

# Zusätzliche Bereiche erschlossen

## Polyetheretherketon (PEEK)

PEEK wurde erst vor rund 40 Jahren erfunden und ist daher ein noch junger Hochleistungsthermoplast. Die kontinuierliche Weiterentwicklung von Produkten und der Verarbeitung ermöglicht anspruchsvolle Komponenten in fortschrittlichen Anwendungen der Automobil-, Elektronik-, Luftfahrt-, Lebensmittel-, Öl- und Gasindustrie sowie der Medizintechnik.

Am 19. November 1978 wurde eine erste Charge Polyetheretherketon (PEEK) bei dem britischen Chemiegroßunternehmen ICI hergestellt. Nur drei Jahre später folgte die Vermarktung der ersten PEEK-Polymere unter dem Namen Victrex PEEK, darunter glas- und kohlefasergefüllte Typen. Der Thermoplast für anspruchsvolle Anwendungen überzeugte durch sein außergewöhnliches Eigenschaftsprofil und ersetzt seitdem beispielsweise an einigen Stellen Metall.

PEEK zählt zur Gruppe der Polyaryletherketone (PAEK), die an der Spitze der Polymerpyramide stehen. Sie weisen geringes Gewicht, hohe Festigkeit sowie gute Beständigkeit gegenüber Verschleiß, hohen Temperaturen, Ermüdung und aggressiven Chemikalien auf. Das kann Bauteilen eine längere Lebensdauer ermöglichen und zu mehr Gestaltungsfreiheit und Kosteneffizienz beitragen.

Das Unternehmen Victrex plc., Thornton-Cleveleys/Großbritannien, konzentriert sich vollständig auf die Herstellung von PEEK und PAEK. Seine weltweiten Produktionskapazitäten belaufen sich auf 7000 t/a. Das Unternehmen entwickelt außerdem für ausgewählte Industrien und Anwendungen neue Produktformen und Bauteile.

### Fortschritte rund um additive Fertigung

Immer mehr Materialien und Verfahren werden für die additive Fertigung entwickelt. Victrex hat dafür etwa neue PAEK-Werkstoffe angekündigt. Zum einen ein hochfestes Material für das Lasersintern, das niedrigere Austauschraten erreicht



Additiv gefertigtes Versuchsbauteil einer Befestigung aus PAEK, links im Strangauftragsverfahren hergestellt, rechts mittels Lasersintern (© 3T-RPD)

und somit das Recycling von nicht gesintertem Pulver verbessert. Zum anderen ein Filament mit höherer Festigkeit in z-Richtung und besserer Verarbeitung im Vergleich zu bisherigen PAEK-Materialien für Filament-basierte Verfahren (Fused Filament Fabrication, FFF, **Titelbild**).

Das Unternehmen Bond High Performance 3D Technology, Enschede/Niederlande, hat eine 3D-Druckanlage inklusive Software für die additive Fertigung entwickelt. Das Gerät ist in der Lage, komplexe Funktionsbauteile aus vorhandenen PEEK-Typen mit sehr guten mechanischen Eigenschaften, auch in z-Richtung, zu drucken (**Bild 1**). Das ermöglicht die

additive Fertigung von sehr festen, isotropen Bauteilen, deren Eigenschaften mit denen von herkömmlich spritzgegossenen oder gefrästen PEEK-Bauteilen vergleichbar sind.

Für die Luftfahrtindustrie sind thermoplastische Verbundwerkstoffe von wachsendem Interesse, darunter die PAEK-basierten Victrex AE 250 Composites. Ziel ist es, kosteneffiziente und umweltfreundliche Flugzeuge schneller umzusetzen und die Betriebskosten zu senken, in dem das Gewicht der Flugzeuge und damit der Treibstoffverbrauch reduziert werden. Um wertvolle Gewichts- und Kosteneinsparungen zu erzielen, »



