dicke	
	In Fließrichtung (%)	Quer zur Fließrichtung (%)	In Fließrichtung (%)	Quer zur Fließrichtung (%)
Ungefüllte Produkte	1	1,3	1,7	1,8
GL30 gefüllte Produkte	0,3	0,9	0,5	0,9
CA30 gefüllte Produkte	0	0,6	0,1	0,6
FC30 Verschleißtypen	0,2	0,6	0,4	0,7

## TOLERANZEN

Bei gängigen Verarbeitungsbedingungen liegen die Toleranzen ungefähr bei 0,05 %. Maßtoleranzen hängen von vielen Faktoren ab, dazu gehören die Form des Bauteils und des Werkzeugs und die konkreten Prozessbedingungen. Tabelle 3 zeigt Werte die an zwei und sechs Millimeter dicken, spritzgegossenen Tafeln mit einem großzügig dimensionierten Fächeranschnitt bestimmt wurden.

**Tabelle 3: Maßtoleranzen von Victrex Produkten**

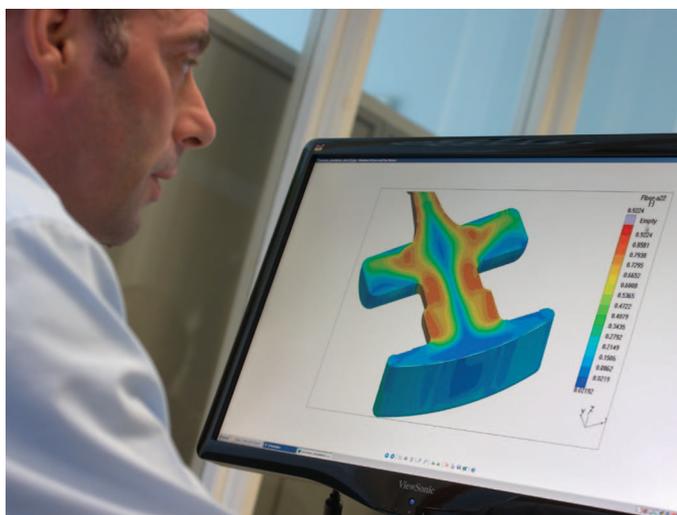
Victrex Produkte	Toleranz 2 mm Dicke		Toleranz 6 mm Dicke	
	In Fließrichtung (%)	Quer zur Fließrichtung (%)	In Fließrichtung (%)	Quer zur Fließrichtung (%)
Ungefüllte Produkte	0,02	0,03	0,05	0,07
GL30 gefüllte Produkte	0,02	0,02	0,07	0,08
CA30 gefüllte Produkte	0,02	0,04	0,05	0,09
FC30 Verschleißtypen	0,02	0,03	0,04	0,04

## METALLEINLEGER

Das Überspritzen von kalten metallischen Einlegern führt zu einer geringen Kristallinität in der Kontaktschicht des Polymers zum Metall. Es ist daher zu empfehlen, den Metalleinleger auf Werkzeugtemperatur vorzuwärmen. Dadurch verbessert sich die Bindehaftfestigkeit, durch differentielle Schwindung verursachte Spannungsrisse werden reduziert und es wird bewirkt, dass sich ein normal üblicher Kristallinitätsgrad einstellt.

## KÜHL- UND ZYKLUSZEITEN

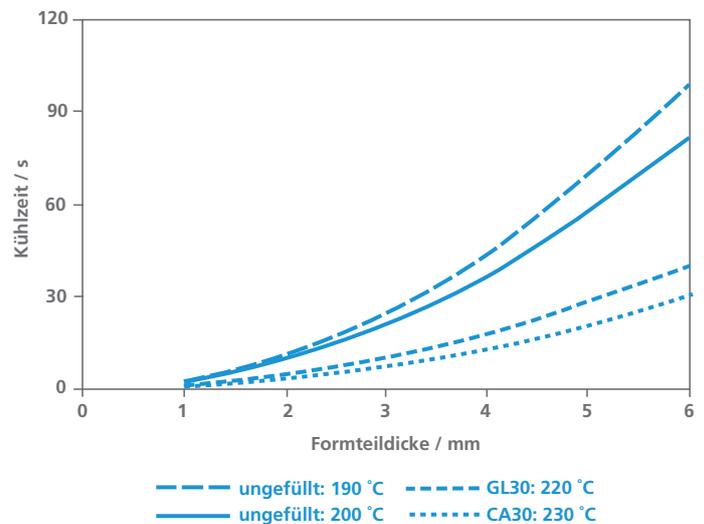
In vielen Fällen werden Victrex Produkte für Anwendungen mit engen Toleranzen oder als Konstruktionsteile spezifiziert. Bei diesen Anwendungen ist es besonders wichtig, Teile zu produzieren, die formstabil sind und weder Einfallstellen noch Lunker aufweisen. Die Qualität der gespritzten Komponenten hat demnach Priorität gegenüber der Zykluszeit und wird entscheidend durch die Kühlzeit beeinflusst.



