

Teilkristallin und dennoch thermoformbar

Spezielle Polymere ermöglichen das Thermoformen von PAEK-Bauteilen

Hochleistungspolymere wie Polyaryletherketone (PAEK) sind aufgrund ihrer teilkristallinen Struktur für Anwendungen mit hoher Wanddicke in der Regel nicht thermoformbar. Speziell entwickelte Varianten ermöglichen nun die Verarbeitung in diesem Verfahren. Dadurch lassen sich große teilkristalline Bauteile mit großer Wanddicke fertigen, die über sehr gute mechanische und chemische Eigenschaften verfügen.

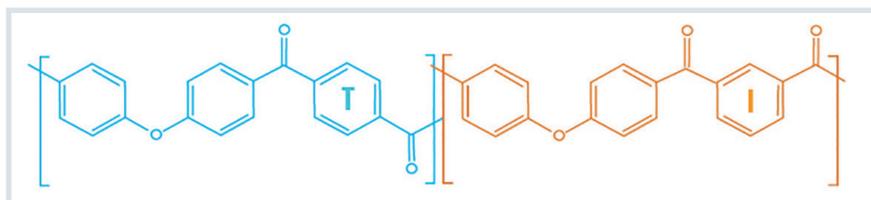


Bild 1. PEKK-Copolymere enthalten sowohl terephthalische (T) als auch isophthale (I) Monomere. Das Verhältnis und die Verteilung der Monomere bestimmt maßgeblich die Eigenschaften der Kunststoffe © Arkema

Polyaryletherketone (PAEK) werden in technisch anspruchsvollen Industriebranchen eingesetzt, z.B. in der Luft- und Raumfahrt und der Öl- und Gasindustrie. Die Werkstoffklasse umfasst je nach Verhältnis von Keton zu Ether verschiedene Polymere wie Polyetheretherketon (PEEK), Polyetherketon (PEK), Polyetherketonetherketon (PEKEKK) und Polyetherketonketon (PEKK) (Tabelle). Diese Kunststoffe werden typischerweise verwendet, wenn die Eigenschaften anderer Polymere nicht mehr ausreichen. Insbesondere wenn eine Kombination von hoher Temperatur-, Verschleiß-, Chemikalien-, Hydrolyse- und Feuerbeständigkeit notwendig ist.

Jedoch lassen sich PAEK nur schlecht thermoformen. Das Thermoformen ist eines der ältesten Verfahren zum Formen von Kunststoffteilen und wird allgemein als sehr einfaches und kostengünstiges Verfahren betrachtet. Dabei wird zunächst eine Folie bzw. eine Platte erwärmt bis sie formbar ist und dann unter Verwendung

von Vakuum, Luftdruck oder mechanischen Mitteln zu einem Hohlraum oder über einem Werkzeug umgeformt. Amorphe Polymere sind für einen solchen Umformprozess sehr gut geeignet. Kunststoffe wie Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS), Polystyrol (PS) und Polyvinylchlorid (PVC) werden in großem Umfang für Verpackungs- und Dünnschichtenanwendungen im Thermoformen verarbeitet. Mittlerweile lassen sich auch Bauteile aus Polycarbonat (PC) und Spezialpolymere wie Polyetherimid (PEI) und Polyarylethersulfon (PAES) mit größeren Wanddicken auf diese Weise herstellen.

Herausforderungen für das PAEK-Thermoformen

Bei PAEK und insbesondere bei PEEK erfolgt die Kristallisation sehr schnell, so dass praktisch kein Verarbeitungsfenster für das Tiefziehen übrig bleibt. Zwei große Herausforderungen mussten bewäl-

tigt werden, um das PAEK-Thermoformen zur Reife zu bringen. Die erste war, eine PAEK-Platte zu extrudieren, die selbst bei einer Dicke von mehreren Millimetern amorph bleibt; die zweite bestand darin, die Folie während des Tiefziehprozesses innerhalb einer kurzen Zykluszeit zugleich zu formen und zu kristallisieren. Um diese Herausforderungen sowohl bei der Extrusion als auch beim Thermoformen zu bewältigen, hat Arkema, Colombes/Frankreich, zusammen mit Westlake Plastics, Lenni/Pennsylvania/USA, und Plastiform, Thise/Frankreich, spezielle PEKK-Typen entwickelt. Sie entstammen der Kepstan-Familie des Unternehmens. »

