

# Nur ein Schritt statt drei

**Modifiziertes PTFE.** Ein in der Polymerstruktur modifiziertes PTFE lässt sich nun auch thermoplastisch verarbeiten. Das gestattet völlig neue Designfreiheiten und Anwendungen mit diesem Fluorkunststoff, die bisher nicht möglich waren. Gleichzeitig erhöht sich die Wirtschaftlichkeit der Bauteilherstellung.

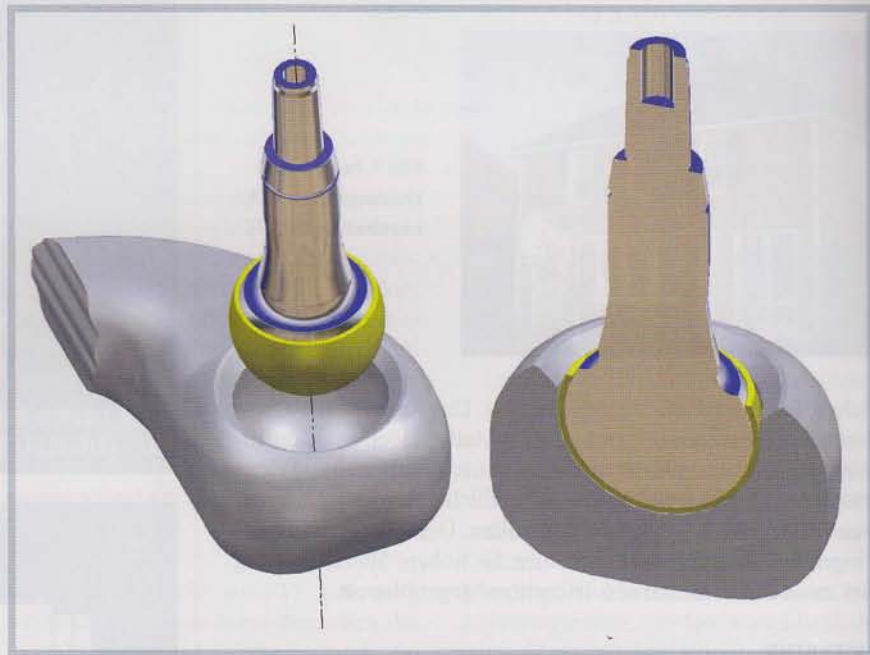
**KATJA WIDMANN  
MICHAEL SCHLIPP**

**P**olytetrafluorethylen (PTFE) ist ein schon lange bekannter Hochleistungswerkstoff, der sich mit seinem einzigartigen Eigenschaftsspektrum besonders in anspruchsvollen Anwendungen bestens bewährt hat [1]. Durch geeignete Polymermodifikation ist es mit dem neu entwickelten Produkt Moldflon gelungen, ein thermoplastisch verarbeitbares Produkt zu erzielen. Somit eröffnen sich diesem Werkstoff weitere zusätzliche Anwendungen durch neue Freiheitsgrade in der thermoplastischen Formgebung. Bisherige Nachteile traditioneller PTFE-Verarbeitungsmethoden, insbesondere hoher Materialabfall durch Zerspanungstechniken und begrenzte Oberflächengüte, können überwunden werden.

Durch die thermoplastische Verarbeitbarkeit von Moldflon lassen sich Bauteile aus PTFE in einem Arbeitsschritt herstellen. Bei klassischem PTFE waren hierfür noch mindestens drei Schritte – Pressen, Sintern und Zerspanen – erforderlich. Durch die neu hinzugewonnene Möglichkeit des Umspritzens von Einzelbauteilen kann das Produktdesign stark vereinfacht werden. Lean-Manufacturing ersetzt bisher aufwendige Mehrkomponentenlösungen.

