

Die Eigenschaftskombination der Polyarylsulfone wie transparent, druck- und wärmebeständig sind bei dieser Hand-Espressomaschine mit der notwendigen Zulassung für den Lebensmittelbereich verknüpft

(Fotos und Quellen: BASF)

Polyarylsulfone (PSU, PESU, PPSU)

Portfolio-Optimierung. Polyarylsulfone sind amorphe Hochtemperatur (HT)-Thermoplaste, die Polysulfon (PSU), Polyethersulfon (PESU) und Polyphenylsulfon (PPSU) umfassen. Sie zeichnen sich vor allem – aber nicht nur – durch Glastemperaturen bis 225°C (PESU), Transparenz und inhärente Flammwidrigkeit aus. Zusammen mit ihrer außerordentlichen Steifigkeit, hohen Festigkeit, guten Hydrolysebeständigkeit und der ausgeprägten Chemikalienbeständigkeit ergibt sich ein Profil, das die Materialklasse für ein – im Vergleich zu anderen technischen Kunststoffen – sehr breites und weiter wachsendes Anwendungsspektrum prädestiniert. Auch deshalb findet im Markt kontinuierlich Portfolioverfeinerung statt.

**CHRISTIAN MALETZKO
NINA HERZ**

Mit einer Dauergebrauchstemperatur von bis zu 180°C stellen die Mitglieder dieser Werkstofffamilie das amorphe Gegenstück zu semikristallinen Hochtemperaturkunststoffen wie LCP (flüssigkristalliner Kunststoff), PPS

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110859

(Polyphenylensulfid) und PEEK (Polyetheretherketon) dar. Dazu kommt eine ganz besonders gute Maßhaltigkeit, die mit einer geringen Kriechneigung einhergeht und durch Faserverstärkung noch erhöht werden kann. PSU, das temperaturbeständigere PESU sowie das zähere PPSU bieten außerdem im Vergleich zu den noch hitzebeständigeren PEEK-Produkten ein konstanteres Eigenschaftsprofil bei Temperaturänderungen.

Hersteller, Kapazitäten, Produktion

Nach der Übernahme von Gharda durch Solvay im Jahr 2006 und der darauf folgenden Portfolio-Optimierung unter

Substitution der Gafone-Marken durch Veradel-Marken gibt es derzeit weltweit noch drei große Produzenten für Polyarylsulfone: BASF SE, Ludwigshafen, Solvay, Brüssel/Belgien, und Sumitomo,

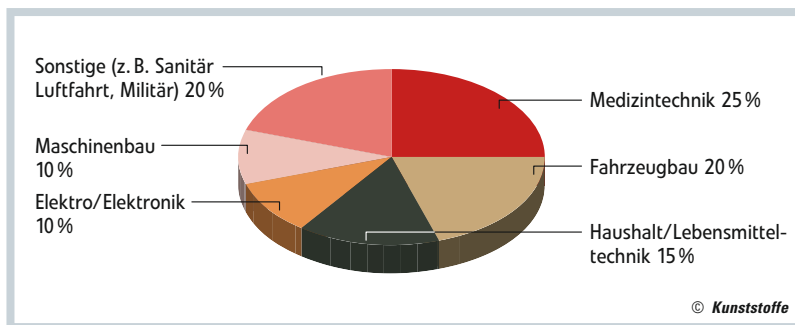
Produzent	Produkte	Kapazität [t/a]
BASF	PSU, PESU, PPSU	12 000
Sabic	PEI	15 000
Solvay	PSU, PESU, PPSU	30 000
Sumitomo	PESU	3000

Tabelle 1. Die wichtigsten Polyarylsulfon- und Polyetherimidhersteller der Welt (Stand: 2010)

Sendai/ Japan. Die zugehörige Produktionskapazität ist in den vergangenen fünf Jahren um mehr als 30 % auf etwa 45000 t/a angestiegen. Das mit den Polyarylsulfonen bei vielen Anwendungen im Wettbewerb stehende PEI (Polyetherimid) der Sabic Innovative Plastics, Pittsfield, MA/ USA, mitgerechnet, umfasst dieser Gesamtmarkt eine Produktionskapazität von etwa 60000 t/a (**Tabelle 1**).

