

Hochverschleißfeste Kunststoffoberflächen durch Puls laser-Hybridbeschichtung

Einfache und kostengünstige Fertigung und geringes Gewicht sind die Hauptanforderungen, welche seit mehreren Jahrzehnten zum sich ständig verstärkenden Einsatz von Kunststoffen als technische Konstruktionsmaterialien im Maschinen- und Fahrzeugbau führen. Als limitierender Faktor tritt aber zumeist die im Vergleich zu Metallen sehr geringe Härte und der damit sehr geringe Verschleißwiderstand auf. Beide zu steigern, ist daher seit Beginn des großtechnischen Einsatzes von Kunststoffen eines der Hauptziele – z.B. erreicht durch die Einführung von neuen Kunststofftypen oder von Kunststoff-Verbundwerkstoffen. Da Härte und Verschleiß Eigenschaften der Oberfläche eines Bauteils sind, bietet sich zudem der Einsatz der Oberflächentechnik zur Modifizierung der Randzone bzw. dem Aufbringen von Beschichtungen an.

Eine Möglichkeit der Aufbringung von Beschichtungen stellen die Vakuumbeschichtungsverfahren dar, welche ausgehend von Hochtemperaturbeschichtungsverfahren für die Hartmetallwerkzeugbeschichtung in den letzten Jahren hin zu Niedrigtemperaturbeschichtungsverfahren (durchschnittliche Beschichtungstemperatur > 125°C) entwickelt wurden. Niedrige Beschichtungstemperaturen sind vor allem für Kunststoffe von entscheidender Bedeutung, da deren niedrige thermische Stabilität durch Erweichungsvorgänge schon bei Temperaturen unterhalb von 100°C zum Verzug der Bauteile bzw. zur Degeneration des Kunststoffs führen kann.

Um derartige Bauteilschädigungen zu vermeiden, wurde am Laserzentrum Leoben der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH ein Niedrigtemperatur-Beschichtungsverfahren vom Labormaßstab auf industriellen Maßstab weiterentwickelt. Über die dabei angewandte Technik – die Puls laser-Hybridbeschichtung, kurz *HybridPLD* – wurde bereits in der Ausgabe 05/2005 des Lasermagazins auf den Seiten 22f berichtet. Kurz zusammengefasst wird bei der Puls laser-Beschichtung in einer Vakuumkammer ein gepulster Laserstrahl auf den zu verdampfenden

Werkstoff fokussiert, wodurch es zum Abtrag, zur Bildung einer hoch ionisierten Dampf wolke und zur Schichtabscheidung auf der zu beschichtenden Oberfläche kommt. Durch den Einsatz von Reaktivgasen können neben reinen Metallschichten (z.B. Ti, Ni, Cr, W, Si, C, Al, Fe, rostfreier Stahl, Mg, Zn, Mn, Edelmetalle) auch Oxid-, Nitrid- und Carbonitridbeschichtungen dieser Metalle hergestellt werden. Durch Kombination mit dem Magnetronspütern (Kathodenzerstäuben) kann in der *HybridPLD*-Technik eine Hochrate-Beschichtung erreicht werden. Vorteil

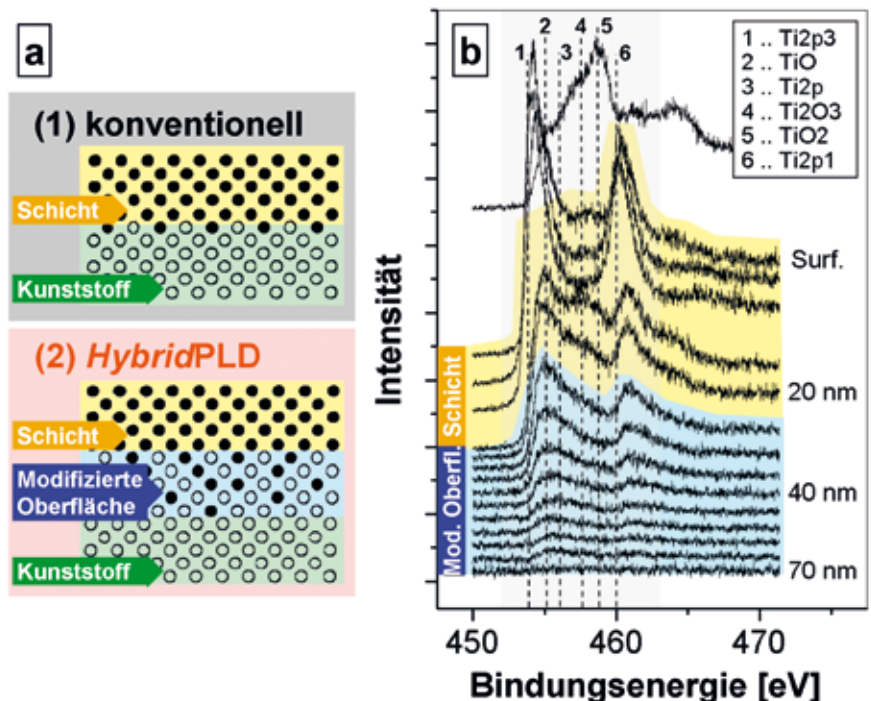


Abb. 1: (a) Prinzip der Haftung auf Kunststoffoberflächen: (1) abrupte Grenzfläche bei konventioneller Beschichtung, (2) modifizierte Oberfläche (in die Oberfläche implantierte Teilchen) bei HybridPLD-Beschichtungen. (b) Chemische Tiefenanalyse (XPS) einer ultradünnen Titanschicht auf einer Polyurethan-Kunststoffoberfläche. Die Peaks zeigen die Bindungen des Titans zu den Sauerstoffatomen des Kunststoffs, die abnehmende Konzentration dieser Bindungen und damit von Titan ist durch geringere Höhe der Peaks in größeren Tiefen erkennbar.