Bisher standen dem Verarbeiter bei der Herstellung von PTFE-Umhüllungen prinzipiell zwei Methoden zur Verfügung:

**Isostatisches Pressverfahren:** Dabei wird das Einlegeteil in den PTFE-Rohstoff, der in Pulverform vorliegt, eingebettet und anschließend gesintert. Üblicherweise muss dann die Oberfläche aufgrund der geforderten engen Toleranzfelder mittels eines Zerspanungsprozesses nachgearbeitet werden. Dabei lassen sich



**Bild 1. Formgenauer Passsitz setzt die Einhaltung minimaler Toleranzen beim Umspritzen voraus (links); das Umspritzen des Kugelgelenkkopfes mit neu entwickeltem PTFE erfolgt nach Vorheizen des Einlegeteils (rechts)**

glatte Oberflächen und anspruchsvolle Konturen nur schwierig darstellen.

**Teile-Vorfertigung:** Eine andere Möglichkeit, die PTFE-Außenhaut zu erzeugen, besteht darin, Einzelbauteile aus PTFE vorzufertigen. Anschließend wird das Einlegeteil mittels weiterer Formgebungsschritte eingebettet bzw. die PTFE-Komponenten zu der endgültigen Hüllenkontur verschweißt. Dadurch, dass Moldflon thermoplastisch verarbeitet werden kann, können nun die Einlegeteile umspritzt und somit die Prozesskette

drastisch gekürzt werden. Vor allem für die Großserienfertigung besteht somit ein enormes Einsparungspotenzial.

Typische Bauteile, die nur sehr schwierig durch herkömmliche PTFE-Verarbeitungsprozesse gefertigt werden können, sind beispielsweise Gelenkkapseln von Kugelgelenken. Die Einzelkomponenten der Konstruktion und der Einbauzustand sind in **Bild 1** dargestellt.

Um nun diese neue „Außenhaut“ aus Moldflon mittels Spritzgießverfahren erzeugen zu können, muss nicht nur sehr viel Erfahrung in Bezug auf das Werkstoffverhalten, sondern auch ein umfassendes Fachwissen hinsichtlich der Fertigungstechnik vorhanden sein. Da der Schmelzpunkt von Moldflon bei ca. 320°C liegt, sind Schmelzetemperaturen von 360°C und Werkzeugtemperaturen um 260°C erforderlich. Die zu umspritzenden Formteile müssen demzufolge in

**i Kontakt**

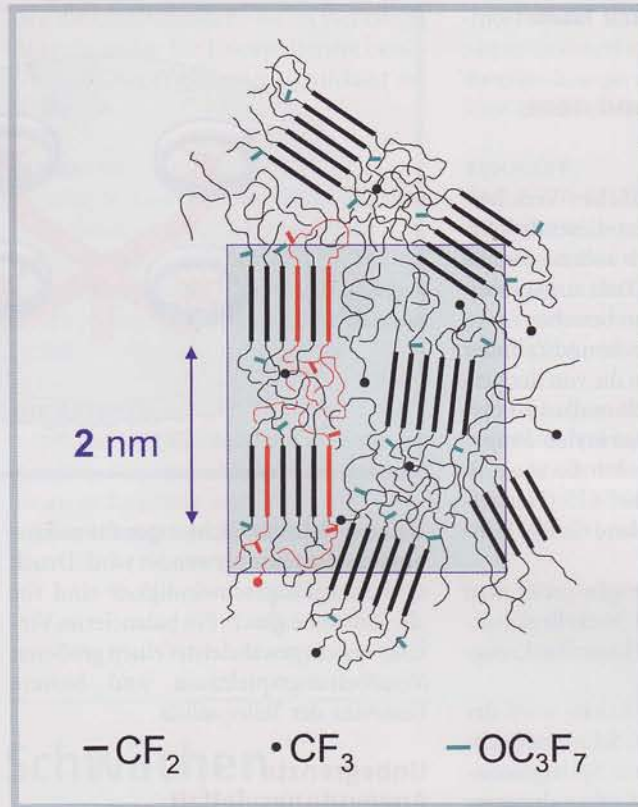
**ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH**  
 D-89520 Heidenheim  
 TEL +49 7321 9641-14  
 → [www.elringklinger-kunststoff.de](http://www.elringklinger-kunststoff.de)

einer Temperierstation vorgewärmt und anschließend in die Kavität des Spritzgießwerkzeugs überführt werden. Je nach Aufgabenstellung können zur Reduzierung von Formteiltoleranzen auch Halte- und Zentrierstifte verwendet werden. Um zu verhindern, dass die Kunststoffschmelze im Bereich der Stifte frühzeitig erstarrt, werden diese sowie die umliegenden Komponenten beheizt. Im Verlauf des Einspritzvorgangs werden die Stifte zurückgezogen. Dies erfordert werkzeugtechnische Sondereinrichtungen. Die Abstimmung aller relevanten, in den Prozess eingreifenden Parameter vom Einspritzbis zum Entformungsvorgang sind von höchster Bedeutung für die Bauteilqualität.

