Erhöhung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Lagerbauteilen

Kunststoffbeschichtung mit DLC

Kunststoffe dringen insbesondere wegen des geringen Gewichts, der hervorragenden Verschleißbeständigkeit, der geringen Reibung und der guten Formbarkeit zunehmend in industrielle Anwendungen vor, die bisher Metallen vorbehalten waren.

Durch die einfachen Herstellungsmethoden für Kunststoffbauteile lassen sich komplex geformte Geometrien schnell und in großer Stückzahl herstellen. Dies ist in der klassischen Metallbearbeitung nur schwer oder gar nicht realisierbar. Kunststoffe zeigen zudem in der spanenden Bearbeitung Vorteile, da durch die gute Verarbeitungsmöglichkeit, insbesondere die Realisierung von sehr hohen Schnittgeschwindigkeiten, die Fertigungszeiten drastisch reduziert werden können.

Bislang scheiterten viele Anwendungsmöglichkeiten in Abhängigkeit des jeweils verwendeten Kunststoffs an einer zu geringen tribologischen oder chemischen Beständigkeit. Durch die Möglichkeit unterschiedliche Kunststoffe mit *DLC* (*D*iamond *L*ike *C*arbon) zu beschichten, hat sich eine große Anzahl werkstofftechnischer Alternativen ergeben.

DLC-Schichten

Am Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Freiburg werden seit mehreren Jahren Beschichtungen auf Kunststoffen untersucht.

Mittlerweile ist es möglich, hochwertige diamantähnliche Schichtsysteme auf unterschiedlichen Kunststoffen für tribologische, optische und dekorative Zwecke herzustellen. Diese amorphen Kohlenwasserstoffschichten (a-C:H) stellen eine Modifikationen von Kohlenstoffschichten dar. Durch die Integration von zusätzlichen Dotierungselementen, wie zum Beispiel Sauerstoff, Fluor oder Metallen können Schichten mit unterschiedlichen tribologischen Eigenschaften erzeugt werden. Die wichtigsten Eigenschaften der DLC-Schichten sind: hohe Härte, geringe Reibung und eine hohe Verschleißbeständigkeit gegenüber vielen anderen Materialien.

Zum Einsatz kommen sie in tribologisch hoch beanspruchten Systemen, bei denen ein schmiermittelminimierter Einsatz nötig oder wünschenswert ist. Beispiele hierfür sind Gleitflächen in künstlichen Gelenken oder Ventilschieber für pneumatische Anwendungen. Daneben zeigt sich eine hohe Beständigkeit gegen Säuren, Laugen und Lösungsmittel. Dies macht sie in Kombination mit den erstgenannten Eigenschaften für Gleitringe in Dichtungen hoch beanspruchter Gas- oder Flüssigkeitsleitsysteme interessant.

Unter bestimmten Bedingungen können sie auch als verschleißbeständige und gleitfähige Isolatoren und Sensoren verwendet werden, Schichten auf Siliciumbasis kommen als Schutzschicht zum Einsatz.

Kunststoffbeschichtung

Die Möglichkeit, DLC mit seinen interessanten Eigenschaften auch Kunststoffen zugänglich zu machen, wird durch eine vom IWM entwickelte und patentierte Beschichtungsanlage realisiert, die nach dem PECVD Prinzip (*P*lasma *E*nhanced *C*hemical *V*apour *D*eposition) mit kapazitiv eingekoppeltem Hochfrequenzplasma arbeitet. Durch die angewandte Technologie können niedrige Abscheidetemperaturen erreicht werden, was die Beschichtung vieler Kunststoffe überhaupt erst möglich macht.

Mit diesem Beschichtungsverfahren ist es möglich, besonders dicke DLC-Schichten (> 20 µm), sowie gezielt mikrostrukturierte oder ultraglatte Oberflächen auf den Kunststoffoberflächen zu erzeugen.

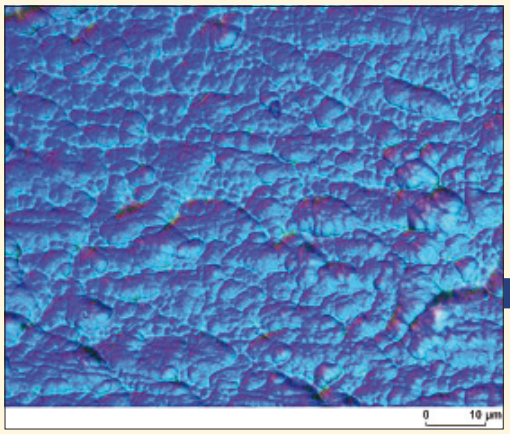

Bild 1
Mikroskopaufnahme einer DLC-beschichteten PEEK-Probe.

