

# Polyetheretherketone (PEEK)

## Branchenübergreifend ein vielseitiger Werkstoff für leistungsfähige Bauteile

Unternehmen stehen oft vor der schwierigen Entscheidung, welche Werkstoffe sie verwenden sollen. Können die gewünschten Ergebnisse mit Metallen erzielt werden oder sollten sie auf neue Werkstoffe setzen? Die Entscheidung fällt zunehmend zugunsten von PEEK-Polymeren, die eine treibende Kraft für leistungsfähige Anwendungen sind.

**P**olyetheretherketon (PEEK) ist an der Spitze der Polymerpyramide angesiedelt und eines von über 300 Mitgliedern der hochleistungsfähigen Polyaryletherketon-Gruppe (PAEK). Doch nur eine Hand-

voll von PAEK-Polymeren ist im Handel erhältlich. Dazu zählen neben PEEK auch PEK, PEKK und PEKEKK.

Strukturell besteht das lineare aromatische PEEK-Polymer aus Arylgruppen, die über Ether- und Keton-Verbindungen gekoppelt sind. Seinen Namen erhält das semikristalline Polymer aus der wiederholten (Poly-)Abfolge dieser Verbindungen. Aufgrund seiner sehr guten mechanischen und chemischen Eigenschaften erfüllt es eine Kombination verschiedener Anforderungen. So ist das leichtgewichtige PEEK mit hoher Festigkeit äußerst widerstandsfähig hinsichtlich Verschleiß, Temperatur, Ermüdung und aggressiver Flüssigkeiten/Chemikalien. Damit kann es zu verbesserter Treibstoffeffizienz, erhöhter Sicherheit, längerer Lebensdauer, größerem Komfort (reibungloser und geräuscharmer Betrieb) sowie mehr Freiheit im Design und/oder kosteneffizienter Produktion beitragen.

Im Vergleich zu Metallen haben die PEEK-basierten

Werkstoffe weniger Gewicht, sie sind einfacher zu verarbeiten, können nicht korrodieren und weisen eine beträchtlich höhere spezifische Festigkeit (Festigkeit pro Gewicht) auf. Nachdem „Victrex PEEK“ in den 1980er-Jahren erstmals kommerzialisiert wurde, führten kontinuierliche Weiterentwicklungen von Victrex, Thornton-Cleveleys/Vereinigtes Königreich, zu Fortschritten bei Werkstoff und Verfahren. Das veränderte den Einsatzbereich der Polymere grundlegend und erweiterte ihn immer wieder.

Die Vorteile des vielseitigen und hochleistungsfähigen Thermoplasts PEEK kommen heute in zahlreichen Branchen zum Einsatz, darunter die Automobil-, Luftfahrt-, Elektronik-, Energie- und Fertigungsindustrie sowie der Medizinbereich. PEEK ersetzt hier Metalle oder andere Werkstoffe und ermöglicht die Entwicklung innovativer und wettbewerbsfähiger Anwendungen.

In der Regel wird die Werkstoffauswahl dabei vom Bedarf, die (Kosten-)Effizienz zu erhöhen (etwa bei Fertigung und Montage, während des Betriebs oder durch Gesamtkostensenkung) und vom Ziel, die Leistungsfähigkeit zu verbessern (z.B. in Hinblick auf Zuverlässigkeit oder Reduktion von Ausfallzeiten) bestimmt.

### Effizienz in der Automobil- und Luftfahrtindustrie verbessern

Im Automobilbereich hat Victrex-PEEK-Polymer Einfluss auf zahlreiche Anwendungen in anspruchsvollen Umgebungen, z.B. um die Effizienz von Zahnrädern (Bild 1) voranzubringen. Zahnräder aus PEEK sind im Vergleich zu Zahnrädern aus



Für die Medizintechnik: Metallfreies distales Femurplattenmodell aus dem Compositewerkstoff PEEK-Optima Ultra-Reinforced (die gezeigte Traumaplatte steht nicht zur Distribution oder Implantation zur Verfügung) © Invibio



