

Extrusion von Hochleistungs-thermoplasten

Eine Übersicht über die Anlagentechnik für Entwicklung und Kleinserienproduktion

Die Herstellung und Verarbeitung von Hochleistungsthermoplasten stellt hohe Anforderungen an die Anlagentechnik. Meist geht es heiß her im Extruder: Beim Compoundieren oder der Produktion von Rohren, Multifilamenten, Flach- oder Blasfolien werden Temperaturen bis zu 500 °C erreicht. Die Strangextrusion für den 3D-Druck hat sich in der Kleinserienfertigung besonders wirtschaftlich gezeigt.

Hochleistungsthermoplaste zeichnen sich durch sehr gute mechanische Eigenschaften und extrem gute Chemikalienbeständigkeit bei Dauergebrauchstemperaturen bis 260 °C und kurzfristig bis 300 °C (PEEK) aus [1, 2]. Diese Werkstoffe finden in vielen Bereichen, wo es auf Gewichtersparnis ankommt, Anwendungen. Insbesondere die Fortschritte im 3D-Druck führen zu vielfältigen weiteren Einsatzmöglichkeiten. Der innovativen Technik wurden im Zeitraum von 2014 bis 2020 Wachstumsraten von 25 % im Medizinbereich und etwa 35 % für die Energiewirtschaft zugeschrieben. [3]. Getrieben durch die Entwicklungen in der

Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik und Chemieanlagen entstanden Anforderungen, die zu einer ständigen Verbesserung von mechanischen, chemischen Eigenschaften sowie der Temperaturbeständigkeit führten.

Für die Produktion sind z.T. erhebliche Modifikationen der Prozesse im Vergleich zur Verarbeitung von technischen oder gar Standardkunststoffen erforderlich. Wegen der deutlich höheren Heizleistung ist eine zusätzliche thermische Isolierung zur Senkung des Energiebedarfs und als Sicherheitsmaßnahme für das Bedienpersonal erforderlich. Das Abkühlen des Produktes muss in der Regel

mehrstufig erfolgen. Die Nachfolgeeinheiten verlangen größere Aufwendungen bezüglich der Kühlleistung und Isolierung. Die Werkstoffe für Schnecken und Zylinder müssen an die Gegebenheiten der Hochleistungskunststoffe angepasst werden. Bei der Verarbeitung von Fluorpolymeren (PVDF) dürfen die verwendeten Stähle keinerlei Bor und MoS₂ enthalten, da es sonst zu spontanen, gefährlichen Zersetzungsreaktionen kommt.

Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen, führte die Firma Collin bereits zu Beginn der 80er-Jahre Laborpressen für Temperaturen bis 400 °C sowie Extruder bis 500 °C ein. Nur wenige Jahre später folgten Kalandr und Walzwerke für Hochtemperaturanwendungen [4, 5].

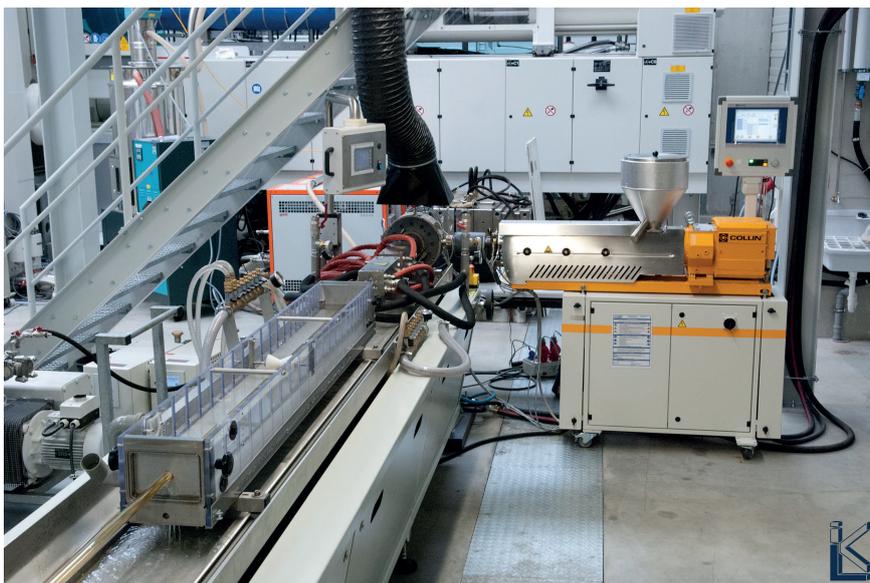


Bild 1. Auf dieser Anlage fertigt das ILK der TU Dresden Rohre aus PEI und PEEK mit einem Durchmesser bis 25 mm und einer Wanddicke von 0,5 mm © ILK, TU Dresden