dieses Konzeptes, welches zudem eine Ionenreinigung vor der Beschichtung einschließt, sind gegenüber den konventionell verwendeten Verfahren besonders hohe Haftfestigkeiten der Schichten, welche bereits bei Raumtemperatur-Beschichtung erreicht werden. Durch diese niedrigen Beschichtungstemperaturen (20–40°C) eignet sich das Verfahren vor allem für die Beschichtung von Kunststoffen und Kunststoffverbundwerkstoffen.

Höchste Schichthaftung

Besonders bemerkenswert ist bei der Anwendung der HybridPLD für die Kunststoffbeschichtung die Implantation (Einlagerung) von hochenergetischen Beschichtungsteilchen unterhalb der Oberfläche des Kunststoffs (sog. Pseudodiffusionsschichten), was zu einem Gradienten zwischen „weichem“ Kunststoff (niedrige Härte und hohe Elastizität) zur „harten“ Metall- oder Keramikschicht (hohe Härte und niedrige Elastizität) führt – dies ist in Abb. 1 schematisch und anhand von einer chemischen Tiefenanalyse gezeigt.

Diese bis zu 120 nm tief modifizierte Randzone ist der Schlüssel zur hochhaftfesten Beschichtung von Kunststoffen mittels der HybridPLD. Dies wurde bisher in verschiedensten Anwendungen von der Medizintechnik (Implantatoberflächen, Sensoroberflächen) über den Automobilbau (Drosselklappen) bis zum Maschinenbau (Hydraulikkolbenstangen) auf verschiedensten Kunststoffen (auch Gummi, Kautschuk, Polyurethan, Teflon, Silikone) sowie auf

Kunststoffverbundwerkstoffen (z.B. mit Faserverstärkung) gezeigt, wovon im folgenden als Beispiel verschleißschutzbeschichtete Kohlefaser-verstärkte (CFK) Drosselklappen näher vorgestellt werden sollen.



Abb. 2: Drosselklappen aus CF-Verbundwerkstoff, beschichtet mittels der HybridPLD bei Raumtemperatur mit einem auf Titanitrid basierendem Mehrschichtsystem.

CFK-beschichtete Drosselklappen

Drosselklappen dienen zur Leistungsregelung von Otto-Motoren – ihre Verdrehung steuert den Luftstrom zum Vergaser. Höhere Leistungsabgabe (z.B. Rennsport-Motoren) erfordert unter anderem den Leichtbau aller Bauteile, vor allem der beweglichen, da die Verminderung der Massenträgheit eine raschere Steuerbarkeit erlaubt. CFK sind eine der vielversprechendsten Werkstoffklassen für derartige Anwendungen, da mit ihnen mechanische Eigenschaften, wie sie von Leichtmetallen bekannt sind, bei um einen Faktor 2–4 geringerem Gewicht realisiert werden können. Nachteil von CFK ist aber dessen geringere Verschleißbeständigkeit, welche in einem Projekt des Laserzen-

trums Leoben durch eine Beschichtung der Oberfläche mittels einer Titanitrid-Beschichtung (Abb. 2) extrem verbessert wurde. Die Beschichtung von CFK erfordert jedoch ein genaues Verständnis der Schichtbildung, da aufgrund der groben Zweiphasenstruktur von CFK (Abb. 3) – lange hochfeste Kohlefasern einiger µm Durchmesser eingebettet in weiche Harze – starke mechanische Inhomogenitäten auf mikroskopischem Niveau eine homogene Beschichtung stark erschweren. Der Anforderung nach homogener Beschichtung des CFK-Bauteils konnte jedoch am Laserzentrum Leoben durch die Kombination mehrerer Beschichtungstechniken realisiert werden.

Nähere Informationen:

Dr. Wolfgang Waldhauser
 wolgfang.waldhauser@joanneum.at

Dr. Jürgen M. Lackner
 juergen.lackner@joannum.at

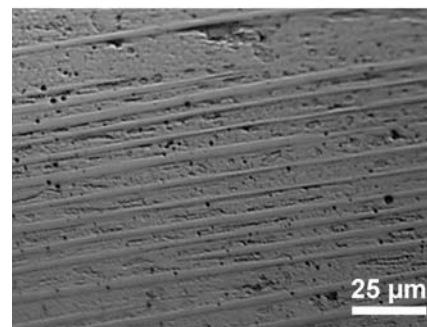


Abb. 3: Oberflächendetail der mit Titanitrid mittels der HybridPLD-Technik beschichteten Drosselklappe.