Die sehr breite Palette der Einsatzgebiete umfasst neben Automobil und Elektro/Elektronik viele hoch spezialisierte innovative Anwendungen, z. B. in der Messtechnik, in Brennstoffzellen oder in der Fertigung von Hochleistungsmembranen. Die Hochtemperaturkunststoffe übernehmen oft eine technische Vorreiterrolle und Aufgaben, denen andere Kunststoffe nicht gewachsen sind (**Titelbild**). Der Markt für amorphe Hochtemperaturkunststoffe ist daher nach wie vor stark fragmentiert (**Bild 1**).

Bild 1. Weltweiter Verbrauchsanteil von amorphen HT-Thermoplasten, aufgesplittet nach Anwendungsgebieten (Stand: 2010)



Spezialprodukte und -anwendungen

Ein repräsentatives Beispiel für aktuelle Produktinnovationen ist das im Jahr 2010 vorgestellte Ultrason Dimension der BASF. Bei dem modifizierten glasfaserverstärkten PESU gelang es, gute Dimensionsstabilität bei hohen Einsatztemperaturen, überzeugende mechanische Leistungsfähigkeit und leichte Verarbeitbarkeit im Spritzgießen zu verbinden. Bisher hatten sich diese Anforderungen im Bereich der Hochtemperaturwerkstoffe gegenseitig ausgeschlossen. Bei

dem neuen Werkstoff konnte die Fließfähigkeit gesteigert werden, ohne die gewohnt hohe Dimensionsstabilität der amorphen Matrix zu beeinträchtigen. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des neuen Ultrason ist etwa so hoch wie der von Aluminium, was interessante Anwendungen unter der Motorhaube und im heißen Öl nahelegt, zum Beispiel bei Kolben und Zahnradern (**Bild 2**).

Darüber hinaus hat die BASF seit etwa drei Jahren auch PPSU im Sortiment, das als Ultrason P bezeichnet wird. Dieser Hochleistungskunst-

stoff zeichnet sich vor allem durch die Kombination aus der hohen Schmelztemperatur eines PESU, der geringen Wasseraufnahme eines PSU und einer Charpy-Kerbschlagzähigkeit aus, die etwa zehnmal so groß ist wie die anderer amorpher Hochtemperaturwerkstoffe. Das Material, das sich auch unter scharfen Bedingungen sterilisieren lässt, eignet sich daher für Ventile im Sanitär und Lebensmittelbereich.

Auch anspruchsvolle Anwendungen wie in Ölregelkolben oder Ölpumpen (**Bild 3**) werden erst durch kontinuier-

