

## Forschungsergebnisse

Dr. Sven Meier | Telefon +49 761 5142-233 | sven.meier@iwm.fraunhofer.de  
Gruppe: Tribologische Schichtsysteme | Geschäftsfeld: Tribologie

# BESCHICHTUNGSGERECHTES RANDSCHICHT- DESIGN DURCH MIKRO-KUGELSTRAHLEN

Plasmaunterstützt chemisch abgeschiedene DLC-Schichten zeichnen sich durch einen hohen Verschleißwiderstand und einen geringen Reibkoeffizienten bei Gleitbeanspruchung aus. Unter Überrollungsbeanspruchung zeigt sich jedoch oft eine zu geringe Haftfestigkeit. Nach dem Stand der Technik werden zur Steigerung der Haftfestigkeit metallische PVD-Zwischenschichten eingesetzt. Der Einsatz von PVD-Techniken, die in einen PECVD-Prozess integriert werden müssen, reduziert allerdings viele Vorteile eines Mono-PECVD-Prozesses, bei dem alle Ausgangsstoffe über die Gasphase zur Verfügung gestellt werden. Die eigenständige PECVD-Technologie des Fraunhofer IWM ist ohne integrierte PVD-Technologie weitgehend skalierfähig. Sie arbeitet nahezu reinigungsfrei und ist hervorragend für komplexe dreidimensionale Geometrien geeignet.

Erklärtes Ziel war es daher, ein Verfahren zu entwickeln, welches die Haftfestigkeit steigern kann. Gleichzeitig sollte es dem Beschichtungsprozess vorgelagert sein, um das Aufbringen haftvermittelnder metallischer Zwischenschichten vermeiden zu können.

### Vorgehensweise

Zu diesem Zweck wurde vom Fraunhofer IWM ein Mikro-Kugelstrahlverfahren entwickelt, welches das Einbringen von Druckeigenstress in das Substrat erlaubt (Abbildung 1). Die elementaren Mechanismen der beobachteten Haftfestigkeitssteigerung sind noch unzureichend bekannt. Mehrere Faktoren können eine Rolle spielen, beispielsweise die Vergrö-

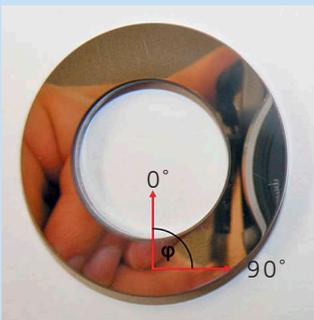
ßerung der Oberfläche, das Einbringen von Fremdelementen oder die Elimination von Zugeigenstressungen.

### Ergebnisse

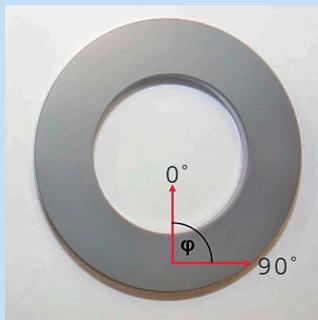
Überrollversuche mit definierten Schlupfwerten und Pressungen (Abbildung 2) haben gezeigt, dass durch Mikrostrahlen des Substrats die Haftfestigkeit und die Überrollfestigkeit von DLC-Schichten deutlich verbessert werden können. Die Anzahl der erreichten Überrollungen ist in Abbildung 2 dargestellt. Bei den Ermüdungstests (Amsler), welche von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung durchgeführt wurden, zeigte sich, dass die Beschichtung einer polierten Standardprobe nach rund 400 000 Überrollungen versagt. Dahingegen ist bei mikrogestrahlten Proben nach über 20 Millionen Überrollungen bei identischer Schicht kein Schichtversagen zu erkennen. Auf Basis dieser Ergebnisse werden bereits zahlreiche Anwendungen bedient, für die zuvor metallische Zwischenschichten unabdingbar waren. Außerdem bilden diese Erkenntnisse die Grundlage für weitergehende Untersuchungen, da die Haftfestigkeit eine entscheidende Rolle für viele mechanisch hoch belastete Bauteile wie Kugellager spielt. Es gilt nun zu klären, welcher der Mechanismen für die verbesserten Eigenschaften verantwortlich ist, um den Schicht-Substratverbund für derartige Lastfälle weiter optimieren zu können.



DLC-beschichtetes Antriebskegelrad.

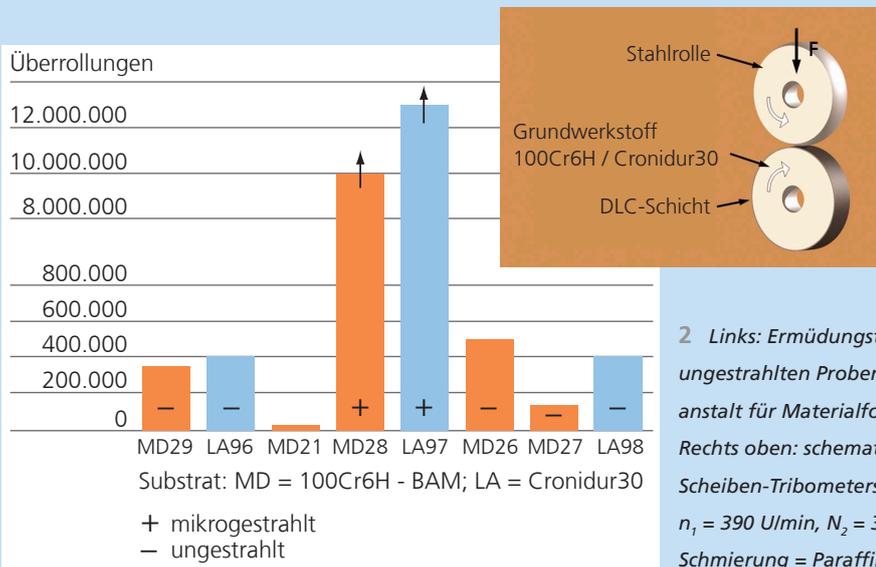


$\sigma_E(0^\circ) = 26,0 \pm 7,4 \text{ MPa}$   
 $\sigma_E(90^\circ) = -5,8 \pm 11,2 \text{ MPa}$



$\sigma_E(0^\circ) = -844 \pm 34 \text{ MPa}$   
 $\sigma_E(90^\circ) = -891 \pm 18 \text{ MPa}$

1 Polierte (links) und mikrogestrahlte (rechts) Axiallagerscheiben und die röntgenografisch ermittelten Eigenspannungen.



2 Links: Ermüdungstest an mikrogestrahlten und ungestrahlten Proben, durchgeführt von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung. Rechts oben: schematischer Aufbau eines Zwei-Scheiben-Tribometers vom Typ Amsler. Schlupf = 10 %,  $n_1 = 390 \text{ U/min}$ ,  $N_2 = 354 \text{ U/min}$ ,  $\text{Druck} = 1,5 \text{ GPa}$ ,  $\text{Schmierung} = \text{Paraffin 46}$ ,  $\text{Temp.} = \text{RT}$ .