Die Autoren

Philippe Bussi ist General Manager

Kepstan PEKK bei Arkema;

philippe.bussi@arkema.com

Pierre Gonnetan ist Business Development Manager Kepstan PEKK für Europa bei Arkema;

pierre.gonnetan@arkema.com

Dr. Eléonore Möller arbeitet als Senior Account Manager bei Arkema;

eleonore.moeller@arkema.com

Bernd Opinkowski ist Senior Account Manager bei Arkema;

bernd.opinkowski@arkema.com

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-12

English Version

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

	PEEK	PEK	PEKEKK	Kepstan PEKK
Keton-Ether-Verhältnis	1/2	1/1	3/2	2/1
Glasübergangstemperatur [°C]	143	152	162	160–165
Schmelztemperatur [°C]	343	373	387	305–358

Tabelle. Vergleich der Eigenschaften verschiedener PAEK-Polymere Quelle: Arkema

Bild 2. Amorphe PEKK-Platte: Für das Thermoformen von PAEK-Bauteilen müssen zunächst Platten oder Folien extrudiert werden, die auch bei einer Dicke von mehreren Millimetern amorph bleiben

© Westlake Plastics

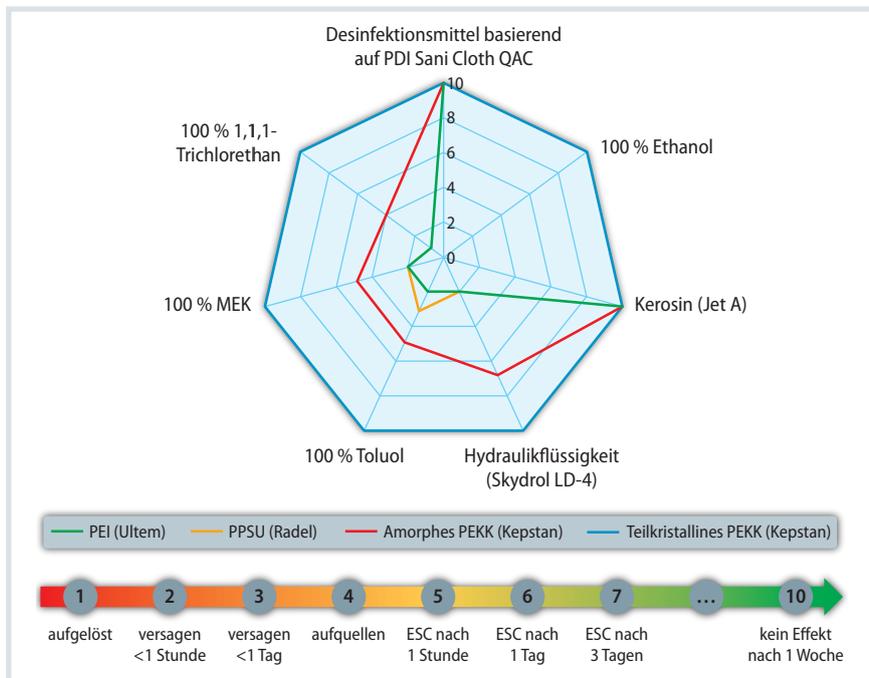
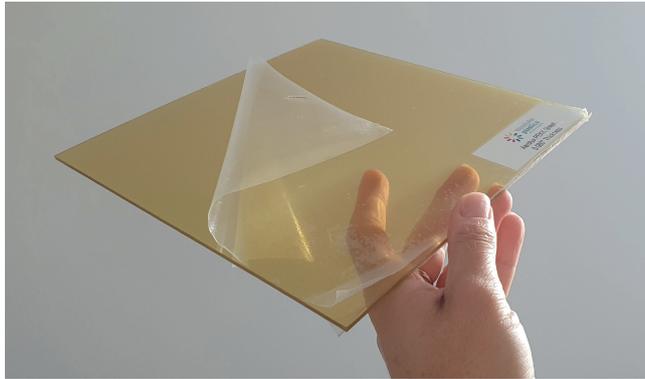