Im Hinblick auf die tribologische Anwendung wurden die in der Tabelle aufgeführten Kunststoffe getestet.

Die Beschichtbarkeit von Kunststoffen hängt von sehr unterschiedlichen Faktoren ab. Aufgrund ihrer speziellen molekularen Struktur reagieren einige empfindlich auf UV-Strahlung und freie Radikale. Einige Kunststoffe haben die Eigenschaft, sich mit Wasser aus der Umgebungsluft abzusättigen. Die dadurch verursachten Änderungen der Dielektrizität und des Ausgasungsverhaltens im Vakuum er-

Bezeichnung	Beschichtungsqualität	Schichtsystem
Polyetheretherketon (PEEK)	sehr gut	DLC / $SiO_xC_yH_z$
Polycarbonat (PC)	sehr gut	$SiO_xC_yH_z$
Silikon	gut	DLC
Polystyrol (PS)	gut	DLC
Polyethylen (PE)	gut	DLC
Polyamid 6 (PA6)	gut	DLC
Polyamid 12 (PA12)	gut	DLC
Acrylbutadienkautschuk (NBR70)	gut	DLC
Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE)	gut	DLC
Polyamidimid (PAI)	gut	DLC
Polybutylenterephthalat (PBT)	gut	DLC
Polyphenylensulfid (PPS)	gut	DLC
Faserverstärkte Kunststoffe	sehr gut	DLC

Tabelle
DLC-Beschichtung auf Kunststoffen.

Autoren

Felizitas Gemetz
Tribologische Schichtsysteme
felizitas.gemetz@iwm.fraunhofer.de
Dr. Sven Meier
Leiter Tribologische Schichtsysteme
Fraunhofer-Institut für
Werkstoffmechanik IWM
Wöhlerstr. 11
79108 Freiburg
Telefon +49 761 5142–233
Fax +49 761 5142–110
sven.meier@iwm.fraunhofer.de
www.iwm.fraunhofer.de

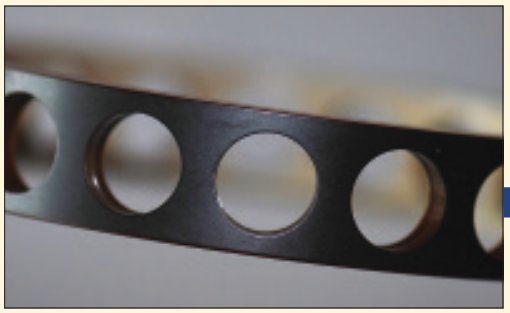

Bild 2
DLC-beschichteter Wälzlagerkäfig aus PEEK.

schweren die Möglichkeit zur Beschichtung einzelner Kunststoffe zum Teil erheblich. Allerdings kann mit gezielten Plasmavorbehandlungen die Beschichtbarkeit der Kunststoffe stark verbessert werden (Bild 1).

Einsatzbeispiel

Hybridlager sind spezielle Kugellager, die unter anderem in Bauteilen wie Spindeln für Werkzeugmaschinen eingesetzt werden. Diese Rillenkugellager haben Lagerringe aus Wälzlagerstahl und Wälzkörper (Kugeln) aus einer hochfesten Siliciumnitridkeramik, die eine hohe Verschleißfestigkeit sowie hervorragende Eigenschaften bei Mangelschmierung aufweisen.

Das schwächste und damit auch das leistungslimitierende Glied im Hybrid-Wälzlager ist mittlerweile der Käfig aus PEEK, ein teilkristallines Polymer, das hohe thermische und chemische Beständigkeit aufweist und kein Wasser aufnimmt. Die technische Nutzbarkeit bis zu einer Temperatur von 250 °C ist für einen thermoplastischen Kunststoff sehr hoch.

Durch die Kunststoffbeschichtung (Bild 2) werden das Verschleißverhalten, die Zuverlässigkeit sowie die Notlaufeigenschaften von Bauteilen erheblich verbessert. Untersuchungen haben eine Verdopplung der Lebensdauer gezeigt.

Ausblick

Wälzlager können zukünftig für bislang nicht erreichbare Anwendungen verfügbar gemacht werden. Lagerkonzepte, die gegenwärtig mit großen Kompromissen verbunden sind, werden vereinfacht. Weitere Anwendungen für DLC-beschichtete Lagerbauteile aus Kunststoff, wie zum Beispiel Gleitführungen und -buchsen, werden bereits erforscht.