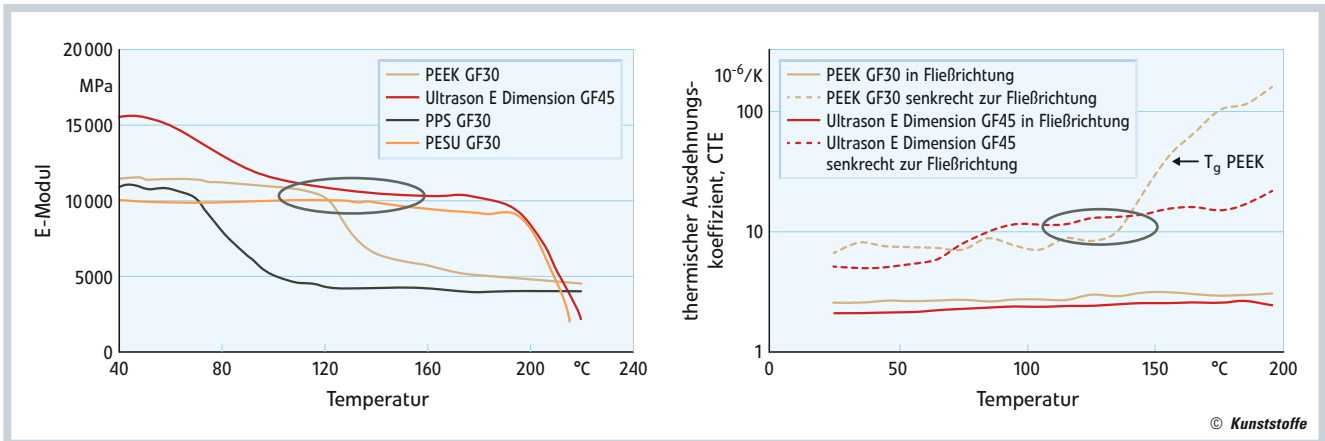


Bild 2. Das neue Ultrason Dimension, ein Polyethersulfon der BASF mit neuer Rezeptur, vereint drei Eigenschaften, die bei diesen Materialien bisher als nicht kombinierbar galten: Es ist auch bei der Temperatur von heißem Öl im Vergleich zu Standard- und Wettbewerbsmaterialien sehr dimensionsstabil (rechts), sehr steif (links) und lässt sich trotz seines hohen Glasfasergehalts gut verarbeiten

liche Weiterentwicklung amorpher HT-Thermoplaste möglich. Für diese Bauteile qualifiziert sich das demnächst als Ultrason E 2010 C2 TR im Sortiment verfügbare kohlefaserverstärkte PESU der BASF nicht nur durch seine Dimensionsstabilität. Ausschlaggebend ist auch, dass der Werkstoff durch seine optimierte Rezeptur – verglichen mit dem Vorgänger Ultrason KR 4113 – über nochmals verbesserte tribologische Eigenschaften verfügt. Kohlefaserverstärkte Polyethersulfone können in bestimmten Anwendungen bezüglich thermischer Ausdehnung und bei Temperaturen bis zu 200°C mit Metallen konkurrieren.

Automobilbau

Hauptanwendung der Polyarylsulfone im Automobilbereich sind nach wie vor Scheinwerferreflektoren, aber auch Blenden und Gehäuse (Bild 4). Die häufig eingesetzten Halogenlampen entwickeln große Hitze, die von den verwendeten Werkstoffen toleriert werden muss. Scheinwerfer können heute bis zu 200°C heiß werden. Hier ist neben hohen Erweichungstemperaturen eine sehr hohe Dimensionsstabilität gefragt, denn Gestalt und Lage des Lichtkegels sollten sich auch bei Dauerbetrieb nicht ändern. Das zieht Anforderungen an niedrige Wasser-

aufnahme, niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE), niedrigen Schrumpf und geringe Kristal-



Bild 3. Ölpumpenkolben von SHW (Schwäbische Hüttenwerke Automotive): Ein besonders bezüglich Gleitreibung optimiertes Polyethersulfon der BASF wird demnächst unter dem Namen Ultrason E 2010 C2 TR offiziell ins Sortiment aufgenommen (TR: Tribologie); seine Verschleißrate liegt – ohne den Einsatz von Schmiermitteln – um ein Hundertfaches unter der von klassischem PESU

lisationsneigung nach sich. Des Weiteren dürfen auch bei hohen Temperaturen weder Fogging noch Alterungseffekte auftreten. Der entscheidende Vorteil gegenüber duroplastischem BMC ist die Möglichkeit der direkten Metallisierung. Hier bewähren sich seit einiger Zeit Polyethersulfone wie Ultrason-E 2010 Q26 der BASF und Polyetherimide (PEI) von Sabic. Solvay bietet ebenfalls direktmetallisierbare Polyethersulfone für den Beleuchtungssektor an, die für Einsatztemperaturen von bis zu 205°C ausgelegt sind und

sich zudem durch hohe Schmelzflussraten auszeichnen (Radel LTG-3000 PES). Hohe Anforderungen an die

Bauteilgeometrie lassen sich ohne PESU oder PEI kaum erfüllen, das gilt inzwischen auch für Innenraumleuchten (Bild 5). Leicht fließende Polysulfone wie Udel LTG-2000 (Solvay) beginnen darüber hinaus, in niedrigeren Temperaturbereichen auch Polycarbonat und (PC+PEI)-Blends Konkurrenz zu machen. Die amorphen HT-Thermoplaste stehen hier im direkten Wettbewerb zu Duroplasten. Trotz des deutlich höheren Materialpreises konnten die Polyethersulfone in den letzten Jahren durch Vorteile wie Designfreiheit

und Gewichtsersparnis ein deutliches Wachstum verzeichnen.