2019 16-21 October  
BB E11-13

**维达机械**  
VICTOR MACHINERY

www.victorcnc.com  
www.victorpm.com

**MSZ505**

HIGH-SPEED INJECTION BLOW  
MOLDING MACHINE

**1.8s**

not just speed,  
but excellence

### Demo Case

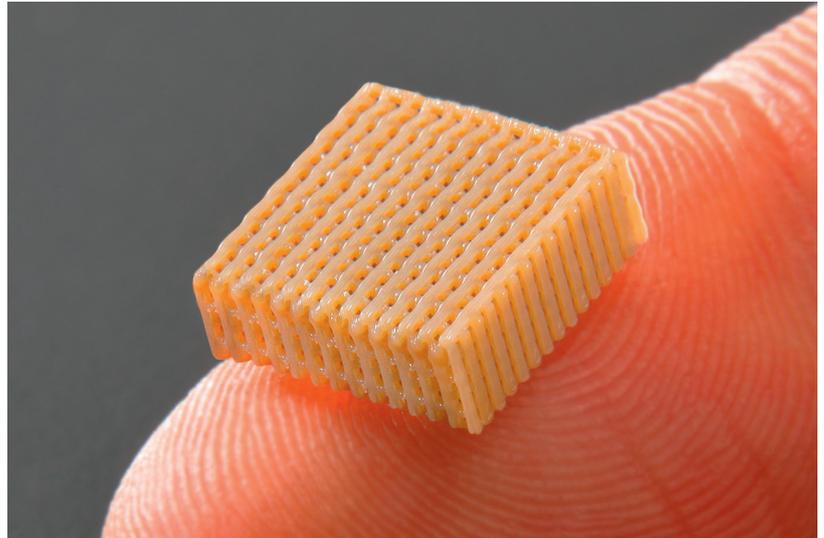
Machine: MSZ505 high-speed injection  
blow molding machine  
Mold: 80ml PP pudding bottle, 7 cavity  
Cycle Time: 13s  
Output: 1938pc s/hr



**JIANGSU VICTOR  
MACHINERY CO.,LTD**



NO.288, Xitang Road, Tangqiao,  
Zhangjiagang, Jiangsu, 215611, P.R.China  
Tel: +86-512-58441397, 58821221  
Fax: +86-512-58432128  
E-mail: sales@victorcn.com



**Bild 1.** Feinporöse Struktur aus Victrex PEEK, mit dem Verfahren des Anbieters Bond 3D gedruckt (© Bond High Performance 3D Technology)

entwickelt beispielsweise die SFS in-tec GmbH, Althengstett, in Zusammenarbeit mit der TxV Aero Composites, Bristol/Rhode Island/USA, eine Halterung für Gepäckablagen in Flugzeugen (**Bild 2**). Die ursprünglich aus Aluminium gefertigte Halterung soll aus Victrex AE 250 Composites hergestellt und mit PEEK-Polymer umspritzt werden. Die Hybridspritzgusstechnik von TxV ist besonders geeignet für das SFS-Bauteil aufgrund seines Gewichts, seiner Größe, der komplexen Geometrie und der hohen Traglast.

### Gewicht reduzieren mit UD-Tapes

Verbundwerkstoffe auf Basis traditioneller PAEK-Polymere, wie PEEK und andere Vertreter der Polymergruppe, müssen im Temperaturbereich von 360 bis 400 °C verarbeitet werden. Mit einer Schmelztemperatur von 305 °C lässt sich Victrex AE 250 zwischen 340 und 360 °C verarbeiten. Die Kombination aus Leistungsfähigkeit und Verarbeitbarkeit bietet mechanische Eigenschaften entsprechend der Anforderungen der Luftfahrtindustrie, Strukturbauteile schneller und mit weniger Energieaufwand zu verarbeiten. Das Ablegen und Konsolidieren von Prepregs aus thermoplastischem unidirektionalen (UD)-Tape untersucht Victrex gemeinsam mit der Coriolis Composites, Quéven/Frankreich. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Ablegeraten der auf Basis von Victrex AE 250 herge-

stellten Tapes denen von duroplastischen UD-Tapes im „Automated-Fibre-Placement“- oder „Automated-Tape-Laying“-Verfahren (AFP- bzw. ATL-Verfahren) gleichkommen. Eine zeit- und kostenintensive Konsolidierung im Autoklaven, wie für Duroplaste üblich, ist nicht notwendig.

Die UD-Tapes bergen großes Potenzial, Gewicht zu reduzieren und komplexe Komponenten im Flugzeugbau zeit- und kosteneffizient zu fertigen. Ein Beispiel dafür ist ein von der herone GmbH, Dresden, hergestelltes Antriebswellensystem mit an-



**Bild 2.** Spritzgegossene Halterung für Gepäckablagen in Flugzeugen aus kohlenstoffaserverstärktem PAEK

(© TxV Aero Composites)

gespritztem Zahnrad (Bild 3). Die Antriebswelle besteht aus einem aus thermoplastischen UD-Tapes geflochtenen Vorformling, einem sogenannten „organoTube“, der zuerst zu einem stoffschlüssigen Composite-Rohr konsolidiert und anschließend im Spritzgießwerkzeug mit Victrex PEEK 90HMF40 überspritzt wird. Die unidirektionalen Tapes bestehen aus kontinuierlichen Kohlenstofffasern, die mit Victrex AE 250 imprägniert wurden. Das Hybrid-Spritzgießen basiert auf der sehr guten Verschweißbarkeit der beiden Materialien. So entstehen kohäsive Bindungen auf Molekülebene zwischen der Welle und dem Zahnrad. Gleichzeitig