Kaltgasspritzen auch für komplizierte Innenbeschichtungen

Die Kaltgas-Technologie eignet sich zur Herstellung von Schichten von etwa 100 Mikrometern bis zu mehreren Millimetern Dicke und auch zum Aufbau von Strukturen. Ein verfahrenstypisches Merkmal ist der auf wenige Millimeter Durchmesser fokussierte Spritzstrahl. Dadurch eignet sich das Kaltgasspritzen auch zur robotergeführten Herstellung endkonturnaher Bauteile und als Reparaturverfahren zur Aufarbeitung von Schichten und Strukturen.

Bild 1
Einrichten des Fahrwerkfederbeingehäuses für die Innenbeschichtung.

Die Praxair Surface Technologies GmbH in Ratingen, die im Verbund mit den 32 Beschichtungswerken der Praxair Surface Technologies Inc. zu den weltweit führenden Unternehmen für Oberflächenbeschichtungen gehört, wendet bereits seit 2005 die innovative Technologie des Kaltgasspritzens erfolgreich in der Praxis an. In einem jetzt neu errichteten weiteren Beschichtungs- und Funktionsraum können alle üblichen thermischen Spritzprozesse außer Detonationsspritzen durchgeführt werden. Zum überwiegenden Teil wird jedoch das Kaltgasspitzen angewendet, etwa bei der Innenbeschichtung von Fahrwerkfederbeingehäusen. Dafür wird das komplex geformte Bauteil mit einer Vorrichtung versehen (Bild 1), die für alle Bearbeitungsschritte – Vorbearbeitung, Beschichten und Fertigbearbeitung – am Bauteil montiert bleibt. „In dieser und in allen anderen, für mehr als 10000 verschiedene Artikel vorhandenen, selbst gefertigten Vorrichtungen steckt ein wesentlicher Anteil unseres Know-hows“, erläutert Dr. Thorsten Stoltenhoff, der mit seinen drei Mitarbeitern in der Entwicklungsabteilung für dieses Projekt verantwortlich ist. Beim Beschichtungsprozess fährt die eigens entwickelte Innenbeschichtungspistole robotergeführt in das rotierende Fahrwerkfederbeingehäuse. Alles geschieht vollautomatisch.

Über 300 verschiedene Schichttypen

„Hauchdünn, aber hochfest“ lautet eine der zahlreichen Anforderungen, die an eine Schicht gestellt werden. Bei Praxair können Metall-, Keramik- und Hartmetallschichten aufgebracht werden – je nach Einsatzgebiet. Ob es sich um Propellerblätter, Landeklappenschienen und Fahrwerke für die Luftfahrt handelt oder um industrielle Gasturbinen für Strom- und Energieerzeuger, ob große Walzen für die Papierindustrie, Transportrollen für die Stahlindustrie oder Fadenführungen für die Textilindustrie gegen Verschleiß geschützt werden müssen – immer bedeutet dies höhere Produktqualität, längere Standzeiten, geringere Stillstandskosten, weniger Wartung, höheren Gewinn, Einsparung durch preiswerteres Grundmaterial oder höhere Anlageneffizienz (Bild 2).

Bild 2
Beschichten eines Propellerblatts. *Bilder: Praxair*

Mit insgesamt neun Beschichtungsräumen, von denen fünf mit modernen 6-Achs-Robotersystemen ausgestattet sind, ist das Ratinger Unternehmen in der Lage, nahezu jede gewünschte Oberflächeneigenschaft herzustellen. Walzen beispielsweise können bis zu einer Ballenlänge von 11 m, einem Durchmesser von 2,2 m und einem Stückgewicht von 60 Tonnen beschichtet werden.

Praxair besitzt neben den Zulassungen EN 9001, IQ Net ISO 9001, EN 9100, EASA Teil 145, KTA 1401 und BWB-Zulassung auch das GTS-Zertifikat. Dieses ist bis heute das einzige, das zusätzlich zum Qualitätsmanagement der DIN EN ISO 9001:2000, das Personal, den Prozess und – auf Wunsch – ein Produkt oder eine Schicht für das Thermische Spritzen zertifiziert. Der 1992 gegründete eingetragene Verein GTS Gemeinschaft Thermisches Spritzen ist mit derzeit 173 Mitgliedern bestrebt, die Technik des Thermischen Spritzens einer breiten industriellen Öffentlichkeit bekannt zu machen, das Thermische Spritzen in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik (DVS) e.V. in Praxis und Forschung zu fördern, und schließlich allen ihren Mitgliedern Hilfen bei der industriellen Vermarktung dieser Technik zu vermitteln.

Praxair Surface Technologies GmbH
Robert-Zapp-Straße 7, D-40880 Ratingen
www.praxair-ratingen.de, www.gts-ev.de