Daneben bieten spezielle schwarz eingefärbte Kunststoffe neue Möglichkeiten. Ihre hohe Wärmeabsorption ist im Scheinwerfer aber ein Nachteil. Das schwarze PESU der BASF, Ultrason E 2010 MR black HM, heizt sich durch den Einsatz eines infrarottransparenten Pigments im Betrieb jedoch wesentlich weniger auf als klassische Typen (HM = Heat Management). Die verschärfte Richtlinie ECE R19 F3 zur Verminderung der Blendwirkung von Nebelscheinwerfern könnte in Zukunft dazu führen, dass ein solcher Werkstoff noch interessanter wird: Wenn ein Teil des Reflektors nicht mehr metallisiert ist, wird sich der Kunststoff in diesem Bereich weiter erwärmen.

Um den leicht goldenen Farbstich der amorphen HT-Thermoplaste zu beseitigen, kann anstelle des Einfärbens auch ein opakes Erscheinungsbild seine Wirkung tun. Das Unternehmen bietet hier Ultrason E 2010 MR HP an – ein PESU-Blend, das auch ohne Spezialpigmente ansprechend opak ist. Der Werkstoff zeichnet sich darüber hinaus durch eine geringe Dichte und eine deutlich verminderte Wasseraufnahme aus und hat außerdem eine um 10 bis 20 % gesteigerte Fließfähigkeit. →



Bild 4. Durch die veränderte Lichttechnik und weil Scheinwerfer zunehmend als Designelement eingesetzt werden, sind die Anforderungen an die Materialien für Reflektoren (rechts), aber auch für Blenden (links) und Gehäuse deutlich gestiegen. In diesem Anwendungsbereich gibt es inzwischen einige Produktverbesserungen

Elektro/Elektronik

Im Elektro- und Elektronikmarkt erfreuen sich PSU und PESU nach wie vor bei Schaltklinken für Sicherungsautomaten guter Nachfrage (Bild 6), wo die reduzierte Kriechneigung und die hohe Dimensionsstabilität dieser Kunststoffe geschätzt wird. Hier werden u.a. die BASF-PESU Ultrason E 2010, E 3010 (mit hoher Schlagzähigkeit und Spannungsrissbeständigkeit) und das PSU Ultrason S 2010 G6 eingesetzt. Ansonsten finden sich amorphe HT-Thermoplaste im E&E-Sektor in einer Vielzahl von Kleinanwendungen wieder, etwa in Brennstoffzellen-Komponenten, in Gehäuseteilen von Luftbefeuchtern oder Industriebatterien. Dazu kommen transparente Displays aus Polyethersulfonen wie Ultrason E 2010 HC (HC: High Clarity). Die Kunststoff-Displays sind nicht nur biegsamer, sondern im Vergleich zu Glas-Displays auch deutlich schlanker und leichter. Die Entwicklung dieser Displays wird derzeit vor allem in Asien vorangetrieben; daher ist hier auch der asiatische Anbieter Sumitomo sehr stark engagiert.

Küche und Bad

Im Haushalt finden PESU, PPSU und PSU vielfältige Anwendungen. Faserverstärkte Varianten sind z.B. bei Teilen von Kaffeemaschinen oder Samowaren im Einsatz, die mit heißem Wasserdampf in Berührung kommen. Hier stehen Polyarylsulfone, die selbstverständlich über die notwendigen lebensmittelrechtlichen Zulassungen verfügen müssen, in Konkurrenz zu Metall (Bild 7): Hohe Hydrolysebeständigkeit und geringe Aufnahme-fähigkeit gegenüber Le-

bensmittelfarbstoffen sind hier gefragt, außerdem Beständigkeit gegenüber Reinigungsmitteln und hohen Temperaturen, wie sie heiße Fette in der Mikrowelle erreichen. Gleichzeitig ist eine hohe Zähigkeit nötig, die dann zählt, wenn Kunststoffteile zusammen mit Stahltopfen in Industriespülmaschinen gereinigt werden. Wachsende Bedeutung erlangt PESU außerdem in Babyflaschen, wo sich helle Materialvarianten bewähren. Polyethersulfone wie Ultrason E 2010 sind bei hohen Temperaturen problemlos ste-

