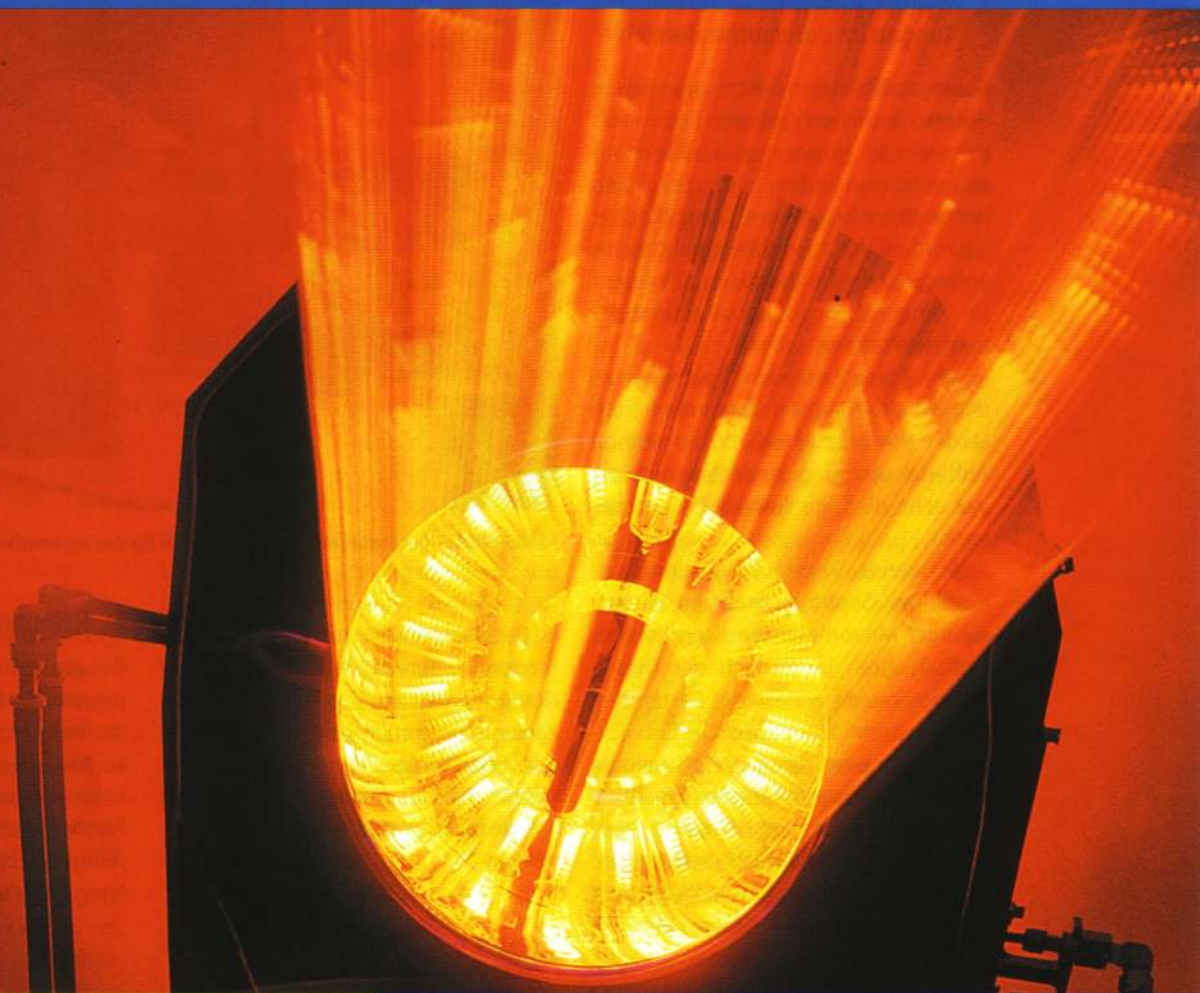


6

Vakuum

in Forschung und Praxis



Dünne Schichten
Kohlenstoffbasierte
Beschichtungen



Oberflächen
Ionenbeschuss von
Polymeren für die
Medizintechnik

Zeitschrift für Vakuum- und Plasmatechnologie,
Oberflächen und Dünne Schichten



Kohlenstoffbasierte Beschichtungen

Reibungsreduktion in *automotive* Anwendungen

Jürgen Becker und Martin Grischke

1 Kohlenstoffbasierte Beschichtungen im *automotive* Bereich

Kohlenstoffbasierte Beschichtungen in unterschiedlichen Varianten finden sich seit mehr als 15 Jahren in der Serienanwendung und sind in einigen Bereichen der Automobilindustrie unabdingbar geworden. Waren die Beschichtungen anfangs nur eine „Notlösung“, werden sie zunehmend als Konstruktionselement verstanden.

Als herausragende Eigenschaften der Schichten werden meist die hohen Härten von bis zu 3 000 HV, die geringe Adhäsionsneigung zu Metallen sowie der sehr niedrige Reibkoeffizient genannt.

Steigende Systemdrücke und Lastprofile bei Spalttoleranzen im Bereich weniger Mikrometer machten Kohlenstoffschichten im Bereich der Dieselttechnologie als erstes zum Bestandteil des Konstruktionsdesigns. Die Entwicklung in der Benzineinspritztechnologie mit ebenfalls zunehmenden Einspritzdrücken und der im Vergleich zum Dieselmotorkraftstoff deutlich reduzierten Schmierwirkung von Benzin lassen dort eine ähnlich schnelle Entwicklung erwarten.