Bild 3. Ergebnisse eines ESCR-Tests nach einer Woche vollständigem Eintauchen bei Raumtemperatur und einer Belastung von 40 MPa bei 1,1 % Dehnung: Teilkristallines PEKK weist von allen Polymeren die beste Chemikalienbeständigkeit auf. Quelle: Arkema; Grafik: © Hanser

PEKK-Harze haben einen ungewöhnlichen Aufbau, da diese Copolymere sowohl terephthalische (T) als auch isophthale (I) Monomere enthalten (**Bild 1**). Das T/I-Verhältnis von PEKK lässt sich während der Synthese einstellen und bestimmt die thermischen Eigenschaften und Kristallisationskinetik des resultierenden Polymers. Arkema bietet seine PEKK in drei unterschiedlichen Serien an. Jede weist ein anderes T/I-Verhältnis auf. Das passende PEKK kann somit anhand der Anforderungen an die Anwendungsverarbeitung und den gewünschten Eigenschaften ausgewählt werden. Alle PEKK von Arkema sind flammhemmend und halogenfrei mit sehr geringer Rauchtoxizität und eignen sich deshalb für anspruchsvolle Luft-, Raumfahrt- und Zuganwendungen.

Wird ein passendes PEKK ausgewählt, ist die Extrusion ohne große Probleme möglich. Das Polymer bleibt dann auch beim Extrudieren einer 3 mm dicken Folie amorph (**Bild 2**). Solche Folien werden etwa von Westlake Plastics gefertigt. Die Tiefziehtechnologie erfordert ein spezifisches Fachwissen, das Plastiform nach sehr aufwendigen Versuchen erfolgreich entwickelt hat. Die Folien müssen vor dem Tiefziehen vorgetrocknet werden, um negative Feuchtigkeitseinflüsse zu vermeiden. Es ist eine sehr präzise Temperaturregelung und Wärmeverteilung notwendig, um die Folie zu umzuformen. Diese muss über ihre Glasübergangstemperatur erwärmt werden. Die Anlage erreicht nie extreme Temperaturen, da der PEKK-Schmelzpunkt nicht überschritten werden darf. Um in-situ zu kristallisieren, muss das Werkzeug auf dem

richtigen Temperaturniveau gehalten werden, damit sichergestellt ist, dass die Kristallisation in einer angemessenen Zeit erreicht wird. Bei einer 2 mm dicken Platte beträgt die Produktionszykluszeit normalerweise weniger als 5 Minuten.

Da der Tiefziehprozess von einer amorphen PEKK-Folie ausgeht, ist es möglich, nach dem Formen ein amorphes PEKK Bauteil zu erhalten. Solche Teile weisen einen bernsteinfarbenen Farbton auf, ähnlich wie thermogeformte PEI- oder PAES-Bauteile. Das Verfahren ist einfacher, da keine In-situ-Kristallisation stattfindet und die Duktilität erhöht wird. Die höchsten thermomechanischen und chemischen Eigenschaften von PEKK ergeben sich jedoch erst im teilkristallinen Gleichgewichtszustand des Polymers.

ESCR-Test zeigt hohe chemische Beständigkeit

Die neu entwickelten Materialien verfügen über großes Potenzial für Märkte, die bisher auf amorphe Polymere wie PAES oder PEI beschränkt waren. Der große Vorteil von PEKK gegenüber diesen Kunststoffen liegt u.a. im Erreichen einer extrem hohen chemischen Beständigkeit. Teilkristallines PEKK weist eine sehr gute Beständigkeit gegenüber aggressiven Flüssigkeiten wie Kerosin, Skydrol oder Methyläthylketon (MEK) auf, die in Komponenten von Verkehrsflugzeugen vorhanden sein können, sowie generell gegenüber allen Arten von Chemikalien.