### Polymeraufbau und Werkstoffeigenschaften

Die Gleitschichten in Kugelgelenken unterliegen im Einsatz insbesondere einer dauernden oder auch stoßweise auftretenden Druckbelastung, wobei im Kraft- oder Nutzfahrzeug in der Nähe der Antriebsaggregate auch hohe Temperaturen auftreten können. Sowohl Druck- als auch Temperaturschwankungen fordern einerseits eine hohe Druckbeständigkeit des Werkstoffs, andererseits sollte dieser aber auch relaxierende Eigenschaften aufweisen. Nur durch diese Eigenschaftskombination kann Spiel-Bildung im Einsatz minimiert werden. Auftretende Reibbelastung erfordert einen geringen Reibungskoeffizienten des Kapselwerkstoffs und eine hohe Abriebbeständigkeit. Die Möglichkeit des Trockenlaufs im Dauerbetrieb reduziert den Wartungsaufwand und die Systemkosten.

Wie muss nun ein Werkstoff beschaffen sein um diese Anforderungen möglichst optimal zu erfüllen? **Bild 2** stellt den Polymeraufbau von Moldflon im Festzustand dar [2]: Die Struktur dieses teilkristallinen Werkstoffs setzt sich zusammen aus lamellenartigen Kristalliten (dunkel



**Bild 2.** Polymeraufbau eines thermoplastisch verarbeitbaren PTFE: Kristalline Lamellen wechseln sich mit amorphen Zonen ab; der Werkstoffverbund (und damit die mechanischen Eigenschaften) wird durch „Bindemoleküle“ (rot abgebildet) sichergestellt

dargestellt) und den dazwischen liegenden amorphen Zonen. Um gute mechanische Festigkeit des Werkstoffs zu erreichen, müssen die Kristallite in ausreichender Anzahl durch sogenannte „Bindemoleküle“ miteinander verbunden werden. Diese Bindemoleküle sind in verschiedenen Lamellen verankert und halten sie auf diese Weise zusammen. Der wesentliche Unterschied zu Standard-PTFE besteht nun darin, dass die Lamellen in Moldflon ungefähr um den Faktor 10 kleiner sind als die des PTFE. Dadurch können schon vergleichsweise kurze Molekülketten als Bindemoleküle fungieren. Kurze Molekülketten wiederum bewirken eine niedrigere Viskosität der Polymerschmelze, die Grundvoraussetzung für eine thermoplastische Verarbeitbarkeit. Deshalb ist es möglich, Moldflon nach den klassischen Methoden der Ther-

moplastverarbeitung, also mittels Spritzgießen, Extrusion oder Transfer-Molding zu verarbeiten. Selbst das Schmelzspinnverfahren kann zur Herstellung sehr dünner Fasern mit extrem glatter Oberfläche angewandt werden.

Durch die engmaschige Vernetzung der extrem kleinen Kristallite ist der Werkstoff, verglichen mit Standard-PTFE, äußerst druckbeständig und weist deshalb einen geringen Kaltfluss auf. Durch die molekulare Verschiebbarkeit innerhalb der kristallinen Bereiche können diese, wie von Grafit, Molybdänsulfid oder den PTFE-Mikropulvern bekannt, als Trockenschmierstoff wirken. Dies ist der Garant für den niederen Reibungskoeffizienten und den dadurch bedingten geringen Abrieb dieses innovativen Werkstoffs. Die Einordnung von Moldflon in die Produktfamilie „Vollflu-