Auch in anderen Anwendungsbereichen werden immer häufiger Beschichtungen eingesetzt. Beispiele sind die Kolbengruppe und der Ventiltrieb, aber auch Getriebekomponenten und Komponenten im Hydraulik-, insbesondere dem Bremssystem.

In Kraftstoffeinspritzsystemen kommen relativ kleine Komponenten zum Einsatz. Mittlerweile lassen sich aber auch „große“ Komponenten zu akzeptablen Stückkosten mit der Vakuumtechnologie produzieren. Komponenten, bei denen die technische Funktionalität bereits länger bekannt ist, haben nun eine Chance, ihren Weg in die Serie zu finden.



ABBILDUNG 1: Beschichtung von Komponenten für den *automotive* Bereich

Beschichtungen sind seit Jahren Stand der Technik, um hochbelastbare Komponenten vor Verschleiß zu schützen. Im Zusammenhang mit Initiativen zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes richtet sich das Interesse immer mehr auf die Reibungsreduktion.

2 Reibungsreduktion

Für die Anwendung von kohlenstoffbasierten Beschichtungen gewinnt die Reibungsreduktion immer mehr an Bedeutung. Als grober Anhaltswert kann angenommen werden, dass bei Personenwagen rund zehn Prozent der „Eingangsleistung“ über Reibung verloren gehen. Ein genauer Wert hängt

ZUSAMMENFASSUNG

Beschichtete Komponenten finden sich in vielen Anwendungen in Kraftfahrzeugen. Die ersten Anwendungen hatten überwiegend das Ziel, den Verschleiß zu reduzieren. Aktuell rückt die Reibungsreduktion immer mehr in den Vordergrund. Beschichtungen werden dabei gezielt als Konstruktionselement entwickelt und eingesetzt. Für die Wahl einer geeigneten Beschichtung bzw. eines geeigneten Schichtsystems muss das gesamte tribologische System betrachtet werden. Reibungsreduktion ist in der Regel nur unter Misch- bzw. Grenzreibung mög-

lich. Die Rauheit von Körper und Gegenkörper und deren Einlaufverhalten setzen einer möglichen Reibungsreduktion Grenzen.

Die Kompatibilität von Schmierstoffen und Beschichtungen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Ein exemplarisch betrachtetes MoDTC-additiviertes Motorenöl führt bei DLC-beschichteten Ventiltriebkomponenten zu erhöhter Reibung in bestimmten Geschwindigkeitsbereichen. Ein speziell hierfür angepasstes metallhaltiges DLC (Cr/C/a-C:H) verhindert diesen Effekt.



ABBILDUNG 2: beschichtete Komponenten für automotive Anwendungen (im Uhrzeigersinn Rocker Arm / Valve Pistons / Piston Pins / Camshaft / Tappets)

SUMMARY

Carbon-based Coatings

Coated components are used in many applications in motorcars. The objective of first applications was mainly wear reduction. Currently friction reduction gets more and more in the spotlight. Coatings are systematically developed and implemented as a design element.

The selection of a suitable coating or a coating system should be based on an evaluation of the complete tribological system. Friction reduction is usually only possible in the boundary friction and mixed lubrication regime. The roughness of body and counterbody and their running-in limits the possible effect.

The compatibility of lubricants and coatings gets more and more important. As an example an engine oil with MoDTC additive results in increased friction of DLC coated valve-train components in certain speed ranges. A specially for this application adjusted metal-containing DLC (CrC/a-C:H) avoids this effect.

nicht nur vom Wirkungsgrad des Motors bzw. der Leistungseffizienz des gesamten Fahrzeugs ab, sondern auch vom angenommenen Lastzyklus. Die zehn Prozent Reibungsverlust sind in Relation zu den – ebenfalls nur als Anhaltswert zu sehenden – 15% Nutzleistung zu bewerten, die „für das Fahren“ genutzt werden können. Reibungsreduzierung kann damit erheblich zu einer Verbrauchsreduzierung beitragen.

2.1 Grundlagen

Die Ursache für Reibung kann stark vereinfacht auf die beiden Effekte

- ▶ Material-Adhäsion
- ▶ Rauheit („geometrischer Verzahnungseffekt“)

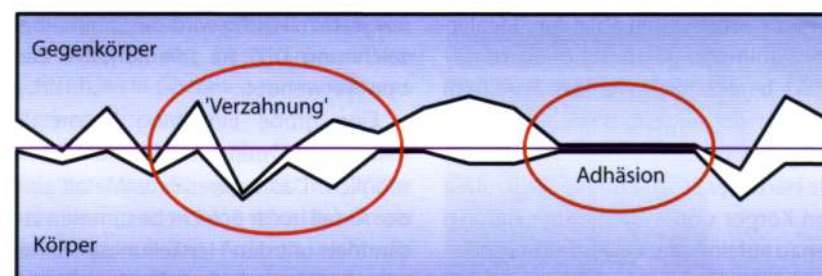


ABBILDUNG 4: Körper und Gegenkörper im Reibkontakt (schematisch)

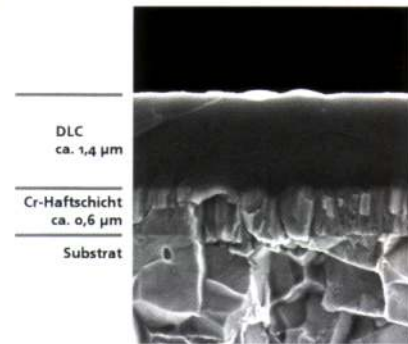


ABBILDUNG 3: Querschnitt (Bruchbild) einer DLC-Schicht

zurückgeführt werden; siehe hierzu auch Abb. 4. Durch Schmierung werden die beiden Tribo-Partner getrennt, so dass weder Adhäsion noch Rauheit zu Verlusten führen können. Es bleibt in diesem Fall nur noch die innere Reibung des Schmiermittels als Verlustmechanismus.