Prozesssimulationen ermöglichen die optimale Platzierung der Angüsse.

Näherungswerte für die Kühlzeit von verschiedenen Victrex Produkten in Abhängigkeit von der Wandstärke sind in Abbildung 7 zu entnehmen. Die Kühlzeit ist gekoppelt mit den Einstellungen der Spritzgießmaschine, den Materialeigenschaften und der Werkzeugauslegung. Durch Verbesserung des Auswerfersystems, z.B. in Punkto Anzahl, Größe und Positionierung der Auswerferstifte, kann die Kühlzeit für unverstärkte Polymere um ca. 15 % reduziert und bei 10 °C höherer Bauteiltemperatur, als in Abbildung 7 dargestellt, ausgeworfen werden.

**Abbildung 7: Geschätzte Kühlzeit zur angegebenen Bauteiltemperatur in Abhängigkeit von der Formteildicke bei 180 °C Werkzeugtemperatur**



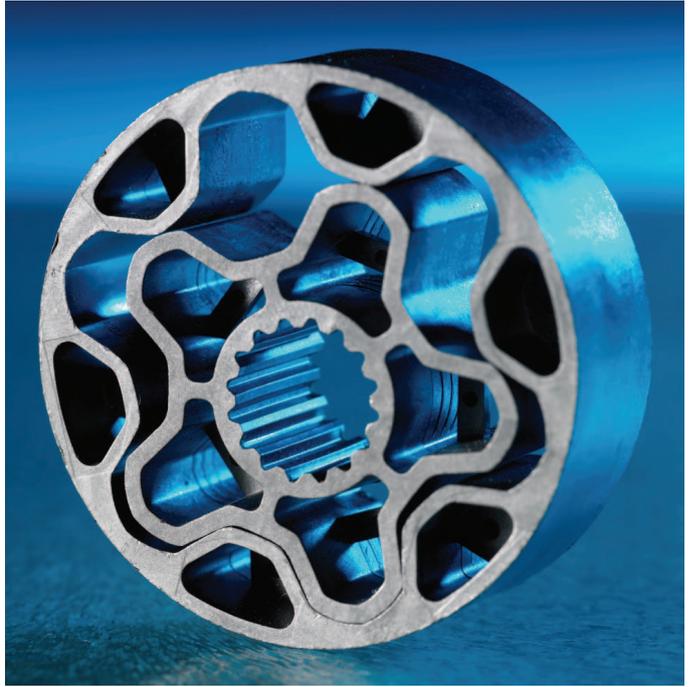
## PROZESSIMULATION

Prozesssimulationen unter Zuhilfenahme numerischer Kalkulationen werden vor der Fertigung eines Werkzeuges empfohlen. Zum einen sollten sie verwendet werden, um die Lage der Anschnitte so festzulegen, dass die Teile mit einem Druck gefüllt werden, der deutlich innerhalb der Ressourcen der Maschine liegt.

Zum anderen hilft eine Simulation bei der Reduzierung von Bindenähten, Positionierung der Entlüftung und der Gestaltung der Anschnitte für einen gleichmäßigen Schmelzfluss. Sie ist auch ein wirksames Instrument für das Beheben von Verarbeitungsproblemen und dient bei der Ermittlung von Fehlverhalten eines Bauteils.

## BESONDERE SPRITZGIESSVERFAHREN

Victrex Polymere sind teilkristalline Thermoplaste und als solche mit allen gängigen Verfahren der thermoplastischen Kunststoffformgebung verarbeitbar. Einige dieser Technologien sind mit Victrex Polymeren getestet worden, um deren Möglichkeiten aufzuzeigen; zu diesen zählen Gasinnendruckverfahren, Schäumen, Blasformen und Mikrospritzguss, sowie induktionsbeheizte Werkzeugoberflächen. Details dazu können Sie gerne bei Ihrem Victrex Repräsentanten vor Ort erfragen.



Auch Bauteile mit sehr engen Toleranzen können spritzgegossen werden.