**Bild 3.** Antriebswellensystem, bestehend aus einem geflochtenen Vorformling aus thermoplastischen UD-Tapes mit Victrex AE 250 und angespritztem Zahnrad aus Victrex PEEK 90HMF40 (© herone)

wird die Antriebswelle beim Überspritzen thermogeformt, sodass zwischen dem Zahnrad und der Antriebswelle eine stoffschlüssige Verbindung mit Hinterschnitten entsteht, die die Festigkeit des CFK-Bauteils weiter erhöhen.

### Energieindustrie: PEEK für extreme Drücke und Temperaturen

In der Öl- und Gasindustrie dient das Rohrsystem m-pipe der Magma Global Ltd., Portsmouth/Großbritannien, weiterhin als eines der wichtigsten Beispiele für thermoplastische Composites in diesem Anwendungsbereich. Die sehr guten Materialeigenschaften führen dazu, dass die Unterwasser-Rohre eine günstige Alternative zu herkömmlichen Stahl und flexiblen Steigleitungen sind. Sie sind wartungsarm und haben eine längere Lebensdauer im Vergleich zu Stahl, da sie nicht korrodieren.

Vor Kurzem wurde Victrex CT 200 für extrem niedrige, kryogene Temperaturen eingeführt. Es ist gezielt für dynamische Dichtungen in der Energieindustrie entwickelt worden, wo etwa Flüssigerdgas und Stickstoff bei kryogenen Temperaturen (-150 bis -200 °C) gelagert und transportiert werden. Die Werkstoffe dieser Serie dichten im Vergleich zu üblicherweise verwendeten Materialien wie Polychlorotrifluorethylen (PTFE) über einen breiten Temperaturbereich besser ab. Ermöglicht

wird das einerseits durch höhere Zähigkeit bei niedrigeren Temperaturen und andererseits durch sehr gute Kriechfestigkeit bei hohen Temperaturen.

Eine Weiterentwicklung ermöglichte der Einsatz von PEEK auch beim Hersteller von Steckverbindern Rampart Products, Houston/Texas/USA. Das Unternehmen hat ein Polymerblend für einen neuen



**Bild 4.** Spezifizierte PEEK-Polymere für drehbare HPHT-Steckverbinder in Ölfeldbohrgeräten (© Rampart)

„High Pressure High Temperature“-Steckverbinder (HPHT) zur Energie- und Datenübertragung in Ölfeldbohrerüstungen spezifiziert (Bild 4). Der Steckverbinder wurde sowohl für Temperaturen von 200 °C als auch für Drücke von ungefähr 1380 bar entwickelt und bietet eine zuverlässige elektrische Verbindung, während teure Sensoren und Elektronik geschützt werden. »

**KAMPF**

3A92

**THE NEW PrimeSlitter**

create TransFormation

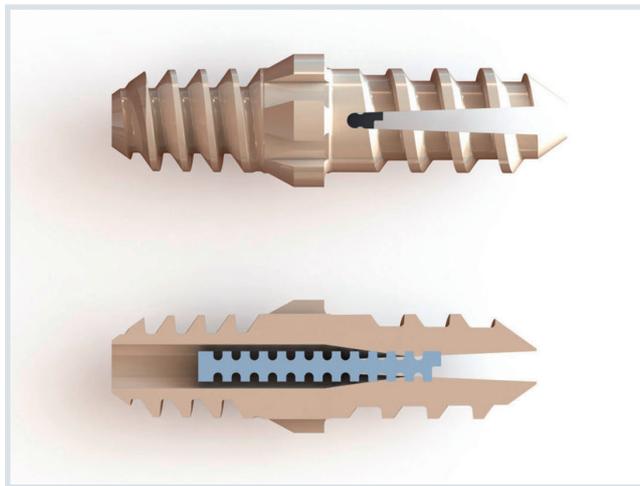
www.kampf.de



**Bild 5.** Mehrfach verwendbares Fitting für den Hochdruckbereich bis zu 500 bar bzw. 1000 bar aus dem PEEK-Werkstoff Victrex HT (© Vici)



**Bild 6.** Vector Hammer toe Correction System ist das erste Fuß- und Sprunggelenkimplantat aus PEEK-Optima HA Enhanced mit FDA-Zulassung (© Nvision Biomedical Technologies)