Im Bereich der Grenz- bzw. Mischreibung ist der Trennfilm des Zwischenmediums noch unvollständig, so dass Körper und Gegenkörper nicht vollständig getrennt sind. Um auch in diesem Bereich die Reibung zu reduzieren, müssen die Adhäsionsneigung und die Rauheit der Oberfläche reduziert werden. Beides kann mit Beschichtungen unterstützt werden.

2.2 Adhäsion

Im hier betrachteten Zusammenhang wird unter Adhäsion das Aneinanderhaften von Körper und Gegenkörper infolge zwischenatomarer bzw. -molekularer Anziehungskräfte verstanden. Diese Adhäsionsbindungen werden bei einer Relativbewegung der beiden Körper abgeschert. Das führte einerseits zu erhöhten Reibungskräften, andererseits kann es zu Materialtransfer oder sogar zu Kaltverschweißung im Mikrobereich kommen. Da sich dadurch die Rauheit

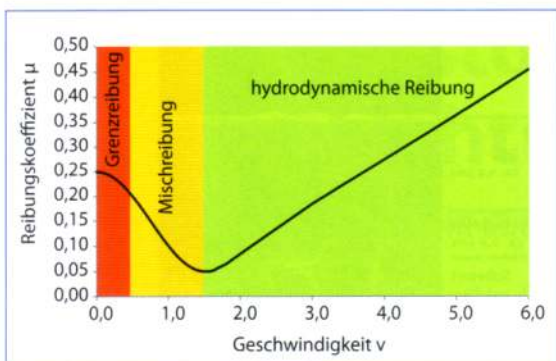


ABBILDUNG 5: Stribeck-Kurve (schematisiert)

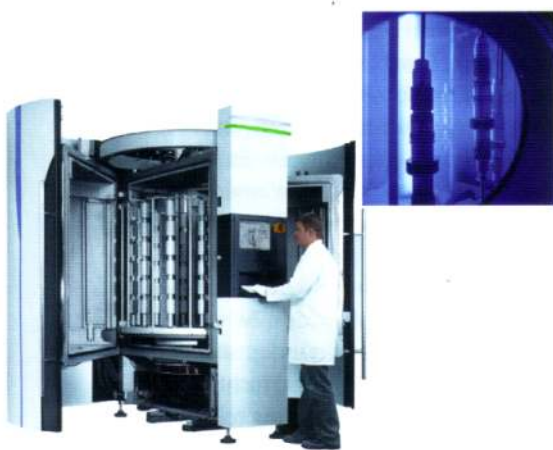


ABBILDUNG 6: Beschichtungsanlage Oerlikon Balzers RS90, Blick durch das Beobachtungsfenster auf einen PACVD – Prozess

wieder erhöht, ist damit in der Regel eine weitere, teilweise sogar selbstverstärkende Erhöhung der Reibung verbunden.

2.3 Rauheit

Wenn der beschichtete Körper glatter als der unbeschichtete Gegenkörper ist, kann mit einer harten Beschichtung des Körpers der Gegenkörper in der Einlaufphase „eingeschliffen“ werden. Mit einer Beschichtung angepasster, in der Regel etwas geringerer Härte kann auch erreicht werden, dass Körper und Gegenkörper geglättet werden. Dieses gesteuerte Einlaufen muss aus Anwendersicht sehr schnell ablaufen. Idealerweise sollte der gewünschte Glättungseffekt bereits nach weniger als einem Promille der angenommenen Lebensdauer des Bauteils abgeschlossen sein. Die Härte der Beschichtung, die Rauheit von Körper und Gegenkörper müssen genau aufeinander abgestimmt sein.

2.4 Schmierung

Durch die Verwendung eines Schmiermittels werden Körper und Gegenkörper voneinander getrennt und die Reibung wird in das Schmiermittel verlagert; siehe hierzu Abb. 5.

Bei unzureichender Schmierung kommt es zumindest im Bereich von Spitzen im Rauheitsprofil zu Kontakt von Körper und Gegenkörper. Dieser Bereich der Mischreibung tritt in der Praxis vor allem bei geringen Geschwindigkeiten und / oder hoher Flächenpressung auf. Bei Kraftfahrzeugen kommt Mangelschmierung in bestimmten Betriebszuständen, vor allem beim Starten des Motors hinzu. Unmittelbar nach dem Starten wird auch der nochmals „reibungsintensivere“ Bereich der Grenzreibung mit großem Berührungsanteil durchlaufen.

Ein naheliegender Ansatz, den Bereich der Mischreibung durch hohe Drehzahlen zu vermeiden ist im Rahmen eines üblichen Lastzyklus ebenso wenig gangbar wie eine deutlich verbesserte (hydrostatische) Schmierung. Aktuelle Trends in der Automobiltechnik mit Start/Stop – Automaten, niedrigen Drehzahlen der Motoren oder auch Reduzieren des Leistungs- und Materialaufwands für Schmierung laufen dem Ansatz entgegen.

Sinnvoller erscheint es, die Rauheit der Reibpartner sowie die Adhäsionsneigung zu reduzieren. Beides ist durch den Einsatz von Beschichtungen, insbesondere von kohlenstoffbasierten Beschichtungen möglich.

3 Kohlenstoffbasierte Beschichtungen

3.1 Herstellung

Kohlenstoffbasierte Beschichtungen werden durch – meist plasmaunterstützte – Vakuumverfahren (Physical Vapor Deposition (PVD), Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition (PACVD)) hergestellt. Häufig wird die Sammelbezeichnung DLC für „diamondlike carbon“ verwendet.