Hochleistungscompounder und Einschneckenextruder

Die Compounder besitzen eine hohe Drehmomentdichte für die Verarbeitung hochviskoser und hoch gefüllter Polymere. Je nach Mischauflage (Anzahl der Polymere, Additive etc.) sind Verfahrenslängen von 36 D bis 60 D erforderlich. Der modulare Aufbau ermöglicht eine optimale Konfiguration der Verfahrensabschnitte. Zylindertemperaturen von 500 °C gestatten Prozesstemperaturen von 450 °C. Die Maschinen arbeiten mit maximalen Drehzahlen von 1200 min⁻¹ und darüber.

Die Einschneckenextruder für Hochleistungsthermoplaste sind für Zylindertemperaturen von/bis 500 °C ausgelegt.

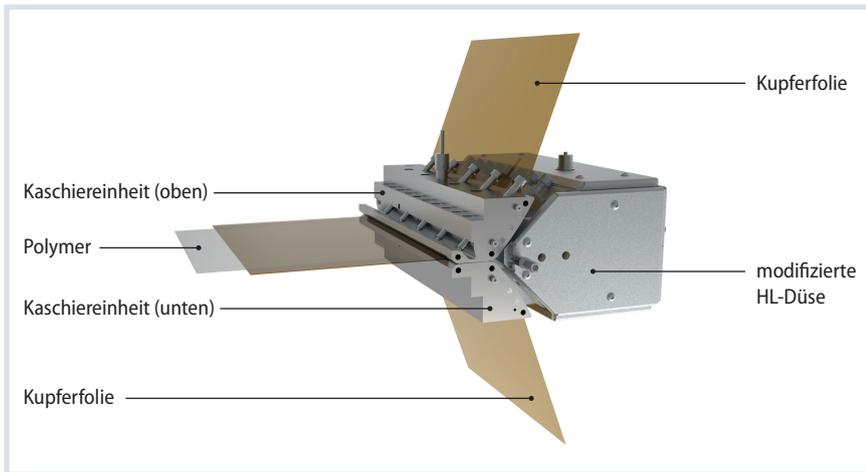


Bild 2. Darstellung des Verfahrensprinzips Kaschierung Cu-Folie auf PEI gefüllt mit Talkum © Collin

Verschiedene Antriebskonzepte (AC Induktionsmotor, High Torque Motor) erlauben Drehzahlen bis 450 min^{-1} . Je nach Anforderungen an das Verweilzeitenspektrum der Materialien werden Schneckenlängen bis mindestens $36D$ erforderlich. Die Maschinen sollten sicher für bis zu 415 bar Gegendruck ausgelegt werden. Für korrosives und/oder abrasives Material müssen optimierte Werkstoffe für Schnecken und Zylinder eingesetzt werden. Der Trichter wird bis mindestens 160°C beheizt und mit Inertgas beaufschlagt. In der Material- und Produktentwicklung haben sich Extruder bewährt mit einer individuellen Steuerung über einen Touchscreen für die Eingabe und Anzeige aller Prozessdaten. Eine Vielzahl an grafischer Darstellungen wie z.B. Trendanalysen erleichtern die Auswertung von Produktions- und Versuchsdaten.

Hochleistungskunststoffe zeichnen sich nicht nur durch ihr außerordent-

liches Leistungsspektrum aus. Einhergehend damit sind auch die Materialkosten entsprechend hoch. Das Collin-Produktspektrum bewegt sich aus diesem Grund in einem weiten Bereich der Durchsatzleistungen. Besonderes Augenmerk liegt auf der Temperaturführung beim Kalibrieren und Abkühlen. Das Temperaturniveau beim Kalibrieren und Köhlen des Extrudats liegt im Bereich von 200°C bis 350°C . Dies macht neue technische Ansätze erforderlich.

PEI und PEEK Rohre eigenspannungsarm hergestellt

Rohre aus diesen Werkstoffen finden Verwendung zur Gewichtsreduktion bei anspruchsvollen mechanischen oder chemischen Anforderungen [6]. Für das ILK der TU Dresden wurde eine Anlage für Rohre im Durchmesser bis 25 mm und einer Wanddicke von 0,5 mm entwickelt. Diese besteht in ihrem Kern aus

einer zweistufigen Vakuum-Trockenkalibrierung (**Bild 1**). Jede Kalibriereinheit wird separat temperiert (bis zu 250°C). So werden sehr eigenspannungsarme Rohre hergestellt. Der Trockenkalibrierung folgt ein Wasserbad zur vollständigen Abkühlung der Rohre.

