



1. Antriebswelle
2. Beschichtung
3. Grundwerkstoff
4. Kalottentiefe
5. Kugel
6. Sensor



Auszug aus dem Jahresbericht 2016  
 Zur aktuellen Website: [www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

## KONTINUIERLICHE KALOTTEN- VERSCHLEISSMESSUNG IN ECHTZEIT

Der Abrasivverschleiß von Beschichtungen wird seit vielen Jahren mit dem etablierten Kalottenschleifverfahren ermittelt. Mit einem modifizierten Kalottenschleifgerät kann das Verschleißverhalten von Beschichtungen nun auch in Abhängigkeit der Zeit dargestellt werden. Dabei wird die Kalottentiefe kontinuierlich gemessen, wodurch die bisher notwendigen zusätzlichen manuellen Auswertungen entfallen. Die am Fraunhofer IST entwickelte Methode spart daher Zeit und bringt Ergebnissicherheit mit sich.

### Das Kalottenschleifverfahren

Das Prinzip des herkömmlichen Kalottenschleifverfahrens ist sehr einfach. Mit Hilfe einer rotierenden Kugel, auf die eine Schleifsuspension gegeben wird, wird in die zu untersuchende Schicht eine Kalotte eingeschleift. Nach einer festgelegten Prüfzeit kann das Volumen der Kalotte bestimmt und daraus der Verschleißkoeffizient ermittelt werden. Das Verfahren an sich ist zwar sehr leicht zu handhaben, bringt aber einige Nachteile mit sich. So erfolgt die Bestimmung des Verschleißvolumens beispielsweise in der Regel im Rahmen einer optischen Auswertung und ist damit von den Erfahrungen des Prüfers abhängig. Darüber hinaus werden die Verschleißkoeffizienten von Schichtsystemen bei unterschiedlichen Flächenpressungen ermittelt, da sich bei festgelegter Prüfdauer je nach Verschleißfestigkeit der zu prüfenden Schichten unterschiedlich große Kalotten ausgebildet haben. Ein weiterer Nachteil der herkömmlichen Methode ist, dass das dynamische, d. h. das zeitabhängige Verschleißverhalten nicht dargestellt werden kann.

### Die kontinuierliche Verschleißmessung

Um das dynamische Verschleißverhalten zu untersuchen und um in Zukunft Verschleißkoeffizienten bei vergleichbarer Flächenpressung zu ermitteln, wurde am Fraunhofer IST ein Messsystem entwickelt, das die Kalottentiefe während des Schleifvorgangs in Echtzeit erfasst und darstellt. Dafür wurde

ein Kalottenschleifgerät so modifiziert, dass ein Wegsensor die Lageänderung der rotierenden Kugel, d. h. die Eingrabbtiefe der Kugel in den zu prüfenden Werkstoff kontinuierlich aufzeichnet. Der auf der Wirbelstromtechnik basierende Sensor lässt sich so positionieren, dass auch bei unterschiedlichen Auflagekräften Verschleißmessungen durchgeführt werden können. Für Handling und Probenwechsel lässt sich der Sensor seitlich verfahren.

### Vergleich von Verschleißkoeffizienten und Flächenpressungen

In einem Versuchsaufbau wurde beispielhaft das unterschiedliche dynamische Verschleißverhalten einer DLC- und einer CrN-Schicht aufgezeichnet. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Dabei zeigt das zeitabhängige Verschleißverhalten der CrN-Schicht einen markanten Unterschied zu dem der DLC-Schicht: Während der Verschleißkoeffizient der DLC-Schicht stetig ansteigt, nähert sich der Verschleiß der CrN-Schicht einem konstanten Wert an.

Die Tabelle zeigt unterschiedliche Auswertungen der in nebenstehender Grafik dargestellten Messkurven. Bei gleicher Versuchsdauer ergibt sich nach dem herkömmlichen Verfahren ein Verschleißkoeffizient von CrN, der etwa um den Faktor 20 höher ist als der der DLC-Schicht. Auch die Kalottentiefe unterscheidet sich. Bei einer Normierung auf die gleiche Flächenpressung ist die Kalottentiefe hingegen identisch und

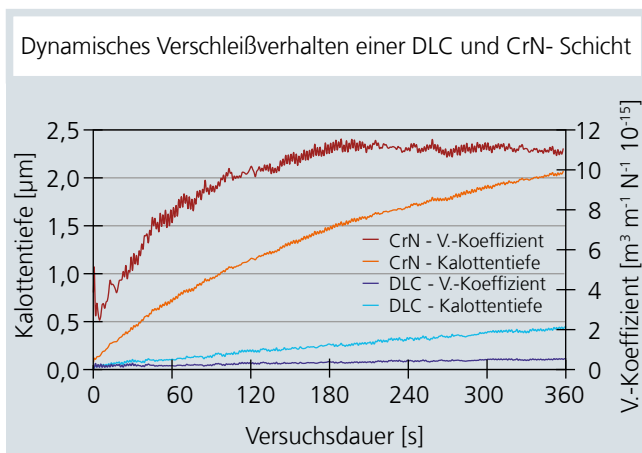
das Verhältnis der Verschleißkoeffizienten ist deutlich geringer (V.-koeffizient CrN/DLC = 10). Verschleißkoeffizienten von Schichten und Werkstoffen können mit Hilfe der dynamischen Messung bei einheitlicher Flächenpressung bewertet und dadurch besser miteinander verglichen werden.

### Ausblick

Bisher sind die Grundlagen des Verfahrens erprobt. In weiterführenden Versuchsreihen soll zukünftig die noch nicht zufriedenstellende Reproduzierbarkeit näher untersucht werden.

1 Neues Kalottenschleifgerät mit Sensor.

2 Prinzip-Skizze des neuen Messaufbaus.



Bestimmung der Verschleißkoeffizienten	Referenzwert (DLC)	Herkömmliche Methode Gleiche Versuchsdauer (CrN)	Neue Methode Gleiche Flächenpressung (CrN)
Versuchsdauer [s]	360	360	30
Kalottentiefe [µm]	0,43	2,0	0,43
Flächenpressung [N/mm²]	13,3	2,8	13,3
V.-Koeffizient [m³ m⁻¹ N⁻¹ 10⁻¹⁵]	0,5	~ 11	~ 5,0

## KONTAKT

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