



## PVD-BESCHICHTUNGEN ZUR OPTIMIERUNG REIBSCHLÜSSIGER KRAFTÜBERTRAGUNG

### DIE AUFGABE

Reibschlüssige Bauteilverbindungen, wie Press-, Flansch- oder Schraubverbindungen (Abb. 1), sind in nahezu allen technischen Anwendungen vorhanden; von mobiler Antriebstechnik über Struktur Stahlbau bis zu Windenergieanlagen. Durch eine Erhöhung der vorhandenen Haftreibwerte könnten entsprechend größere Kräfte und Momente übertragen bzw. die Anzahl der Verbindungselemente (Schrauben) und deren Abmessungen reduziert oder der Volumennutzwert erhöht werden.

In der Vergangenheit sind bereits Ansätze zur zuverlässigen Erhöhung der Haftreibung entwickelt und teilweise industriell umgesetzt worden. So werden z. B. mit Hartpartikeln belegte Folien zwischen den Reibpartnern angeordnet oder thermisch gespritzte Beschichtungen aus einer metallischen Matrix und keramischen Partikeln auf einen der Reibpartner aufgebracht. In beiden Fällen muss die Schicht- bzw. Foliendicke (im Zehntelmillimeterbereich) konstruktiv berücksichtigt werden. Dünne Hartstoffschichten, die mit PVD-Verfahren auf Werkzeuge oder Bauteile aufgebracht werden, sind für ihre verschleißschützende und antiadhäsive Wirkung bekannt. Eine Nutzung der Schichten zur gezielten Erhöhung der Reibung ist weitgehend unbekannt, könnte jedoch eine platzsparende Lösung zur zuverlässigen Erhöhung der Haftreibung unter unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen darstellen.

### UNSERE LÖSUNG

Das Arc-PVD-Verfahren ist ein industriell eingeführtes Standardverfahren zur Werkzeugbeschichtung. Eine Besonderheit

des Verfahrens besteht darin, dass neben hoch ionisiertem Beschichtungsplasma auch mikroskopische Partikel, so genannte Droplets, von der Beschichtungsquelle emittiert und in die Beschichtung eingebaut werden.

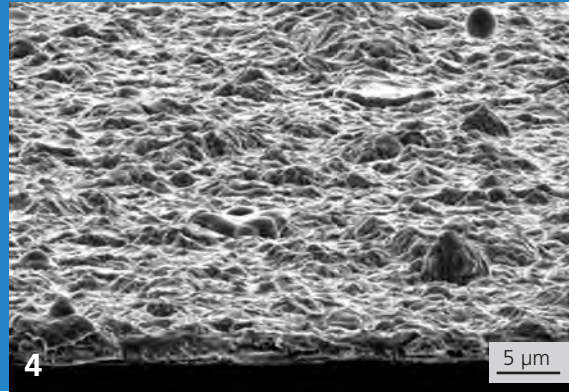
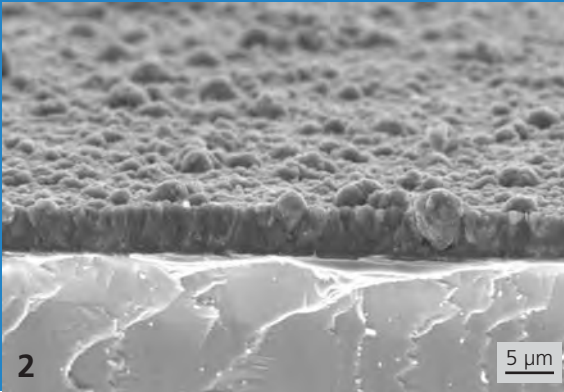
Mit Hilfe eines geeigneten Schichtdesigns ist es am Fraunhofer IWS Dresden gelungen, die mit dem Verfahren entstehende Rauheit zur Herstellung von Oberflächen mit sehr hohen Haftreibwerten zu nutzen. In Kombination mit der Verschleißbeständigkeit und Haftfestigkeit der Schichten auf dem Grundwerkstoff konnte so eine verlässliche und langzeitstabile Einstellung des Haftreibwertes der Reibpaarung erzielt werden.