rilisierbar. PPSU ist im Haushalt u. a. bei Fittings von Rohrverbindungen gefragt. Hier gilt es, die Bildung von Mikrorissen schon im Ansatz zu vermeiden. Die BASF hat für diese Anwendung mit Ultrason P 3010 seit Kurzem einen besonders kerbschlagzäh und spannungsrisssbeständigen Typen am Markt, der sich auch in robusten Tablets und in der Flugzeug-Innenausstattung bewähren kann. Um im Fitting-Markt erfolgreich zu sein, ist allerdings ein umfangreiches Datenpaket zur Innendruckbeständigkeit von Prüfkörpern gemäß ISO 9080 nötig. Nur mit diesen Daten, die für Ultrason P nun vollständig vorliegen, lassen sich DIN-gerechte Fittings auslegen. Solvay bietet unter dem Handelsnamen Radel R ebenfalls PPSU an. Der Absatz von Polyarylsulfonen im Haushaltssektor wächst seit Jahren stabil.

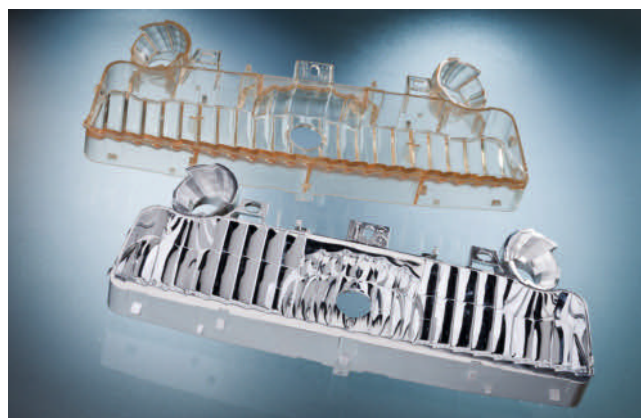


Bild 5. Um komplexe Geometrien wie diesen Reflektor einer Auto-Innenraumbeleuchtung problemlos entformen zu können, bietet sich ein Ultrason E 2010 MR an (MR: mold release). Trotz der guten Entformbarkeit des Werkstoffs ist er hochklar, sodass er nicht nur bei beschichteten Anwendungen wie hier, sondern auch bei optisch anspruchsvollen Haushaltsprodukten, z. B. Fritteusendeckeln, zum Einsatz kommen kann

Wasserreinigung, Medizin und Luftfahrt

Ganz andere Eigenschaften sind von Polyarylsulfonen im Bereich der Membrantechnologie gefordert. Hier nutzt man aus, dass mit Wasser aus organischen Lösemitteln gefällte

Polyarylsulfon-Filme und -Filamente sind durch eine außerordentlich gut reproduzierbare Porosität auszeichnen. PSU- und PESU-Membranen finden sich in der Mikro- und Ultrafiltration, die in Medizintechnik, Getränkeverarbeitung und Trinkwasseraufbereitung eine wichtige Rolle spielen (Bild 8). Die notwendige Sterilisierbarkeit fordert besonders chemikalienbeständige Materialien, die einen breiten Bereich an Viskositäten abdecken. Im Fall der technischen Wasserbehandlung und -reinigung muss das Material darüber hinaus eine hohe mechanische Stabilität aufweisen. Um hohen Durchsatz und damit hohe Produktivität der Systeme zu gewährleisten, sind hochmolekulare PESU-Typen wie Ultrason E 6020 P oder E 7020 P im Einsatz. Gegenüber PVDF-Membranen sind sie nicht nur durchlässiger, sondern entfernen Viren auch zuverlässiger. In Dialysemem-