Eine grobe Einteilung in metallhaltige und metallfreie Varianten ist möglich. Das verwendete Metall und der Anteil in der Schicht bestimmen zusammen mit den Herstellungsparametern die Eigenschaften. Darüber hinaus lassen sich die Schichteigenschaften

durch Dotierung beeinflussen. Vielfach werden Einzelschichten zu einem Schichtsystem verbunden, um eine optimale Anpassung an die tribologische Aufgabenstellung zu ermöglichen.

Abb. 6 zeigt eine Oerlikon Balzers Beschichtungsanlage vom Typ RS90 zur Herstellung von DLC-Schichten.

3.2 Schichteigenschaften

In den Anfängen bestanden kohlenstoffbasierte Beschichtungen nur aus einer – mehr oder weniger – homogenen Schicht, in der Regel unterstützt durch eine Haftvermittlerschicht. In aktuellen Anwendungen werden Mehrschichtsysteme eingesetzt, die neben speziellen Haft- oder Gradientenschichten, die Hauptfunktionen wie Einlaufschicht, Funktionsschicht oder auch Stützschiicht in sich vereinen und je nach Anwendung weiter angepasst werden.

Für tribologisch gering belastete Systeme oder für Systeme, bei denen das Lastkollektiv stark eingeschränkt ist, können natürlich weiterhin „einfache“ Systeme verwendet werden. Beispielsweise kann bei geringer mechanischer Last, geringer Temperatur und überwiegend hydrodynamischer Schmierung ein „einfaches“ homogenes metallfreies DLC verwendet werden. Hier findet ein schneller Einlauf der Schicht und des Gegenkörpers statt und die DLC-Schicht garantiert die Funktionsfähigkeit über die geforderte Lebensdauer. Die notwendige Schichtdicke orientiert sich dabei häufig an der Rauheit des zu beschichtenden Bauteils, wobei eine Oberflächenrauheit von $R_z=2\ \mu\text{m}$ nicht signifikant überschritten werden sollte.

3.3 Gesteuertes „running-in“ mit Beschichtungen

Bei dem in Abb. 7 gezeigten Bolzen kommt es nur in einem engbegrenzten Bereich zu einem Kontakt mit dem Gegenkörper. Vermutlich ist die Schmierung in diesem Bereich unzureichend. Die hohe lokale Belastung führte zu einem Verschleiß von Körper und Gegenkörper. Ziel war es, die Lebensdauer um wenigstens einen Faktor drei zu erhöhen.

Das Bauteil wurde mit Balzers DLC Star (DLC auf CrN – Unterlage) beschichtet. Die Härte der DLC – Schicht wurde

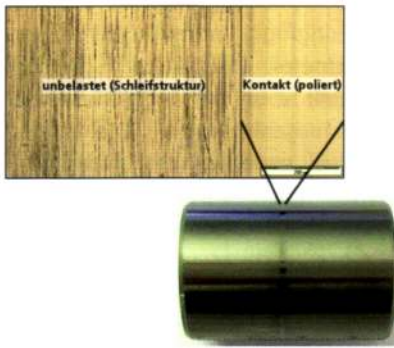


ABBILDUNG 7: Einlaufverhalten einer DLC-Schicht

empirisch auf das Tribo-System angepasst. Es wurde eine DLC-Schicht von 1,9 μm Dicke auf einer CrN-Unterlage (inklusive Cr-Haftschrift) mit 1,1 μm Dicke aufgebracht. Die Gesamtschichtdicke betrug somit 3,0 μm . Die Rauheit war mit $R_z=1,0 \mu\text{m}$ relativ groß.

Abb. 7 zeigt die Glättung im tribologischen Kontakt und die deutliche Reduktion der Rauheit nach erfolgtem Einlauf. Im unbelasteten Bereich des Bauteils sind die, auch nach der Beschichtung des Bauteils mit DLC noch vorhandenen, Schleifstrukturen deutlich erkennbar.

Abb. 8 macht den Einlaufprozess an Hand der Rauheit bzw. der Verschleißtiefe deutlich. Schon nach kurzer Laufzeit sind vorhandene Rauheitsspitzen reduziert und der Rauheitswert R_z reduziert sich von 1,0 μm auf 0,1 μm .

Die nach deutlich weniger als 1000 Lastzyklen schon stark geglättete DLC-Schicht stoppt jeden weiteren Verschleiß und garantiert die geforderten hohen Lebensdauern. Der Einlaufprozess ist somit nach weniger als einem Promille der erwarteten Lebensdauer abgeschlossen.

3.4 Wechselwirkung von Beschichtungen mit speziellen Schmierstoffen

Nicht nur die Hersteller von Beschichtungen arbeiten daran, ihre Systeme zu optimieren. Auch die Anpassung der verwendeten Schmierstoffe ermöglicht es, die Reibung zu reduzieren. Leider zeigt es sich, dass manche Schmierstoffe durch die darin verwendeten Additive nicht oder nur bedingt kompatibel sind mit üblichen kohlenstoffbasierten Beschichtungen.