### ERGEBNISSE

Im Rahmen von Voruntersuchungen wurden zwei verschiedene Schichtsysteme identifiziert, die als reibwerterhöhende Beschichtung geeignet sind. Es handelt sich dabei um:

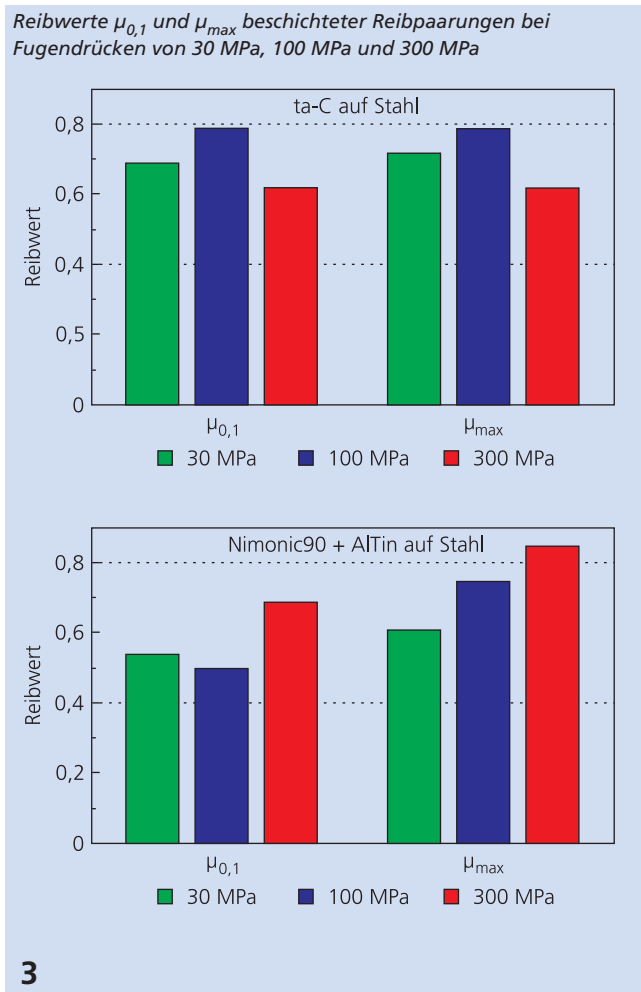
- hartamorphe Kohlenstoffschichten (ta-C)
- Nimonic90- AlTiN

Bei der Arc-Abscheidung dieser Schichtsysteme kann eine ausgeprägte Mikrorauheit eingestellt werden. Im Falle der Kohlenstoffschicht entsteht diese durch harte Kohlenstoffpartikel, die sich bei der Verdampfung von Graphit bilden und in die Schichtoberfläche eingebaut werden (Abb. 2). Beim Schichtsystem Nimonic90- AlTiN wird zunächst die Nimonic-Schicht mit ausgeprägter Rauheit aufgetragen (Abb. 4), die AlTiN-Schicht wirkt als harte Deckschicht zur Stabilisierung der Oberflächenstruktur.



Die Untersuchung des Reibverhaltens erfolgte an einem Torsionsprüfstand. Dabei werden zwei Reibpartner bei verschiedenem Fugendruck gegeneinander verdreht, wobei das drehwinkelabhängige Torsionsmoment gemessen wird. Daraus können verschiedene Reibparameter ( $\mu_{0,1}$  = Reibwert bei  $0,1^\circ$  Torsion und  $\mu_{\max}$  = maximal erreichter Reibwert) abgeleitet werden.

Für die Torsionsversuche wurden spezielle Probekörper gefertigt und jeweils ein Reibpartner beschichtet. Die Schichtdicken lagen für beide Schichtsysteme zwischen 3 Mikrometern und 5 Mikrometern. Der Gegenkörper blieb jeweils unbeschichtet.



Die ermittelten Reibwerte sind in Abbildung 3 dargestellt. Mit beiden Schichttypen werden Werte zwischen 0,5 und 0,8 (je nach Versuchsbedingung) erreicht. Im Vergleich zu mechanisch bearbeiteten Stahloberflächen (Reibwert ca. 0,2) stellt dies eine wesentliche Erhöhung dar.

Darüber hinaus wurden Untersuchungen zum Einfluss der Umgebungsbedingungen (z. B. Beölung der Reibflächen) auf die Reibwerte durchgeführt. Dabei wurde lediglich ein geringer Abfall der Reibwerte um ca. 10 - 20 Prozent ermittelt.

Beschichtete Oberflächen zur Optimierung kraftschlüssiger Verbindungen bieten somit ein hohes Potenzial zur Einsparung von Material und Bauraum. PVD-Beschichtungen eignen sich dafür hervorragend. Aufgrund der geringen Schichtdicken ist eine Integration in mechanische Systeme problemlos möglich.

Das Projekt wurde von der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), Vorhaben Nr. 17230 BR /1 gefördert. Wir danken dem Institut für Konstruktions- und Antriebstechnik der TU Chemnitz für die Durchführung der Torsionsversuche.

- 1 Flanschverbindung und Querpressverbindung
- 2/4 Bruchbild der zur Reibwerterhöhung mittels Arc abgeschiedenen ta-C-Schicht (2) und Metallschicht (3)

#### KONTAKT

Dr. Otmar Zimmer  
 Telefon: +49 351 83391-3257  
 otmar.zimmer@iws.fraunhofer.de