## TECHNISCHE UNTERSTÜTZUNG

Victrex Polymer Solutions ist ausschließlich auf Produkte aus der Familie der Polyaryletherketone (PAEK) fokussiert. Demzufolge sind wir bestens darauf ausgerichtet, Ihnen das gesamte Spektrum an Service zu bieten, von qualitätsrelevanten Themen über technische Unterstützung bis hin zur Liefersicherheit. Die Zusammenarbeit mit dem führenden Hersteller von PAEK, dessen fortschrittlichen Technologien, Kompetenz und Leidenschaft für Innovationen kann Ihnen den ausschlaggebenden Wettbewerbsvorteil für Ihr Produkt einbringen. Wir freuen uns, mit Ihnen zusammen zu arbeiten.

*Wenn Sie weitere Informationen oder Unterstützung wünschen, kontaktieren Sie bitte Ihren Victrex Repräsentanten vor Ort oder besuchen Sie uns unter [www.victrex.com](http://www.victrex.com).*

## FEHLERSUCHE

Die Erfahrung zeigt, dass die häufigsten Probleme bei der Verarbeitung zurückzuführen sind auf zu geringe Werkzeugtemperaturen, auf Anschnitte die im Verhältnis zum produzierten Teil zu klein ausgelegt wurden, und durch unzureichende Reinigung erzeugte Kontamination. Die folgenden Tabellen sollen einen Überblick geben über häufig auftretende Defekte, deren mögliche Ursache und Empfehlungen zu deren Behebung.

### Dunkelbraune / transparente Kanten oder dunkle Verfärbungen im ganzen Formteil (nur sichtbar in naturfarbenen Produkten)

Mögliche Ursache	Abhilfe
Werkzeugtemperatur zu niedrig (amorphe Bereiche)	Werkzeugtemperatur anheben Im fall von fleckigen Formteilen: Kavität auf kalte Bereiche überprüfen
Thermische Zersetzung	Zylindertemperatur senken

### Schwarze Stippen / Black Specks (nur sichtbar in naturfarbenen Produkten)

Mögliche Ursache	Abhilfe
Querkontamination	Die Gerätschaften für den Umgang und die Trocknung des Granulats müssen makellos sauber sein Mahlgut bzw. Granuliermühle überprüfen falls verwendet
Unzureichende Maschinenreinigung vor der Verarbeitung von Victrex Produkten	Die Gerätschaften gründlich entsprechend den Empfehlungen von Victrex reinigen Schnecke ausbauen und Bürsten zur Reinigung von Schnecke und Zylinder verwenden Bereich des Schmelzflusses auf „tote Bereiche“ oder Beschädigungen der Oberflächen untersuchen
Zylinder- und Düsentemperaturen zu hoch	Zylinder- und Düsentemperaturen absenken
Verweilzeit zu lang	Schussvolumen und Maschinengröße besser aufeinander abstimmen

### Nicht vollständig ausgeformte Spritzlinge

Mögliche Ursache	Abhilfe
Zu wenig Material eingespritzt	Schussvolumen erhöhen
Unzureichender Schmelzfluss	Einspritzdruck erhöhen Zylindertemperatur erhöhen Werkzeugtemperatur erhöhen Einspritzgeschwindigkeit erhöhen Anguss, Anschnitt oder Verteiler vergrößern

### Nicht vollständig ausgeformte Spritzlinge (Fortsetzung)

Mögliche Ursache	Abhilfe
Fehlerhafte Werkzeugkonstruktion	Anguss, Anschnitt oder Verteiler vergrößern Position des Anschnittes verändern
Blockierte oder fehlende Entlüftung	Entlüftung verbessern
Falsche Materialauswahl	Produkt mit niedrigerer Schmelzviskosität auswählen
Undichtigkeiten an der Plastifiziereinheit	Schnecke, Zylinder und Rückstromsperre auf Verschleiß überprüfen

### Spröde Formteile

Mögliche Ursache	Abhilfe
Überhitzen im Zylinder	Zylindertemperatur senken Zykluszeit senken Schneckendrehzahl verringern
Spannungen im Formteil	Zylindertemperatur erhöhen Einspritzdruck verringern Zykluszeit erhöhen Werkzeugtemperatur erhöhen Anguss, Anschnitt oder Verteiler vergrößern Zylindertemperatur erhöhen
Bindenähte	Einspritzgeschwindigkeit erhöhen Werkzeugtemperatur erhöhen Position und Auslegung des Anschnittes verändern Entlüftung verbessern
Freistrahlbildung	Einspritzgeschwindigkeit verringern Position und/oder Art des Anschnittes verändern

### Kalter Pfropfen

Mögliche Ursache	Abhilfe
Material friert in der Düse ein	Pfropfenfänger integrieren Überprüfen, ob die Düse komplett durch das Heizband abgedeckt ist Dekompression aufbringen Angussabreißer verwenden