Es gilt nunmehr, andere Elemente eines Tribosystems mit in die Überlegungen einzubeziehen. Verschiebt man

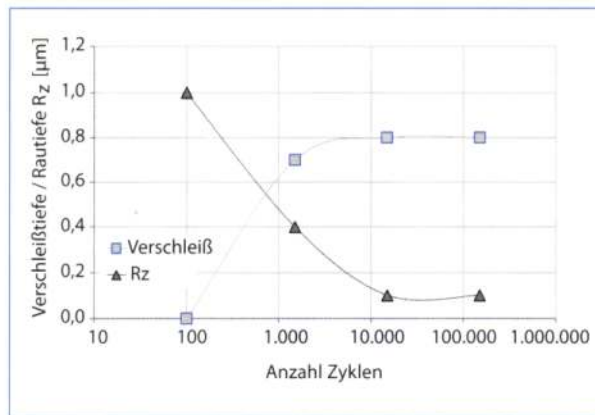


ABBILDUNG 8: Einlaufverhalten einer DLC-Schicht

die Striebeck-Kurve durch extreme Flächenpressungen immer deutlicher in den Grenz- und Mischreibungsbereich, so steigt, neben den Anforderungen an die Bauteilfestigkeit und die Verschleißbeständigkeit der Schicht, auch die Anforderung an eine positive Wechselwirkung der Schicht mit Ölen und deren Additiven. Kohlenstoffschichten wurden in der Regel so konzipiert, dass sie sowohl in einer ungeschmierten, wie auch in einer geschmierten Umgebung prinzipiell verwendbar sind. Sie sind jedoch nicht dafür entwickelt worden, optimal mit Additiven zu wechselwirken.

Verschiedene Untersuchungen zeigen, dass eine Anpassung der chemischen Wechselwirkungseigenschaften der Schichten notwendig ist. Eine detaillierte Analyse von hochbelasteten Tribosystemen hat gezeigt, dass metallhaltige Kohlenstoffschichten (Me-C:H) Eigenschaften gegenüber Additiven aufweisen, die reines DLC nicht zeigt. Sie erlauben chemische Reaktionen mit komplexbildenden Additiven, wie z. B. MoDTC (Molybdän-Dithio-Carbamate), um somit die gewollte Bildung von reibungsmindernden Mo-Sulfiden und Mo-Oxiden zu ermöglichen.

Obwohl DLC mit >20 GPa deutlich härter ist als Me-C:H mit 10–15 GPa, zeigt es im Bereich extremer Mischreibung in Anwesenheit von MoDTC einen kontinuierlichen Verschleiß. Das entspricht nicht dem erwarteten Einlaufverhalten mit beschränktem Verschleißbild in Systemen mit moderaten Flächenpressungen.

Marktübliche Me-C:H-Schichten zeigten zwar die gewünschte Wechselwirkung, erreichten aber auf Grund ihres strukturellen Aufbaus nicht die gewünschte Systemlebensdauer unter diesen Extrembedingungen.

3.5 Chromkarbid

Die Herausforderung bei der Weiterentwicklung von Me-C:H-Schichten bestand nun darin, diese positiven Wechselwirkungen mit Additiven zu erhalten und gleichzeitig die Verschleißfestigkeit deutlich zu erhöhen. Zusätzlich soll sich daraus ein weiterer Beitrag zur Reibungsminderung im Tribo-System ergeben.

Mit einem neuen CrC-Schichtsystem wurden diese Anforderungen realisiert. Die CrC-Schicht als Haupt-Funktionsschicht wird auf eine CrN-Stützschrift aufgebracht. Da die CrC-Schicht relativ weich ist, wird für die meisten Anwendungen eine Deckschicht aus DLC verwendet. Diese DLC-Schicht ist mit wenigen Zehntel Mikrometern sehr dünn. Sie dient nur als Einlaufschicht und sollte sich nach kurzer Zeit „geopfert“ haben. Während des größten Teils der Lebensdauer des Tribo-Systems wird dann die bessere Kompatibilität mit Schmiermitteln bzw. Additiven und geringere Reibung des CrC-Systems genutzt.

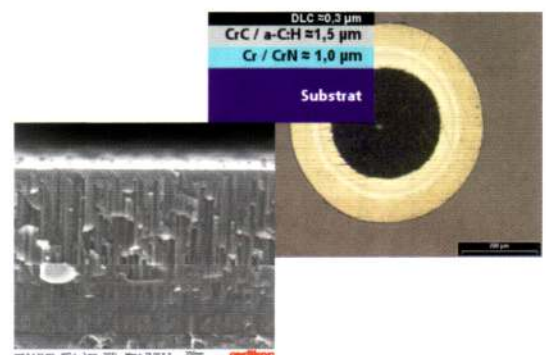


Abbildung 9: verwendetes Schichtsystem

Das Schichtsystem

Als Ausgangspunkt für Beschichtungen wird ein Mehrschichtsystem aus einer Chromnitridunterlage, einer CrC – Funktionschicht und einer DLC – Einlaufschicht gewählt. Die Einzelschichtdicken sind in Abb. 9 aufgeführt.

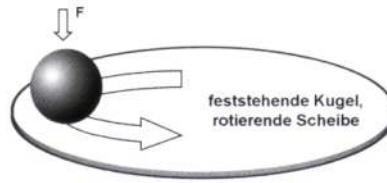


ABBILDUNG 10: „ball-on-disc“ – Test

nun geringfügig unter den Werten der beschichteten Oberfläche liegt. Der Verschleiß ist bei der unbeschichteten Probe am geringsten; bei DLC ist der Verschleiß etwa fünfmal größer. Die chromhaltige Variante mit einer Einlaufschicht erreicht nahezu dieselben Werte wie die unbeschichtete Probe.