**Bild 1.** Mechanisch belastbare Präzisionszahnräder, unter anderem für den Automobilbau, sind ein wichtiges Anwendungsgebiet für PEEK (© Victrex)

Metall bis zu 68% leichter und ermöglichen ein bis zu 78% geringeres Trägheitsmoment. Dies führt zu verbessertem Ansprechverhalten und trägt so dazu bei, den Kraftstoffverbrauch und damit auch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu senken. Darüber hinaus können Geräuschentwicklung, Schwingungen und Rauigkeit (NVH – Noise, Vibration, Harshness) um 50% (3dB) reduziert werden.

In der Luftfahrt müssen die Hersteller neue Flugzeuge immer schneller und kostengünstiger fertigen, ohne Kompromisse in Bezug auf Funktionsfähigkeit, Zuverlässigkeit oder Gewicht einzugehen (**Bild 2**). Gezielte Weiterentwicklungen bei PAEK-Polymeren erlauben heute die Konstruktion und Herstellung spritzgegossener PEEK-Komponenten mit hoher Funktionalität. Dies ermöglicht den Herstellern nicht nur, verschiedene Bauteile zu konsolidieren, sondern vereinfacht und beschleunigt auch die Fertigungsprozesse. Eine maßgebliche Entwicklung ist die Einführung neuer Materialien wie die Victrex-AE-250-Verbundwerkstoffe (**Bild 3**) zur Konstruktion von Bauteilen im Hybridspritzgießverfahren. Dadurch werden kontinuierliche Herstellungsprozesse mit Zykluszeiten von Minuten möglich im Gegensatz zu duroplastischen Alternativen mit Zykluszeiten von Stunden. Lasttragende Befestigungen und Halterungen sind ein zentraler Entwicklungsbereich, in dem die Fertigung von Bauteilen und auch die nachfolgende Montage beschleunigt und darüber hinaus bis zu 60% Gewicht eingespart werden kann, wobei die im Lastenheft vorgegebene

Festigkeit der Komponenten erfüllt werden muss.

### *Energieindustrie: höhere Zuverlässigkeit – weniger Ausfälle*

Mit einer potenziellen Verdoppelung der Lebensdauer elektrischer Konnektoren im Vergleich zu Glaskeramik-Konnektoren und einer bis zu doppelten Belastbarkeit verglichen mit anderen PEEK-Dichtungssystemen punktet Victrex PEEK auch im Energiesektor. Das Hochleistungspolymer ermöglicht die Öl- und Gasgewinnung in größeren Tiefen und das Ausschöpfen neuer, unkonventioneller Ölreserven. Seine Fähigkeit, sehr hohen Drücken, Temperaturen, aggressiven Chemikalien und korrosiven Umgebungen standzuhalten, kann direkt dazu beitragen kostspielige Ausfallzeiten zu vermeiden.

Der Einsatz des Werkstoffs bietet zudem wesentliche Vorteile hinsichtlich Effizienz und Zuverlässigkeit bei Kolbenkompressoren, die überwiegend in der Öl-, Gas- und chemischen Industrie verwendet werden. Beispielsweise halten aus PEEK hergestellte Ventilplatten in Erdgaskompressoren einem Dauerbetrieb von zwölf Monaten stand, während Platten aus Stahl laut Erfahrungen von Endnutzern in der Regel nach etwa einem Monat brachen. Neben einer signifikant längeren Lebensdauer können Ventilplatten aus PEEK außerdem Energie während des Öffnungs- und Schließvorgangs einsparen, da Strömungsverluste aufgrund besserer Verschleißigenschaften, Ober- »

**Bild 2.** Kombiniert hohe Steifigkeit mit geringem Gewicht: Rasterförmig mit Rippen versteiftes Demonstrationsbauteil aus Victrex-PAEK-basiertem Verbundwerkstoff, überspritzt mit Victrex PEEK (© TPRC)



flächenanpassung, Elastizität und Dichtigkeit verringert werden. Auch der Geräuschpegel der Polymerplatten ist geringer als der von Stahlplatten.