Eigenschaft		PTFE	mod. PTFE	Moldflon	PFA	MFA	FEP
Dichte	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,13–2,20	2,13–2,19	<b>2,14–2,18</b>	2,12–2,17	2,12–2,17	2,12–2,17
Bruchfestigkeit	[MPa]	35	35	<b>20–30</b>	30	30	25
Bruchdehnung	[%]	450	600	<b>200–400</b>	400	350	350
Zug-E-Modul	[MPa]	500	650	<b>400–600</b>	550	500	550
Dauergebrauchstemperatur	[°C]	260	260	<b>260</b>	250	240	190
Wärmeleitfähigkeit	[W/K·m]	0,22–0,23	0,22–0,23	<b>0,22–0,23</b>	0,22	0,22	0,2
Dielektrizitätskonstante	[ε <sub>r</sub> ]	2,15	2,15	<b>2,1</b>	2,1	2,2	2,15
Brennbarkeit (UL Standard)		V-0	V-0	<b>V-0</b>	V-0	V-0	V-0
MFR (372/5)	[g/10min]	0	0	<b>2–15</b>	2–20	5–30	1–30

**Tabelle 1.** Das neu entwickelte PTFE Moldflon im Eigenschaftsvergleich mit vollfluorierten Kunststoffen

orierte Kunststoffe“ kann **Tabelle 1** entnommen werden.

**Herausforderung und neue Möglichkeiten**

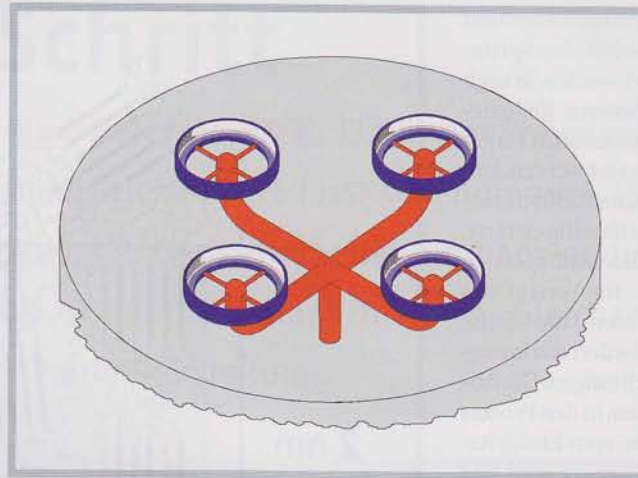
Moldflon hat unter üblichen Verarbeitungstemperaturen korrodierende Wirkung auf Stahl. Deshalb sollten alle die Schmelze berührenden Teile aus korrosionsbeständigen Metallen bestehen.

Im Bereich von Schnecke und Zylinder werden im Wesentlichen die von der Verarbeitung von PFA (Perfluoralkoxy-Polymer) und FEP (fluoriertes Etylen-Propylen) her bekannten Werkstoffe wie z. B. Hastelloy C4 und Inconel 625 (Hersteller: Uddelholm Deutschland GmbH) eingesetzt.

Bei den Formwerkzeugen greift man insbesondere auf Nickel, Nickellegierungen und speziell beschichtete Werkzeugstähle zurück.

Durch große Angusskanäle wird der Scherempfindlichkeit der Schmelze Rechnung getragen. Bei kleinen Spritzgussteilen ist das Gewicht des Kaltkanalsystems häufig größer als das Gewicht der Bauteile. Dank der guten Recyclingfähigkeit von Moldflon lassen sich jedoch die Angussstücke wieder leicht in den Produktstrom zurückführen.

**Bild 3** stellt ein balanciertes Verteilersystem dar, wie es beispielweise für die Her-



**Bild 3.** Balanciertes Verteilersystem zur Herstellung von Dichtungen für mikrooptische Systeme im Mikrospritzgießen. Der Durchmesser der Dichtungen (blau dargestellt) liegt üblicherweise im Bereich < 10 mm

stellung kleinster Dichtungen für mikrooptische Systeme verwendet wird. Druck und Einspritzgeschwindigkeit sind für alle Kavitäten gleich. Ein balanciertes Verteilersystem gewährleistet einen größeren Verarbeitungsspielraum und bessere Konstanz der Teilequalität.

**Unbegrenzte Anwendungsvielfalt**

Durch die Kombination der Eigenschaften von PTFE mit der Möglichkeit der Thermoplastverarbeitung eröffnen sich dem neuen thermoplastisch verarbeitbaren Hochleistungswerkstoff eine Vielzahl an neuen Anwendungen, die bisher in

dieser Weise nicht abgedeckt werden konnten.