Labortest

Wesentliches Hilfsmittel zur Anpassung sind Labortests wie der „Ball-on-Disc“ – oder auch „Pin-on Disc“ – Test; siehe hierzu Abb. 10. Diese Tests sind in den meisten Fällen in der erreichbaren Relativgeschwindigkeit begrenzt auf typischerweise 0,2 m/s, so dass sich keine verlässlichen Aussagen über das Verhalten unter realen Einsatzbedingungen machen lassen. Besser geeignet sind Verfahren, die mit anwendungsrelevanten Geschwindigkeiten arbeiten, die in der Regel in der Größenordnung von 3 m/s liegen.

Das Schmiermittel beeinflusst entscheidend erreichbare Reib- und Verschleißwerte für unterschiedliche Schichten, vor allem auch im Vergleich

zu unbeschichteten Oberflächen. Den Einfluss des Additivs MoDTC, eines ‚friction modifiers‘ zeigt das Beispiel in den Abb.11 und 12.

Ohne Schmiermittel mit MoDTC ergibt sich der oft beschriebene Vorteil einer DLC-Beschichtung im Vergleich zur unbeschichteten Oberfläche. Reibwert und Verschleiß sind mit Beschichtung deutlich niedriger. Zwei ebenfalls getestete Varianten von DLC, in beiden Fällen ein metallhaltiges DLC mit Chrom und in einem Fall mit einer reinen DLC-Einlaufschicht ergeben ähnliche Werte wie reines DLC. Es wurde jeweils eine CrN-Stützsicht verwendet.

Unter Schmiermittel mit MoDTC ergibt sich für die unbeschichtete Probe ein deutlich geringerer Reibwert, der

Anwendungstest

In einem einsatznahen Test mit demselben Schmiermittel bestätigt sich, dass das chromhaltige DLC mit Einlaufschicht bei niedrigen Relativgeschwindigkeiten vergleichbare Ergebnisse erbringt wie die unbeschichtete Oberfläche. Bei höheren Geschwindigkeiten, aber immer noch im Bereich der Mischreibung, hat die Beschichtung deutliche Vorteile gegenüber der unbeschichteten Oberfläche, aber auch gegenüber anderen DLC-Varianten. Der Bereich, in dem die Beschichtung eine Reibungsreduktion von bis zu 60% erreicht, wird im „Ball-on-Disc“-Test unter geringerer Geschwindigkeit nicht erfasst; siehe Abb. 13.

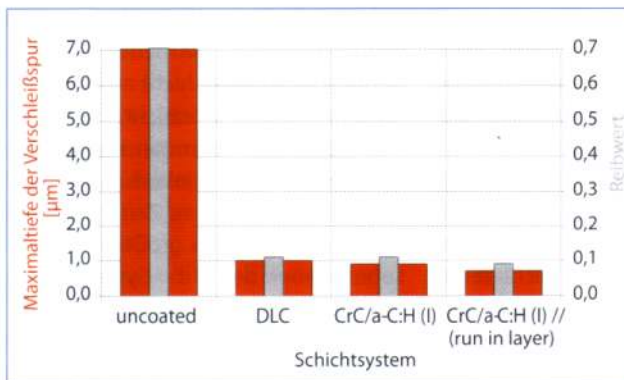


ABBILDUNG 11: Verschleiß und Reibung im „ball-on-disc“ – Test ohne Schmiermittel (Werte für „uncoated“ gehen über Diagrammdarstellung hinaus) linke Achse für rote Balken, rechte Achse für graue Balken

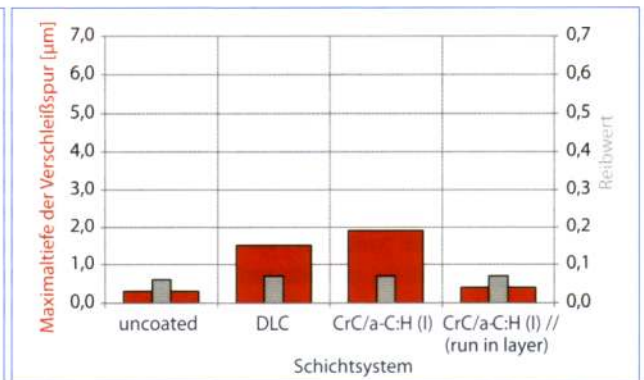


ABBILDUNG 12: Verschleiß und Reibung im „ball-on-disc“-Test mit MoDTC-haltigem Schmiermittel (linke Achse für rote Balken, rechte Achse für graue Balken)

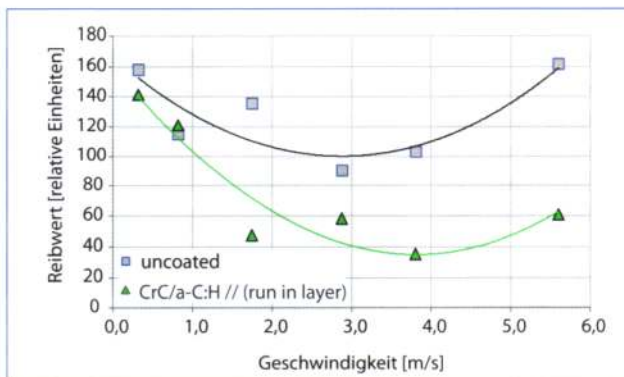


ABBILDUNG 13: Reibungsreduktion durch Beschichtung von Tappets mit chromhaltigem DLC, anwendungsnaher Test, Schmiermittel mit MoDTC