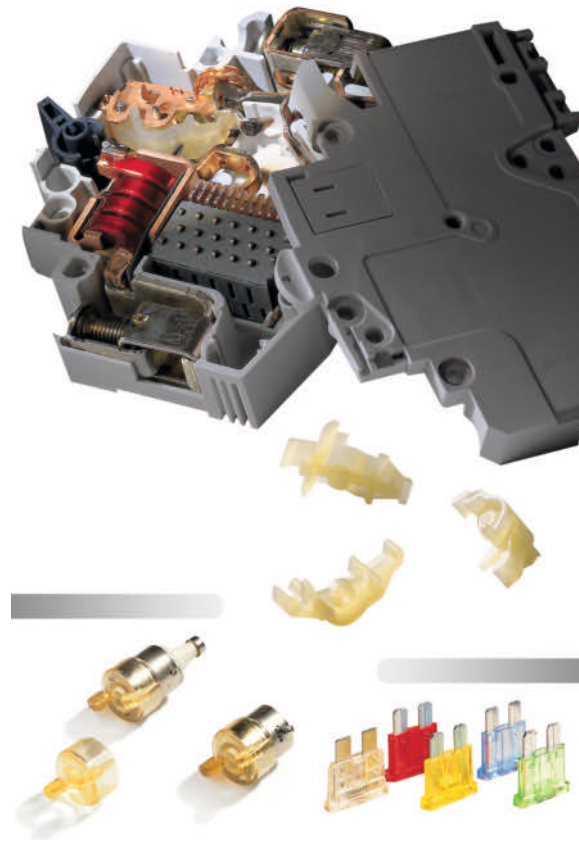


Bild 6. Typische Elektro/Elektronik-Anwendungen: Schaltklinken, Sicherungshalter und Sicherungsummantelungen aus Polyarylsulfonen

branen haben sich die Polyarylsulfone ebenfalls durchgesetzt, während das PEI Ultem der Sabic Verwendung in sterilisierbaren Containern gefunden hat. Damit bietet die Medizintechnik sehr attraktive Wachstumsmöglichkeiten für PESU und PSU, aber auch PEI.

In der Luftfahrt bewähren sich Hochleistungsmaterialien wie Polyarylsulfone, u. a. weil sie ohne Zusätze inhärent flammwidrig sind. Im Gegensatz zu vielen anderen polymeren Werkstoffen, bei denen Rauchgasdichte und -toxizität steigen, wenn sie über Additive flammwidrig eingestellt werden, legen Polyarylsulfone von Haus aus gute FST-Werte (FST = Flame Smoke Toxicity) an den Tag. Auch Polyetherimide, speziell in der Ausprägung als Blend und Schaumstoff, kombinieren hohen Flammschutz mit geringem Gewicht und finden daher in der Luftfahrt Anwendung. Die hervorragenden Brand- →

schutzeigenschaften beider Materialklassen qualifizieren sie daher auch für den Einsatz in vielen anderen, ähnlich sicherheitssensitiven Transportmitteln wie U-Bahnen. Interessante Chancen eröffnen sich im Luftfahrtsektor den leichten, kohlefaserverstärkten Epoxy-Carbon-Prepregs. Eine Möglichkeit, ihre Rissanfälligkeit zu verringern und ihre Schlagzähigkeit zu erhöhen, besteht darin, die Harze durch Zugabe von Polyethersulfonen zu modifizieren. Die BASF ist in diesem Geschäft mit den Ultrason-Typen E 2020 P und E 2020 P SR (Micro) vertreten. Die Besonderheit besteht in den Hydroxygruppen der Polymer-



Bild 7. Kaffeemaschinen und Samoware erfordern Materialien wie Polyarylsulfone, die mit heißem Wasser in Berührung kommen können, ohne Schaden zu nehmen, und die über die nötigen Zulassungen für den Einsatz bei Lebensmitteln verfügen

ketten, die eine gute Verträglichkeit zu Epoxidharzen herbeiführen. Das Material wird in Flocken- oder Pulverform geliefert, um die Verarbeitung in gängigen Lösemitteln zu erleichtern. Eine besondere Variante sind dünne PESU-Vliese, die auf Spezialmaschinen gefertigt werden und sich zwischen Epoxidharz-Kohlenfaser-Prepregs verpressen lassen (Bild 9): So wird der zähmodifizierende Effekt des Ultrason noch homogener in das Hochleistungsbauteil eingebracht. Pul-



Bild 8. Gefällte Polyarylsulfone weisen Poren mit sehr gut kontrollierbaren, geringen Durchmessern auf und finden – hier ein Hohlfaserbündel – in der Mikro- und Ultrafiltration immer häufiger Anwendung. Die hohe Temperatur- und Hydrolysebeständigkeit erlaubt eine wiederholte Sterilisierung

ver mit ähnlichen Eigenschaften sind auch von Sumitomo und Solvay erhältlich. Leicht lösliche Pulver-PESU-Typen wie Sumikaexcel 5003 P (Sumitomo) spielen nach wie vor auch in Lacken, widerstandsfähigen Beschichtungen und hochtemperaturbeständigen Klebstoffen eine wichtige Rolle.