Auch in Laboranwendungen können extreme Bedingungen herrschen und Materialien hohe Leistungsfähigkeit abfordern. Seit gut fünf Jahren steigen etwa die Anforderungen an den Druck im Bereich der Flüssigchromatografie stetig an. Die Vici AG International, Schenkon/Schweiz, hat ein neues einteiliges Fitting aus dem mit Karbonfasern verstärkten Victrex HT entwickelt (**Bild 5**). Nach Angaben von Vici zeigt eine beim Unternehmen hinterlegte Testdokumentation, dass das Fitting, mit Handkraft angezo-

gen, bereits Drücken bis zu 500 bar (7250 psi) widersteht. Im Vergleich dazu gelten bei herkömmlichen PEEK-Fittings 350 bar (5000 psi) als Grenze. Mit einem entsprechenden Werkzeug angezogen, eignet sich das Fitting für deutlich höhere Drücke von bis zu 1000 bar (14500 psi).

Hersteller der Lebensmittel- und Getränkeindustrie müssen strengen Gesundheits-, Sicherheits- und Hygienebestimmungen Rechnung tragen. Speziell für solche Anwendungen hat Victrex im vergangenen Oktober das PEEK-Portfolio Victrex FG vorgestellt. Im Vergleich zu Metallen können Hersteller durch das Material zusätzliche Vorteile bei Wirtschaftlichkeit, Produktivität sowie Leistungsfähigkeit erzielen.

### Weiterentwicklungen für Implantate

Das weltweit erste implantierbare Polymer PEEK-Optima wurde 1999 eingeführt. Heute ist die Zahl der eingesetzten Implantate auf etwa 9 Mio. angestiegen und umfasst Zahn-, Wirbelsäulen-, Trauma- und orthopädische Bereiche. Das verbesserte Material PEEK-Optima HA Enhanced der Invibio Biomaterial Solutions

kann die Knochenapposition begünstigen. Es bietet ein Elastizitätsmodul ähnlich dem von kortikalen Knochen, einen geringeren Stress-Shielding-Effekt (Knochenabbau) und artefaktfreie Bildwiedergabe. Ende 2017 hat das Medizintechnikunternehmen Omnia Medical LLC., Morgantown/West Virginia/USA, für sein Wirbelkörperersatzsystem (VBR = vertebral body replacement) aus dem PEEK-Polymer als erstes Unternehmen die 510(k)-Zulassung der FDA für den Einsatz in der thorakolumbalen Wirbelsäule bei kollierten, geschädigten oder instabilen Wirbelkörpern erhalten.

Im gleichen Jahr entschied sich James Ellington, ein olympischer Sprinter aus Großbritannien, als erster professioneller Athlet für einen PEEK-Karbonfaser-Composite-Nagel als Fixation für eine schwere Schienbein-Fraktur. Grund für seine Wahl waren geringeres Gewicht, die Aussicht auf schnellere Heilung und die geringere Steifigkeit gegenüber Metall. 2019 schließlich hat erstmals ein Fußgelenkimplantat aus dem weiterentwickelten PEEK-Optima HA Enhanced die Zulassung der FDA erhalten. Das Vector Hammer toe Correction-System von Nvision Biomedical Technologies Inc., San Antonio/Texas/USA (**Bild 6**) ermöglicht Chirurgen, Hammerzehen mit einem hundertprozentig revidierbaren Implantat zu korrigieren.

### PEEK in Elektrofahrzeugen

In der Automobilindustrie steigen im Zuge der Elektrifizierung von Fahrzeugen die Anforderungen an die Konstruktionswerkstoffe. Noch geräuschärmer müssen Zahnräder sein, um im leisen Elektrofahrzeug nicht zu stören und außerdem leicht, langlebig und kosteneffizient zu sein. Das gilt etwa für elektrische Antriebe, Aktuatoren und Pumpen, während bei Lagern, Buchsen oder Anlaufscheiben unter anderem auch hohe Drehzahlen und gute tribologische Eigenschaften zu erfüllen sind. Entsprechende Anwendungen mit PEEK in herkömmlichen Fahrzeugen könnten schon bald ihren Einsatz in Elektrofahrzeugen finden. Evaluiert werden Anwendungen im E-Motorenbereich (z.B. Kabelisolation, Batterie), während sich Applikationen im Antriebsstrang sowie in Bremssystemen bereits bewährt haben.

Beate Sauer, Hofheim

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/2019-10](http://www.kunststoffe.de/2019-10)

### English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)