### Lunker und Einfallstellen

Mögliche Ursache	Abhilfe
Unzureichende Dauer oder Druck in der Nachdruckphase	Einspritzdruck erhöhen Nachdruck/Nachdruckzeit erhöhen Zylindertemperatur absenken
Fehlerhafte Werkzeugkonstruktion	Anguss, Anschnitt oder Verteiler vergrößern

## Unzureichende Formteiloberflächen

Mögliche Ursache	Abhilfe
<b>Schlierenbildung:</b> Überhitztes Material	Zylinder- und Düsentemperatur senken Verweilzeit verringern Einspritzgeschwindigkeit verringern Schneckendrehzahl verringern
Feuchtes Material	Material trocknen
„Tote Bereiche“ im Zylinder	Zylinder und Düse ausrichten Schnecke, Zylinder und Düse reinigen Auf Beschädigungen, Lochfraß usw. überprüfen
<b>Matte Oberflächen (verstärkte Produkte):</b>	
Unzureichende Einspritzgeschwindigkeit	Einspritzgeschwindigkeit erhöhen Zylindertemperatur erhöhen
Werkzeugtemperatur zu niedrig	Werkzeugtemperatur erhöhen
Scherbeanspruchung der Schmelze zu hoch	Schneckendrehzahl verringern

## Verbrennungen

Mögliche Ursache	Abhilfe
Lufteinschlüsse in der Kavität	Einspritzdruck verringern Einspritzgeschwindigkeit verringern Entlüftung auf Blockaden überprüfen Entlüftung verbessern Position, Größe oder Art des Anschnitts verändern

## Gratbildung oder Öffnen des Werkzeuges

Mögliche Ursache	Remedy
Unzureichende Schließkraft	Einspritzdruck verringern Einspritzgeschwindigkeit verringern Zylindertemperatur senken (zu beachten ist: hierbei steigt die Viskosität, und damit auch der Druck) Werkzeugtemperatur senken Geschwindigkeitseinstellungen verringern Schließkraft bzw. Zuhaltkraft erhöhen
Inkorrektes Schließen des Werkzeugs oder Werkzeugbiegung	Trennflächen des Werkzeuges nachsleifen und neu ausrichten Schwerere Werkzeugaufspannplatten einbauen Die Trennflächen auf Fremdkörper prüfen
Unzureichende Abstützung durch die Führungssäulen	(Weitere) Führungssäulen anbringen

## Verzug oder Verformung

Mögliche Ursache	Abhilfe
Temperaturunterschied im Werkzeug	Temperatur im Werkzeug korrigieren, so dass beide Hälften gleich temperiert sind
Fehlende Symmetrie	Konstruktion der Kavität, Verteiler und Anschnitte überdenken Temperaturunterschied zwischen den beiden Formhälften zum Ausgleich einsetzen
Zu frühes Auswerfen des Formteils	Kühlvorrichtung verwenden Kühlzeit verlängern Werkzeugtemperatur absenken
Faserorientierungen im Material	Position des Anschnittes verändern Einspritzgeschwindigkeit verringern
Unzureichende Steifigkeit	Konstruktion/Auslegung des Bauteils verändern (z. B. Rippen einbauen) Wandstärke des Bauteils erhöhen Möglicherweise Faserverstärktes Produkt verwenden Auswerfersystem überdenken (mehr / größere Stifte)

## Übermäßige Schwindung

Mögliche Ursache	Abhilfe
Verarbeitungsbedingungen	Werkzeugtemperatur senken Einspritzdruck erhöhen Nachdruck / Nachdruckzeit erhöhen
Anschnitt zu klein	Anschnitt vergrößern

## Schlechte Entformung der Komponente

Mögliche Ursache	Abhilfe
Unzureichende Steifigkeit der Komponente	Kühlzeit verlängern Werkzeugtemperatur senken
Unzureichende Entformungsschräge	Entformungsschräge erhöhen
Inadäquates Auswerfersystem	Querschnittsfläche der Auswerferstifte durch mehr Stifte oder durch Vergrößern der Abmessungen erhöhen
Unzureichende Werkzeugoberfläche	Werkzeug in Auswurfrichtung Strichpolieren Komponenten mit großen Oberflächen bedürfen gegebenenfalls Belüftung um eine Vakuumbildung beim Auswerfen zu vermeiden



#### HAUPTSITZ

Victrex plc  
Victrex Technology Centre  
Hillhouse International  
Thornton Cleveleys  
Lancashire FY5 4QD  
United Kingdom  
Tel. +44 (0) 1253 897 700  
Fax +44 (0) 1253 897 701  
E-Mail [victrexplc@victrex.com](mailto:victrexplc@victrex.com)