Nach der gemeinsamen Entwicklung des Carbonverbundrohrs m-pipe mit dem Ölfeldausrüster Magma (Bild 4), in dem auch PEEK eingesetzt wird, erwarb Victrex kürzlich eine Minderheitsbeteiligung an Magma, um die Einführung der Rohre für Unterwasseranwendungen zu fördern. Das soll dazu beitragen, Kosten und Risiken bei der Erschließung und Produktion in anspruchsvollen Unterwasseranwendungen zu reduzieren.

### Medizin: Umsetzung von Neuentwicklungen beschleunigen

PEEK-Optima war der erste implantierbare PEEK-Werkstoff, er wurde vor über 15 Jahren eingeführt. Seitdem wächst die Akzeptanz im Medizinbereich, dass aus biokompatiblen PEEK-Polymer hergestellte Implantate und Prothesen das Potenzial bieten, ihre Gegenstücke aus Metall zu ersetzen. Ärzten und Patienten kann das erhebliche Vorteile erschließen – ob bei Wirbelsäulenimplantaten, Platten zur Behandlung von Frakturen langer Röhrenknochen (Titelbild) und anderen Traumata sowie als Zahnersatz, der präzise mit CAD/CAM-Verfahren hergestellt werden kann. Mediziner arbeiten eng mit Herstellern und Anbietern wie Invibio Biomaterial Solutions zusammen. Das

zeigt sich an den mittlerweile weltweit rund 9 Mio. mit PEEK-Optima von Invibio hergestellten Implantaten und daran, dass entsprechende Produkte inzwischen von den zuständigen Behörden in der EU, den USA und Asien zugelassen werden.

Das Zusammenspiel verschiedener Faktoren begünstigt den Einsatz des Biomaterials für medizinische Implantate: PEEK hat einen knochenähnlichen Elastizitätsmodul. Den Herstellern von Implantaten bieten verschiedene PEEK-Polymer-typen Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß [1, 2] und Ermüdung [3] sowie chemisch inertes Verhalten. Der biokompatible Werkstoff hat keine biochemischen Nebenwirkungen, wie sie Metalle hervorrufen können, wenn sie im biologischen Umfeld eingesetzt werden. PEEK lässt sich darüber hinaus erfolgreich sterilisieren und hält selbst mehreren Dampfsterilisationszyklen und hoch dosierter Gammastrahlung stand [4].

Ein Beispiel dafür, dass PEEK für gezielte medizinische Anwendungen maßgeschneidert werden kann, ist das Verstärken von ungefülltem PEEK mit Kohlefasern zu biokompatiblen kohlefaserverstärktem PEEK (CFR-PEEK) wie bei PEEK-Optima Ultra-Reinforced von Invibio. Die verbesserte Festigkeit und Steifigkeit kommt der von Metall gleich [3]. Durch die Verwendung von CFR-PEEK lassen sich etwa dünnwandigere, kleinere und weniger invasive Implantatdesigns entwickeln [5].

Nachdem Implantate eingesetzt wurden, müssen sie regelmäßig auf Komplika-

## Die Autorin

**Beate Sauer** ist PR & Marketing Communications Manager bei der Victrex Europa GmbH, Hofheim.

### Marktinformation

Alle Leistungsmerkmale beziehen sich auf Lösungen aus PAEK-Polymeren von Victrex oder Invibio und können auf Anfrage belegt werden.