Herausforderungen und Aussichten

Bei allen Anbietern der Materialfamilie gehen die Entwicklungsbemühungen zu PESU- und PPSU-Typen

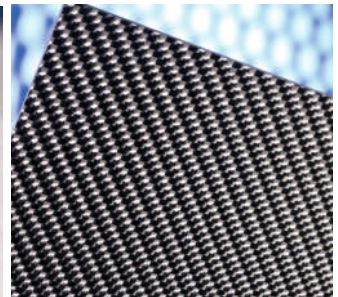


Bild 10. Im Visier des Feuerwehrhelms ist die hochtransparente PESU-Variante Ultrason E 2010 HC im Einsatz. Hier kommt die Kombination aus hoher Temperaturbeständigkeit, inhärenter Brandsicherheit, hoher Transparenz und Bruchsicherheit zum Tragen. Bei dieser Spezialtype gelang es, die typische gelbe Eigenfarbe des Kunststoffes deutlich zu reduzieren und so eine hohe optische Reinheit zu erzielen

mit immer hellerer Farbe: Der leichte bis mittlere Gelbton ist ein bekanntes Phänomen aller Hochtemperaturkunststoffe. Mit Ultrason E 2010 HC (Bild 10) ist die BASF hier einen



Bild 9. Das tschechische Unternehmen Elmarco verwendet den BASF-Hochleistungskunststoff Ultrason E2020 P SR, um Vliese herzustellen (links). Diese Schichten aus dünnen Fasern dienen als Zähmodifikator und verleihen Carbonfaser-verstärkten Composites (rechts) besonders hohe Festigkeit



großen Schritt weiter gekommen. Weitere Veränderungen im Markt werden sich dadurch ergeben, dass PPSU nach Ablauf von Patenten nun weltweit unbeschränkt in sterilisierbaren Boxen genutzt werden kann. Darüber hinaus bleibt auch weiterhin ein Hauptcharakteristikum der Polyarylsulfone die Vieltätigkeit ihrer Anwendungen im Vergleich zu anderen technischen Kunststoffen. Ihre hohe Verarbeitungstemperatur fordert zwar ein etwas vorsichtigeres Arbeiten im Spritzgießen: Beispielsweise sind Spannungsrisse durch die gute Haftung zum Metall oder Silberstreifen aufgrund hoher Feuchtigkeit und starker Scherung eine Herausforderung, die man in dieser Form von Polyamid oder PBT nicht

kennt. Nach der Optimierung seiner Werkzeuge und Maschineneinstellungen wird der Verarbeiter dann aber mit qualitativ hochwertigen, leistungsfähigen und formschönen Bauteilen belohnt, die in ihren Nischenmärkten hohe Wertschöpfung bieten. ■

DIE AUTOREN

DR. CHRISTIAN MALETZKO ist Technical Product Manager Ultrason in der Einheit Engineering Plastics Europe bei der BASF SE, Ludwigshafen.

NINA HERZ ist Commercial Product Manager Ultrason in der Einheit Engineering Plastics Europe bei der BASF SE, Ludwigshafen.

SUMMARY POLYARYLSULFONES (PSU, PESU, PPSU)

PORTFOLIO OPTIMIZATION. Polyarylsulfones are amorphous high-temperature (HT) thermoplastics, comprising polysulfone (PSU), polyethersulfone (PESU) and polyphenylsulfone (PPSU). They feature principally – but not only – glass transition temperatures up to 225°C (PESU), transparency and inherent flame resistance. With their exceptional stiffness, high strength, good hydrolysis resistance and outstanding chemical resistance, they offer a profile that – in comparison to other engineering plastics – predestines this material class for a very broad applications spectrum that is still growing. For these reasons, a continuous process of portfolio refinement is taking place in the market.

Read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on www.kunststoffe-international.com