#### EUROPA

Victrex Europa GmbH  
Langgasse 16  
65719 Hofheim/Ts.  
Germany  
Tel. +49 (0) 6192 964 90  
Fax +49 (0) 6192 964 94 8  
E-Mail [eurosales@victrex.com](mailto:eurosales@victrex.com)

#### AMERIKA

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  
E-Mail [americas@victrex.com](mailto:americas@victrex.com)

#### AS IEN

Victrex High-Performance  
Materials (Shanghai) Co Ltd  
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  
E-Mail [scsales@victrex.com](mailto: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  
Tel. +81 (0) 3 5427 4650  
Fax +81 (0) 3 5427 4651  
E-Mail [japansales@victrex.com](mailto:japansales@victrex.com)

[www.victrex.com](http://www.victrex.com)



VICTREX PLC IST DER AUFFASSUNG, DASS DIE INFORMATIONEN IN DIESER BROSCHÜRE EINE EXAKTE BESCHREIBUNG DER TYPISCHEN EIGENSCHAFTEN UND/ODER DER EINSATZBEREICHE SEINER PRDOKTE DARSTELLEN. ES OBLIEGT DER VERANTWORTUNG DES KUNDEN, DAS PRODUKT IN SEINER SPEZIELLEN ANWENDUNG EINGEHEND ZU TESTEN UND SEINE LEISTUNGSFÄHIGKEIT, EFFIZIENZ UND SICHERHEIT FÜR JEDEN GEBRAUCH ZU UNTERSUCHEN. ANWENDUNGSEMPFEHLUNGEN SOLLTEN NICHT ALS ANLASS ZUR VERLETZUNG EINZELNER PATENTE GENOMMEN WERDEN. DIE INFORMATIONEN IN DIESER BROSCHÜRE BASIEREN AUF UNSEREN ALLGEMEINEN ERFAHRUNGEN UND WERDEN NACH BESTEM GEWISSEN WEITERGEGEBEN. DIE AUFFÜHRUNG EINES PRODUKTES IN DIESER DOKUMENTATION IST KEINE GARANTIE FÜR DESSEN VERFÜGBARKEIT. VICTREX PLC BEHÄLT SICH DAS RECHT VOR, IM RAHMEN DER PRODUKTENTWICKLUNG PRODUKTE ZU MODIFIZIEREN UND SPEZIFIKATIONEN UND/ODER VERPACKUNGEN ZU ÄNDERN. VICTREX® IST EIN EINGETRAGENES MARKENZEICHEN DER VICTREX MANUFACTURING LIMITED. VICTREX PIPES™ IST EIN EINGETRAGENES MARKENZEICHEN DER VICTREX MANUFACTURING LIMITED. PEEK-ESD™, HT™, ST™ UND WG™ SIND MARKENZEICHEN VON VICTREX PLC. VICOTE® UND APTIV® SIND EINGETRAGENE MARKENZEICHEN VON VICTREX PLC.

VICTREX PLC ERTEILT KEINE GARANTIE, OB AUSDRÜCKLICH ODER IMPLIZIT, EINSCHLIESSLICH UNBESCHRÄNKT, FÜR DIE TAUGLICHKEIT EINES BESTIMMTEN ZWECKES ODER FÜR GEISTIGES EIGENTUM RECHTSVERLETZUNGEN, EINSCHLIESSLICH JEDOCH NICHT BESCHRÄNKT AUF PATENTVERLETZUNG, DIE AUSDRÜCKLICH DEMONTIERT WURDEN, AUSDRÜCKLICH ODER IMPLIZIT, IN DER TAT ODER GEMÄSS DEM GESETZ. DESWEITEREN, GEWÄHRT VICTREX PLC KEINE GARANTIE GEGENÜBER IHREN KUNDEN, VERTRETERN UND AUTORISIERT NIEMANDEN FÜR DIE VERTRETUNG ODER GARANTIE ANDERS ALS OBEN BENANNTE. VICTREX PLC HÄFTET UNTER KEINEN UMSTÄNDEN FÜR ALLGEMEINE, INDIREKTE, SPEZIELLE, KONSEQUENTE, STRAFRECHTLICHE, ZUFÄLLIGE ODER ÄHNLICHE SCHÄDEN, EINSCHLIESSLICH UND UNBEGRENZT FÜR GESCHÄFTS SCHÄDEN, GEWINNVERLUSTE BZW. ERSPARNISVERLUSTE, AUCH WENN VICTREX ÜBER DIE MÖGLICHKEIT SOLCHER VERLUSTE GLEICH WELCHER HANDLUNGSFORM UNTERRICHTET WURDE.