## Service

### Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/4119303](http://www.kunststoffe.de/4119303)

### 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)



**Bild 3.** Die Verbundwerkstoffe Victrex AE 250 in Form von unidirektionalen Tapes oder Laminaten bieten schnellere Verarbeitung und kostengünstige Installation von Halterungen für Flugzeuge (© Victrex)

**Bild 4.** In dem von Magma und Victrex entwickelten Carbon-Composite-Rohr m-pipe für Unterwasser-Anwendungen kommt PEEK zum Einsatz

(© Victrex)



kationen, Defekte oder Fortschritte hinsichtlich des Knochenanwachstums zur Wirbelkörperfusion überprüft werden. Metalle wie Titan können Röntgen-, MRT- und computertomografische Untersuchungen aufgrund ihrer Strahlendurchlässigkeit erschweren und Artefakte erzeugen. Diese Problematik wird durch die Verfügbarkeit strahlendurchlässiger PEEK-Implantate umgangen. Sie können leicht mit Bildgebungsverfahren untersucht werden und erlauben Ärzten beispielsweise, den Verlauf von Wirbelkörperfusionen zu verfolgen und andere diagnostische Untersuchungen vorzunehmen. Die Fähigkeit, den Heilungsverlauf und die erzielten Ergebnisse genau zu verfolgen, kann letztendlich auch dazu beitragen, die Lebensqualität der Patienten zu verbessern.

### **Fortschritte bei der Fertigung und Ausbau von Partnerschaften**

Victrex ist ein führender Anbieter von PAEK mit einem modernen Werk am Hauptsitz in Großbritannien und einer jährlichen PAEK-Produktionskapazität von über 7000t. Am Hauptsitz ist auch ein neues Polymer Innovation Centre angesiedelt, das im Oktober 2017 fertiggestellt sein soll und als Teil des globalen Netzwerks zusätzliche Ressourcen bereithält, um Anwender in aller Welt bei technischen Entwicklungen zu unterstützen.

Die jüngst bei Victrex mit PEEK erzielten Fortschritte reichen von weiteren Polymertypen über Folien und Rohre zu Bauteilen für bestimmte Anwendungszwecke. Dazu zählen etwa unidirektionale (UD-)Tapes, Verbundwerkstoffe (Victrex

AE250) und Folien, Halterungen für die Luft- und Raumfahrt, Zahnräder für die Automobilherstellung oder medizinische Traumatplatten. Darüber hinaus werden derzeit auch PEEK-Typen für den 3D-Druck sowie andere kundenspezifische PEEK-basierte Werkstoffe entwickelt.

Zu den kürzlich eingeführten Polymertypen gehören Victrex OGS125 und Victrex CT100, eingesetzt in Dichtungen für die Öl- und Gasindustrie, sowie PEEK Optima HA Enhanced, ein neues Implantatmaterial, das die Knochenapposition verbessern kann.

Um die Bedürfnisse spezifischer Märkte anzusprechen, wurde wie bereits erwähnt mit Magma zusammengearbeitet.

2017 ist zudem gemeinsam mit der Tri-Mack Plastics Manufacturing Corporation das Joint Venture TxV Aero Composites mit dem Ziel gegründet worden, die kommerzielle Anwendung von PAEK-Verbundstoffen in der Luftfahrt zu beschleunigen. Die Akquisition des britischen Faserexperten Zyex im April 2017 ermöglicht es Victrex außerdem, existierende und neue Märkte für PEEK-Faseranwendungen zu erschließen. 2015 hatte Victrex zudem den Zahnradspezialisten Kleiss Gears übernommen. Dies ebnete Victrex den Weg, die Bedürfnisse und Anforderungen seiner Partner im Automobilssektor zur Entwicklung von Zahnradanwendungen für extreme und anspruchsvolle Umgebungen zu erfüllen.

### **Engagement fördert künftige Fortschritte**

Für Polyetheretherketon haben sich in den vergangenen drei Jahren in einer Reihe von Schlüsselindustrien neue Anwendungen ergeben. Seit PEEK 1978 erstmals patentiert wurde, hat dieser fortschrittliche Werkstoff einen erfolgreichen Weg zurückgelegt. Das dabei geschöpfte Wissen rund um dieses vielschichtige Material erlaubt es Victrex, die Grenzen des Möglichen kontinuierlich auszudehnen und neue sowie richtungsweisende Anwendungen zu erschließen. ■