Bild 3 zeigt die Ergebnisse eines ESCR-Tests (Environmental Stress Cracking Resistance) nach einer Woche vollständigem Eintauchen in aggressiven Flüssigkeiten bei Raumtemperatur im Vergleich zu Polyphenylsulfon (PPSU) und PEI. Die Testergebnisse zeigen deutlich, dass teilkristallines PEKK selbst bei einer Belastung von 40 MPa bei 1,1 % Dehnung die beste chemische Beständigkeit aufweist. Auffallend an den Ergebnissen ist, dass selbst amorphes PEKK besser abschneidet als PEI oder PPSU, ohne jedoch das Niveau von teilkristallinem PEKK zu erreichen.

Thermogeformte PEKK-Platten weisen außerdem sehr gute mechanische Eigenschaften auf. Teilkristalline PEKK-Teile bleiben bei Raumtemperatur immer duktil mit einem Elastizitätsmodul von 3,6 GPa und einer Zugfestigkeit von 110 MPa. Bei 150 °C ist teilkristallines PEKK 25 % steifer als PEI und 280 % steifer als PC.

Aufgrund der erwähnten Begrenzung durch die Kristallisationsgeschwindigkeit war es bisher auch nicht möglich, sehr große PAEK-Bauteile zu einem erschwinglichen Preis herzustellen. Die Bearbeitung einer großen PAEK-Platte könnte grundsätzlich in Betracht gezogen werden, wäre jedoch im Hinblick auf die Kosten nicht effektiv. Um beispielsweise, das in **Bild 4** gezeigte Bauteil durch maschinelle Bearbeitung herzustellen, wäre ein PAEK-Block mit 40 cm x 30 cm x 5 cm und fast 8 kg Gewicht notwendig. Durch das Tiefziehen einer PEKK-Platte entsteht hingegen fast kein Ausschuss und es wird mit ca. 350 g deutlich weniger Material benötigt. Das führt zu wesentlich geringeren Kosten.

Leichtere und günstigere PEKK-Bauteile

Die entwickelte Technologie ermöglicht nicht nur die Herstellung großer Teile mit komplexen Designs, sondern auch die Produktion vieler kleiner Teile in einem Schritt. Mit einer großen PEKK-Platte lassen sich mehrere kleinere technische Teile fertigen, falls die Form dafür geeignet ist. Auch sind



Bild 4. Thermogeformtes Bauteil aus teilkristallinem PEKK: Durch das entwickelte Verfahren lassen sich sehr chemikalienbeständige Bauteile mit geringeren Kosten herstellen © Arkema

die Kosten für Tiefziehwerkzeuge im Vergleich zu Spritzgießformen üblicherweise deutlich niedriger. Die Technologie kann außerdem dazu beitragen bei verschiedenen Anwendungen und Bauteilen Metall durch Kunststoffe zu ersetzen. Die Dichte von Stahl beträgt etwa 8 g/cm³ und die Metallumformung ist ein kostspieliger Prozess. Die Dichte von PEKK beträgt lediglich 1,3 g/cm³. Mithilfe des Thermoformens lassen sich PEKK-Bauteile günstiger herstel-

len und bieten sich deshalb als leichtere Alternativen mit hoher chemischer Beständigkeit für Metallbauteile an.

Das Thermoformen von PEKK eröffnet Möglichkeiten für eine breite Palette an Hochleistungsbauteilen für anspruchsvolle Einsatzgebiete wie großflächige Verkleidungen, Innenverkleidungen für Flugzeuge und Schienenfahrzeug, elektrische Gehäuse, Industriekomponenten und Werkstückträger für elektronische Bauteile. ■



Folien+Fahrzeug

Plastic Films in Mobility

Fokus: Dekoration, Integration und Mechatronik
02. – 03. Februar 2021

Sicher - Informativ - Interaktiv
Jetzt digital teilnehmen!

 Digitales Event

Jetzt zur Tagung anmelden: www.folien-fahrzeug.de

 HANSER
Tagungen