Obwohl sich der Werkstoff erst in der Produkteinführungsphase befindet, so zeichnet sich doch schon jetzt eine umfangreiche Palette neuer Systemlösungen ab. Durch die Möglichkeit der Herstellung einer Vielzahl von Compounds erweitert sich dabei das Spektrum des „Natur“-Werkstoffs noch zusätzlich. Am Beispiel Automobil sollen die Möglichkeiten exemplarisch dargestellt werden. Die in **Bild 4** aufgeführten potenziellen Anwendungen für Moldflon und daraus hergestellte Compounds sind in erster Linie über die Verarbeitungsprozesse Extrusion und Spritzgießen zugänglich. Jedoch auch

**Motor**

- Moldflon-Abdichtungen in Hochdruck-Einspritzpumpe und -ventilen.
- Dichtungen im Thermostat und in Mehrwegventilen des Kühlkreislaufs.
- Moldflon-Dichtungen in den Kolbenpumpen des AdBlue-Systems
- Schutzschlauch für Elektrokabel

**Frontscheinwerfer**

- Memory-Dichtungen in der Scheinwerferwaschanlage

**Lenksäule**

- Moldflon-Lagerbehälter für den Flüssigtreibstoff der Airbags.
- Moldflon-Schutzkappen für Lenkwinkelsensor

**Bremse**

- Führungs- und Antiextrusionselemente in den Kolbenpumpen des ABS/ESP/ASR-Systems

**Sitz**

- Memory Dichtungen in den Kompressoren des Aktiv-Sitz-Systems

**Katalysator**

- Moldflon-blasgeformte Schutzschläuche für Lambdasonden-Zuleitung in Verbindung mit Tüllen desselben Werkstoffes; Fügetechnik mittels Umspritzen

**Räder**

- Kolbenringe/Memory Dichtungen und Führungsringe in Kompressoren für pneumatische Stoßdämpfer und Niveauregulierung

**Bild 4.** Der Anwendungsbereich Automobil bietet eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten für PTFE und auf Basis dieses Werkstoffs hergestellte Compounds (im Bild rot dargestellt)

nachgeschaltete Verarbeitungsmethoden, wie beispielsweise Blasformen oder Tiefziehen oder aber auch die automatische Zerspannung einfacher, extrudierter Profile, kommen hierbei zum Einsatz.

## Fazit

Die Kombination der klassischen Eigenschaften des PTFE mit für diesen Werkstoff neuen Verfahrenstechniken, wie Spritzgießen, Transfer Molding und Extrusion, aber auch Tiefziehen, Blasformen oder Schmelzspinnen, wird es möglich, völlig neue Produkte wirtschaftlich im Großserienmaßstab herzustellen. Auf Basis von Moldflon lassen sich Compounds leichter herstellen. Dadurch wer-

den die Einsatzbereiche dieses Werkstoffs über die bisher für Fluorpolymere bestehenden Grenzen hinaus signifikant erweitert. ■

## LITERATUR

- 1 Schlipf, M.: Konstruieren mit PTFE, Die Bibliothek der Technik, Band 300, SV Corporate Media GmbH, München 2007
- 2 Smith, P.: pers. Mitteilung Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Department of Materials, 2009

## DIE AUTOREN

DIPL.-ING.(FH) KATJA WIDMANN ist bei der ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH, Heidenheim, Leiterin der Compoundierung;  
k.widmann@elringklinger-kunststoff.de

DR. MICHAEL SCHLIPF ist als Leiter der Entwicklung bei der ElringKlinger Kunststofftechnik GmbH, Bietigheim-Bissingen und Heidenheim, tätig;  
m.schlipf@elringklinger-kunststoff.de

## SUMMARY

### ONE STEP INSTEAD OF THREE

MODIFIED PTFE. A structurally modified PTFE can now be processed as a thermoplastic. That gives designers a new range of freedom, and enables hitherto impossible applications for this fluoropolymer. At the same time part production is more efficient.

*Read the complete article in our magazine*

***Kunststoffe international*** and on

***www.kunststoffe-international.com***