Kaschiereinheit für PEEK, LCP, PEI – Flachfolien und Speziallamine

Leiterplatten erfordern zwischen polymerem Träger und Kupferfolie sehr hohe Haftfestigkeit. Als Trägermaterial werden LCP, PEI und PEEK eingesetzt [7].

Um die notwendige Haftfestigkeit zwischen Metallfolie und LCP zu erreichen, sind in der Cu-Folie Temperaturen von 350°C und relativ lange Verweilzeiten unter Druck erforderlich. Aus diesem Grund wurde eine innovative Kaschieretechnik entwickelt. Das Herz der Anlage ist die Kaschiereinheit, die un- »

Der Autor

Dr.-Ing. Franz Grajewski war von 2007 bis 2019 bei Collin Lab & Pilot Solutions für die Verfahrenstechnik zuständig.

Service

Literatur & Digitalversion

» Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

HELIBAR® Einschnecken- Extruder

bestehend aus genuteter Einzugszone, Plastifizierzylinder mit Axial- oder Wendelnuten sowie Barrierschnecke mit Scher- und Mischteilen.



EXTRUDEX Kunststoffmaschinen GmbH
In den Waldäckern 16 · 75417 Mühlacker
Tel. +49 7041 9625-0 · www.extrudex.de



The Art of Plastics Extrusion

Vorteile:

Gegenüber vergleichbaren Extrudern mit glattem Plastifizierzylinder ergeben sich teils erhebliche Verfahrensverbesserungen in Bezug auf:

- Energieersparnis zwischen 10 - 50 %
- höheren Gesamtwirkungsgrad
- höherer Durchsatz bei gleicher Baugröße
- Austragskonstanz auch bei hohen Gegendrücken
- sehr gute Homogenität und Plastifizierung
- kurze Übergangszeit bei Farbwechsel durch Selbstreinigungseffekt

Bild 3. Mit der Hochtemperatur-Blasanlage BL 600 P werden Liniengeschwindigkeiten bis zu 50 m/min erreicht © Collin



mittelbar an die HT-Düse (bis 450 °C) anschließt (Bild 2). Sie besteht aus zwei elektrisch beheizten Backen, welche den Kaschierspalt bilden. Über Stell-schrauben kann der Spalt exakt eingestellt werden.

Die Kupferfolien oben und unten werden mit definierter Zugkraft über die schrägen Einlaufbereiche in den Spalt geführt. Hierbei werden sie auf die erforderliche Temperatur bis 450 °C erwärmt. Im horizontalen Spalt werden dann Polymer und Folien zusammengeführt. Über Spaltlänge und Liniengeschwindigkeit wird die geforderte Verweilzeit (Haftfestigkeit) erzielt. Diese Technologie wurde auch bei der Herstellung von Organoblechen erfolgreich angewendet.

PEEK, PEI, LCP – Blasfolie

Blasanlagen für Hochleistungskunststoffe weisen einige Besonderheiten auf. Kühlung und Kühlluftführung werden mit Lufttemperaturen bis 250 °C betrieben. Kalibrierung und Flachlegung sind thermisch so optimiert, dass eine gezielte Abkühlgeschwindigkeit bis zu den Abzugswalzen eingestellt werden kann. Selbstverständlich sind die Komponenten so zu schützen, dass unbeabsichtigte Berührung durch das Bedienpersonal nicht zu Verbrennungen führt.

Mit ausgewählten Materialien ist eine Foliendicke von ca. 10 µm erreichbar. Ein Ausführungsbeispiel zeigt die Blasanlage auf Bild 3. Mit der dargestellten Pilotanlage werden Liniengeschwindigkeiten bis zu 50 m/min erreicht [8].

Gegenläufig rotierende Düse für Hochleistungsblasfolien

Der Prototyp wurde vor ca. zehn Jahren im Rahmen eines Forschungsprojekts der US-Army am Virginia Polytechnic Institute der Virginia State University erfolgreich erprobt. Das Düsenkonzept erlaubt eine vielseitige Beeinflussung der Orientierungen und damit der mechanischen Eigenschaften der Folie (Bild 4). Bei Materialien mit ausgeprägten Orientierungsverhalten in Extrusionsrichtung ist das für ein hochwertiges Produkt von entscheidender Bedeutung. Hierzu zählt besonders LCP, welches aufgrund der extremen Orientierung in Extrusionsrichtung enorme Festigkeitswerte erzielt, quer dazu allerdings nahezu keinerlei Festigkeit aufweist. Eine zusätzliche Querkomponente der Orientierung wird in der Düse dadurch erreicht, dass Dorn und Mundstück rotieren. Die Orientierung in Fertigungsrichtung wird „verwischt“ und die Festigkeit quer dazu deutlich erhöht. Dorn und Mundstück sind mit jeweils einem Antrieb versehen, sodass Gegenlauf oder Gleichlauf eingestellt werden können. Dabei können Drehzahlen zwischen 0 min⁻¹ und 30 min⁻¹ stufenlos gewählt werden.

