

## DIE LEBENSDAUER VON HARTSTOFFSCHICHTEN TESTEN

Neben reinen statischen Beanspruchungen sind dünne PVD- und CVD-Hartstoffschichten in vielen Anwendungsfällen auch dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt. Nicht selten erfahren sie nach Überschreitung einer kritischen Wechselbeanspruchung einen Ermüdungsbruch oder andere Ermüdungserscheinungen wie Materialausbrüche oder oberflächennahe Mikrorissbildungen. Um dies näherungsweise vorherzusagen, kann die Anfälligkeit eines Schichtsystems mithilfe des am Fraunhofer IST verfügbaren Impact-Tests geprüft werden. Dabei wird der Widerstand eines Schicht-Substrat-Verbunds auf Werkstoffschädigung, Rissbildung und Schichtablösungen untersucht.

### Das Testprinzip

Der Impact-Test ist eine dynamische Wechselbeanspruchung des Schicht-Substrat-Verbunds, der sowohl auf flachen als auch auf gekrümmten Bauteilen durchgeführt werden kann. Dabei übt eine fest eingespannte Prüfkugel mit einer Frequenz [f] von ca. 60 Hz eine zyklische Belastung auf das zu prüfende Bauteil aus. Je nach gewähltem Betriebsmodus können zwei verschiedene dynamische Belastungen eingestellt werden. Bei der ersten Variante, dem sogenannten nicht abhebenden Betrieb, erfolgt die Belastung im Dauerkontakt von Kugel und Bauteil. In diesem Fall ist der Abstand [d] gleich Null (vgl. Abbildung 1). Der zweite Modus, der abhebende Betrieb, ist eine hämmernde Bewegung der Kugel auf dem Bauteil. Der Abstand [d] beträgt dabei mindestens 0,2 mm. Über einen elektromagnetischen Antrieb können Prüfkraft [F] zwischen 200 N und 4000 N eingestellt werden.

### Die Prüfkugeln

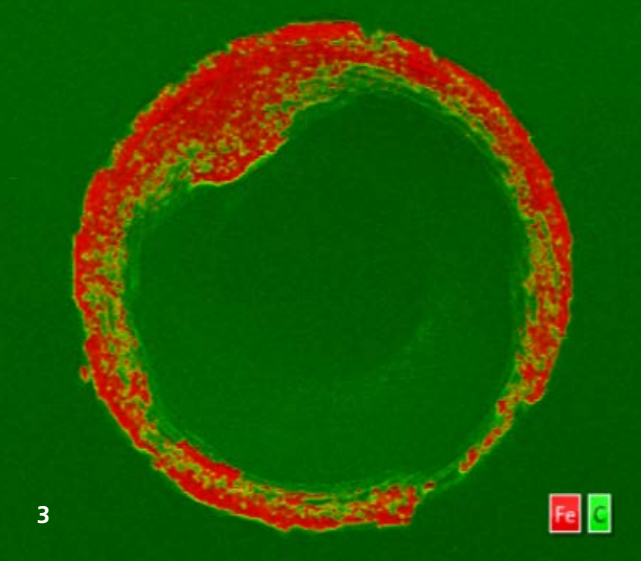
Der Werkstoff und die Größe der verwendeten Prüfkugeln haben einen Einfluss auf die Belastungen des Schichtsystems. Je nach Kugelgröße ergibt sich eine veränderte Flächenpressung. Für lange Prüfdauern von  $> 10^5$  Impacts und gleichzeitig

hohe Belastungen von  $\geq 2000$  N sind keramische Prüfkugeln z. B. besser geeignet als Stahlkugeln (100Cr6). Letztere neigen bei diesen Belastungen zu einer Werkstoffermüdung, was meistens mit einem unregelmäßigen Materialabtrag an der Kugel und somit einer ungleichen Druckverteilung einhergeht. Darüber hinaus kann ein solcher Materialtransfer eine spätere EDX-Analyse erschweren.

### Erste Ergebnisse

Die Größe der Impact-Eindrücke, d. h. der Durchmesser und die Tiefe, sowie das sogenannte Pile-up-Verhalten, ein Aufwölben im Randbereich der Eindrücke, nimmt mit steigender Prüfkraft zu. Beispielsweise wird bei einer Prüfkraft von 500 N ein Durchmesser von ca. 450  $\mu\text{m}$  und eine Tiefe von ca. 7  $\mu\text{m}$  ermittelt. Bei 4000 N Prüfkraft beträgt der Durchmesser hingegen ca. 900  $\mu\text{m}$ , die Tiefe ca. 50  $\mu\text{m}$ .

Für eine Bewertung der Schichthaftung sind mehrere, in der Regel zwei bis drei Versuche erforderlich. Der Abstand der einzelnen Versuche ist dabei so zu wählen, dass sich diese nicht gegenseitig beeinflussen.



- 1 *Prinzipskizze des Impact-Tests.*
- 2 *Geschädigte Beschichtung nach dem Impact-Test.*
- 3 *Beispiel einer EDX-Analyse (grün = intakte Schicht; rot = abgeplatzte Beschichtung).*

### **Untersuchung der Lebensdauer**

Das Schichtsystem wird aufgrund der wiederkehrenden Be- und Entlastungszyklen stark beansprucht, was zu Schichtabplatzungen und/oder zu Dehnungsrissen im Bereich des Impact-Eindrucks führen kann. Anhand von optischen Bildern oder mithilfe von REM-EDX-Aufnahmen kann der Schädigungsgrad des Schichtsystems festgestellt werden. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen Aufnahmen mit erheblichen Schichtschädigungen. Das Ausmaß der Defekte dient als Kennzeichen für die Lebensdauer der Beschichtung. Bei sehr rauen Oberflächen kann es zu frühzeitigen Schichtschädigungen kommen, da an den Rauheitsspitzen hohe Flächenpressungen auftreten. Inwieweit das Substrat unterhalb der Beschichtung beschädigt wurde, kann darüber hinaus mithilfe eines Querschliffs ermittelt werden.

## **KONTAKT**

*Dipl.-Ing. Reinhold Bethke  
Telefon +49 531 2155-572  
reinhold.bethke@ist.fraunhofer.de*