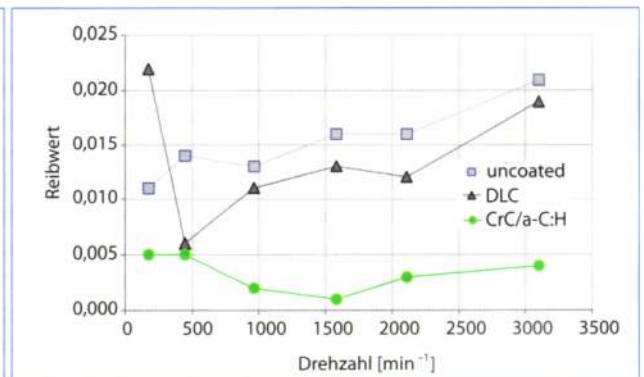


ABBILDUNG 14: Reibungsreduktion durch Beschichtung von Tappets, Test im Ventiltrieb, Schmiermittel mit MoDTC Vergleich unbeschichtet, DLC und chromhaltiges DLC

Ein ähnlicher Test im Tribo-System Nocke – Tassenstößel unter Schmiermittel mit MoDTC zeigt ein tendenziell ähnliches Verhalten; siehe Abb. 14. Auffallend ist, dass bei geringen Drehzahlen und entsprechend geringer Relativgeschwindigkeit für unbeschichtete Tassenstößel der charakteristische Anstieg im Reibwert unter Misch- bzw. Grenzreibung fehlt.

Bei reinem DLC ergibt sich der erwartete geringere Reibwert, jedoch ein deutlicher Anstieg bei geringer Geschwindigkeit. Offensichtlich kann DLC seine reibungsreduzierende Wirkung bei sehr hohem Mischreibungsanteil in Anwesenheit des Additivs nicht erbringen.

Für das chromhaltige DLC (CrC/a-C:H) ergibt sich ein Verlauf, der dem von DLC relativ ähnlich ist, jedoch auf wesentlich niedrigerem Niveau, so dass sich in allen geschwindigkeits- bzw. Drehzahlbereichen ein Vorteil gegenüber der unbeschichteten Oberfläche ergibt.

AUTOREN

Dr. Jürgen Becker studierte Physik in Kaiserslautern. Nach seiner Diplom- und Doktorarbeit über Verfahren zur Herstellung und Charakterisierung dünner Schichten für optische Anwendungen war er



bei der FLI Berlin GmbH tätig. Themenschwerpunkte waren Beschichtungen für Anwendungen in Lasersystemen. Danach arbeitete er zunächst bei Leybold, später bei Balzers Thin Films bzw. Unaxis Optics als Produktionsleiter auf dem Gebiet der Komponentenbeschichtung. Seit 2005 ist er für Oerlikon Balzers Germany tätig, aktuell als Leiter Entwicklung für den Geschäftsbereich Automotive-Komponenten. Ein Schwerpunkt der Tätigkeit ist die anwendungs-

nahe Entwicklung von Beschichtungen für den Einsatz in komplexen Tribo-Systemen.

Dr. Martin Grischke

studierte Chemie in Clausthal-Zellerfeld und hat auf dem Fachgebiet Tribologischen Schichten an der Universität Hamburg, Physikalische Chemie, promoviert. Im Anschluss folgten 10 Jahre am Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik Braunschweig, wo er den Bereich industrielle Applikation von PVD-Schichten geleitet hat.

1998 wechselte er als Entwicklungsleiter zur Fa. Oerlikon Balzers, Liechtenstein und hat sich dort auf den Aufbau des Lohnbeschichtungsgeschäfts für tribologische Funktionsschichten konzentriert. Aktueller Schwerpunkt ist das globale technische Business Development mit der Automobilindustrie für Serienanwendungen.

Dr. Jürgen Becker, Oerlikon Balzers Coating Germany GmbH, Am Ockenheimer Graben 41, D-55411 Bingen, Tel.: +49 (0)6721 793-335, juergen.becker@oerlikon.com, www.oerlikon.com/balzers

Oerlikon Balzers

Ihr globaler Partner für Oberflächentechnologie

Oerlikon Balzers ist der weltweit führende Anbieter von PVD- und PACVD-Beschichtungen, welche die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Präzisionsbauteilen für Automobilindustrie und Maschinenbau sowie von Werkzeugen für die Metall- und Kunststoffverarbeitung wesentlich verbessern.

Die von Oerlikon Balzers entwickelten dünnen Hartstoff-Schichten mit dem Markennamen BALINIT® bilden vorgegebene Oberflächen sehr präzise ab, zeichnen sich durch hohe Härte aus und reduzieren Reibung und Verschleiß entscheidend.

Oerlikon Balzers bietet seine Beschichtungstechnologie über ein dynamisch wachsendes Netz von weltweit rund 90 Beschichtungszentren auf drei Kontinenten an.

Haben Sie Fragen zu unseren Beschichtungen? Rufen Sie uns an oder besuchen Sie uns im Internet: www.oerlikon.com/balzers/de.



**Oerlikon Balzers Coating
Germany GmbH**
Am Ockenheimer Graben 41
D-55411 Bingen
Tel.: +49 6721 7930
Fax: +49 6721 2374
info.balzers.de@oerlikon.com

www.oerlikon.com/balzers/de

oerlikon
balzers

Wir sind für Sie da. Weltweit.