MDO-Verstrecken von Hochleistungsfolien

Das Leistungsspektrum von Folien wird durch das MDO-Verstrecken gezielt erweitert. Festigkeit, Atmungsaktivität, optische und elektrische Kennwerte werden

deutlich gesteigert [9]. So wird z.B. durch Verstrecken von PTFE-Folien eine definierte Porosität für die Herstellung von Filtermembranen erzeugt. Ein zunehmender Trend in der Folienproduktion sind die immer kleiner werdenden Losgrößen [10]. Bild 5 zeigt eine wirtschaftliche Lösung, welche besonders für Produktentwicklung und Kleinserienfertigung geeignet ist. Die Reckanlage ist senkrecht aufgebaut (Minimierung des



Bild 4. Düse für Hochleistungs-Blasfolien: Eine zusätzliche Querkomponente der Orientierung wird dadurch erreicht, dass Dorn und Mundstück rotieren © Collin

Platzbedarfs). Die Maschine besitzt eine Vorheizstrecke, zwei Reckspalte, Fixierung und Kühlstrecke. Walzenoberflächentemperaturen bis 280 °C sind möglich. Silikonbeschichtete Anpresswalzen und eine Spiegelverchromung der Reckwalzen sorgen für einen minimalen Neck-In auch bei zum Gleiten neigenden Materialien. Eingangsgeschwindigkeiten von 1 m/min bis 20 m/min und Ausgangsgeschwindigkeiten von 10 bis 100 m/min erlauben Reckverhältnisse, welche bis an die Versagensgrenze der Materialien heranreichen. Die Reckspalte werden motorisch von 0,2 bis 10 mm eingestellt.

Multifilamente aus PEEK, LCP, PPS

Multifilamente aus Hochleistungskunststoffen haben sich wichtige Anwendungsfelder wie z.B. Filtersysteme in Müllverbrennungsanlagen oder als Verstärkungselemente in hochbelasteten Schlauchsystemen im Fahrzeugbau oder der Chemieindustrie erobert. Für die Entwicklung und Vorproduktion hat sich die in **Bild 6** zu sehende Multifilamentanlage etabliert. Extrusionsteil, Kühlschacht und



Bild 6. Bei der Multifilamentanlage bilden Extrusionsteil, Kühlschacht und die Reckeinheit eine wirtschaftliche und kompakte Einheit © Collin

die Reckeinheit bilden eine wirtschaftliche und kompakte Einheit. Die Fäden werden im Schacht von einer laminaren Luftströmung (bis 250 °C) mit einstellbarer Strömungsgeschwindigkeit ge-

kühlt. Die Reckeinheit besteht aus vier einzeln angetriebenen Galetten. Induktiv beheizt kann mit Oberflächentemperaturen bis 280 °C gearbeitet werden. Die Geschwindigkeit der Galetten kann zwischen 80 m/min und 800 m/min gewählt werden.



Bild 5. Die Reckanlage MDO ist senkrecht aufgebaut, um Platz einzusparen. Die Reckspalte werden motorisch von 0,2 bis 10 mm eingestellt © Collin

Strangextrusion für den 3D Druck

3D-Druck ist die technische Innovation mit dem Potenzial, die gesamte industrielle Fertigung zu revolutionieren. Mit dieser Technik sind Bauteilgeometrien machbar, welche mit bisherigen Prozessen nur sehr aufwendig oder gar nicht herstellbar sind. Besonders wirtschaftlich zeigt sich der 3D-Druck bei der Kleinserienfertigung. Durchsatzleistungen von 1 kg/h bis 30 kg/h decken das ganze Spektrum für Entwicklung und Produktion von 3D-Filamenten mit 1,75 mm oder 2,85 mm Durchmesser ab. Selbstverständlich können auch andere Strangdurchmesser realisiert werden. ■

Computertomografie – höchste Datenqualität, kurze Durchlaufzeiten, zerstörungsfreies Erfassen von Bauteilinformationen – zur Untersuchung der Materialien und zur vollständigen geometrischen Analyse eines Bauteils.

SIMULATION

ENGINEERING

INDUSTRIELLE MESSTECHNIK

www.units.at

units®
DIE EINHEIT FÜR ERFOLG