

## DLC-BESCHICHTUNGEN FÜR DIE UMFORMUNG

Beschichtungen aus amorphen Kohlenwasserstoffen (a-C:H), auch als diamantähnliche Kohlenstoffschichten, DLC (diamond like carbon) bekannt, eignen sich hervorragend für die schmierstoffarme Umformung von Metallen, und hier aufgrund ihrer geringen Adhäsionsneigung insbesondere von Aluminium. Sie sind allerdings durch ihre enorme Härte und geringe Schichtdicke auch schadensanfälliger. Im AiF Cornet-Projekt »Hochbelastbare DLC-Beschichtungen für Umformprozesse« wird am Fraunhofer IST eine Kombination aus Nitrierung und DLC-Beschichtung angewendet, um die Widerstandsfähigkeit der DLC-Beschichtungen vor allem auf Werkzeugen zu erhöhen. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei in der Anpassung des Verfahrens auf komplex geformte Werkzeuge. Das Projekt wird in Kooperation mit dem Centre de Recherches Métallurgiques in Belgien durchgeführt.

### Widerstandsfähig, aber anspruchsvoll – DLC-Beschichtungen auf Werkzeugen

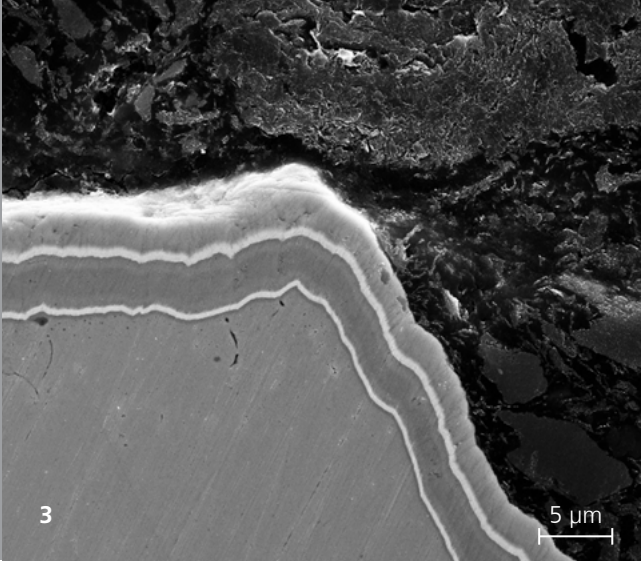
DLC-Beschichtungen haben mit einer Härte von bis zu ca. 2000 HV einen wesentlich höheren Widerstand gegen abrasiven Verschleiß als gehärteter Werkzeugstahl (ca. 800 HV). Der geringe Reibungskoeffizient von ca. 0,1 – ungeschmiert unter Raumbedingungen gegen Stahl – ermöglicht zusätzlich den Einsatz in gering oder nicht geschmierten Reibpaarungen. Die enorme Härte macht sie allerdings auch schadensanfälliger gegenüber dem sogenannten Eierschaleneffekt: Lokale Überlastungen führen dabei zu einer überhöhten, punktuellen Spannungsbelastung der Schicht und des darunterliegenden Materials. Die Folge ist ein Einbruch der maximal 5 µm dicken DLC-Schicht in das meist wesentlich weichere Grundmaterial.

Bei der Beschichtung von Werkzeugen stellen vorliegende Radien und Kanten eine besondere Herausforderung dar, denn die Qualität der abgeschiedenen Schichten wird erheblich durch die Geometrie beeinflusst. Unter realen Einsatzbedingungen stellen selten die nominellen Belastungsbedingungen

im Idealbetrieb die größte Herausforderung dar. Vielmehr erzeugen Unregelmäßigkeiten im Betrieb wie z. B. Fehlstellung oder Schmutz die erwähnten punktuellen Belastungen und verursachen so fatale Schichtschädigungen.

### Stützwirkung durch Randschichthärtung

Eine Möglichkeit, die Schichtschädigungen zu vermeiden, besteht darin, die Stützwirkung des unterhalb der Beschichtung liegenden Stahlwerkstoffs durch z. B. eine Randschichthärtung zu verstärken. Im beschriebenen Projekt wurde die Werkzeugoberfläche daher vor der eigentlichen Beschichtung plasmanitriert und so die Widerstandsfähigkeit gegen plastische Verformung erhöht. Die dadurch in einer Dicke bis 1 mm auf bis zu 1400 HV gehärtete Randzone des Stahls verringert die Anfälligkeit gegen den Eierschaleneffekt signifikant. Als Folge ergibt sich eine deutliche Verbesserung der Schichthaftung und des Widerstands gegen punktuelle Überbelastung auf allen Stählen. Unterschiedliche Testmethoden, wie z. B. der Ritztest oder eine Impact-Dauerprüfung, bestätigten die Ergebnisse.



Im weiteren Verlauf des Projekts wurden systematisch die in Umformwerkzeugen gebräuchlichsten Stähle auf ihre Eignung und individuellen Erfordernisse für dieses Verfahren untersucht. Ihre spezifischen Zusammensetzungen und morphologischen Eigenschaften bestimmen wesentlich das Nitrierergebnis und das Verhalten der Beschichtung unter Last.

#### **Ausblick**

In Zusammenarbeit mit den im projektbegleitenden Ausschuss beteiligten Firmen und den belgischen Kooperationspartnern sollen die Ergebnisse im kommenden Projektabschnitt auf industriell eingesetzte Werkzeuge übertragen werden. Dabei werden die zur Verfügung gestellten Werkzeuge mit angepassten Kombinationsprozessen behandelt und unter realen Einsatzbedingungen getestet. Vor allem die komplexen Anwendungssituationen erfordern oftmals eine hohe Belastbarkeit, insbesondere in den Funktionsbereichen der Werkzeuge. Darüber hinaus stellen ihre komplex geformten Oberflächen eine beschichtungstechnische Herausforderung dar, denn gekrümmte Oberflächen, Radien, Kanten und Vertiefungen beeinflussen die Nitrier- und Beschichtungsergebnisse.

**1** Umformprozesse (hier: Clinchen) setzen Werkzeuge hohen Belastungen aus.

**2** Lokale Belastungsspitzen führen zu Schichtabplatzungen.

**3** Konturtreue Nitrierung und Beschichtung ist eine Grundvoraussetzung für hochbelastbare Werkzeuge.

## **KONTAKT**

Dipl.-Ing. (FH) Kai Weigel  
Telefon +49 531 2155-650  
kai.weigel@ist.fraunhofer.de