Headquarters

OC Oerlikon Balzers AG
Oerlikon Balzers Headquarters
Iramali 18
LI-9496 Balzers
Liechtenstein
Tel +423 388 7500
www.oerlikon.com/balzers

Argentina

Oerlikon Balzers Revestimentos
Metálicos Ltda
Av. Pablo Richieri, 4240
Córdoba 5014
Tel +54 351 464-8999
www.oerlikon.com/balzers/ar

Benelux

Oerlikon Balzers Coating Benelux NV
Schurhovenveld 4 050
B-3800 Sint-Truiden
Tel +32 11 69 30 40
www.oerlikon.com/balzers/be

Brasil

Oerlikon Balzers Revestimentos
Metálicos Ltda
Rua Balzers, 250
Parque Industrial – Jundiá-SP
13213-084
Tel +55 11 2152 0464
www.oerlikon.com/balzers/br

Canada

Oerlikon Balzers Coating USA Inc.
3250 Harvester Road
Burlington, Ontario L7N 3W9
Tel +1 905 631 7094
www.oerlikon.com/balzers/us

China

Oerlikon Balzers Coating
(Suzhou) Co., Ltd
No.9 Chang Yang Street
Suzhou Industry Park
Suzhou, 215024
Jiangsu Province, China
Tel +86 512 676 20369
www.oerlikon.com/balzers/cn

Česká Republika

Oerlikon Balzers Coating Austria GmbH
organizační složka
Červený Kříž 250
586 02 Jihlava
Czech Republic
Tel +420 561 201 500
www.oerlikon.com/balzers/cz

Deutschland

Oerlikon Balzers Coating
Germany GmbH
Am Ockenheimer Graben 41
D-55411 Bingen
Tel +49 67 21 7 93-0
www.oerlikon.com/balzers/de

España

Oerlikon Balzers-Elay Coating S.A.U.
Antigua, 2
E-20577 Antzuola
Tel +34 9 43766208
www.oerlikon.com/balzers/es

France

Oerlikon Balzers Coating France SAS
4 rue Louis de Broglie
Parc d'Activités de l'Esplanade
Saint Thibault des Vignes
F-77462 Lagny-sur-Marne Cedex
Tel +33 1 6412 49 00
www.oerlikon.com/balzers/fr

India

Oerlikon Balzers Coating India Ltd.
EL-22, J Block
M.I.D.C. Bhosari
Pune 411 026
Tel +91 20 3061 6000
www.oerlikon.com/balzers/in

Indonesia

PT Oerlikon Balzers Artoda Indonesia
Kawasan Delta Silicon 2 Blok F5 No. 10A
Lippo Cikarang, Cibatu
Cikarang Selatan, Bekasi 17550
Tel +62 21 8911 7848
www.oerlikon.com/balzers

Italia

Oerlikon Balzers Coating Italy S.p.A.
Via Volturno, 37
I-20047 Brugherio (MI)
Tel +39 039 28 9901
www.oerlikon.com/balzers/it

Korea

Oerlikon Balzers Coating Korea Co., Ltd.
Eyon-Hansan Industrial Park (5B-3, 4, 5)
833-2 Hansan-ri Chongbuk-myeon
Gyeonggi-do
Pyongtaek City 451-833
Tel +82 31 680 9900
www.oerlikon.com/balzers/kr

Liechtenstein

OC Oerlikon Balzers AG
Beschichtungszentrum
Iramali 18
LI-9496 Balzers
Tel +423 388 5701
www.oerlikon.com/balzers/ch

Magyarország

Oerlikon Balzers Coating Austria GmbH
Magyarországi Fióktelepe
Babér U. 6 (Alpa Ipari Zóna)
H-8000 Székesfehérvár
Tel +36 22 506-631
www.oerlikon.com/balzers/hu

México

Oerlikon Balzers Coating México,
S.A. de C.V.
Acceso III No. 304 y 306
Colonia Industrial La Montaña
C.P. 76150
Querétaro, Qro.
Tel +52 442 209 68 00
www.oerlikon.com/balzers/mx

Nippon

Oerlikon Nihon Balzers Coating Co., Ltd.
7-2-2 Shinomiya, Hiratsuka-City,
Kanagawa-Pref., Japan 254-0014
Tel +81 463 54-2220
www.oerlikon.com/balzers/jp

Nordic Countries

Oerlikon Balzers Sandvik Coating AB
Årstaängsvägen 31 D-E
SE-117 43 Stockholm
Tel +46 8 681 4140
www.oerlikon.com/balzers/se

Österreich

Oerlikon Balzers Coating Austria GmbH
Burgstallweg 27
A-8605 Kapfenberg
Tel +43 38 62 34144
www.oerlikon.com/balzers/at

Polska

Oerlikon Balzers Coating
Poland Sp. z o.o.
ul. Fabryczna 4
PL-59-101 Polkowice
Tel +48 76 746 48 00
www.oerlikon.com/balzers/pl

Portugal

Oerlikon Balzers-Elay Coating S.A.
sucursal em Portugal
Zona Industrial do Casal da Areia,
Lote 17
PT-2460-392 Alcobaca
Tel +351 262 544 663
www.oerlikon.com/balzers/pt

Romania

S.C. Oerlikon Balzers Coating
Austria GmbH Kapfenberg
Austria - Maracineni Branch Office
Platforma „Europa 2“
sat Argeselu, nr. 537 bis - Hala 5
Com. Maracineni
Jud Arges - Romania
RO-110195 Pidesti
Tel +40 372 706 819
www.oerlikon.com/balzers/ro

Russia

Oerlikon Balzers RUS Ltd.
Russian Federation, 144011
Moscow Region, Elektrostal
Lesnaya st, 8A.
Tel +7 495 702 97 29
www.oerlikon.com/balzers

Schweiz/Suisse

Oerlikon Balzers Coating SA, Brügg
Erlenstrasse 39
CH-2555 Brügg
Tel +41 323 65 74 74
www.oerlikon.com/balzers/ch

Singapore

Oerlikon Balzers Coating
Singapore Pte. Ltd.
21 Kian Teck Drive
Singapore 628838
Tel +65 62 68 62 27
www.oerlikon.com/balzers/sg

Thailand

Oerlikon Balzers Coating
(Thailand) Co., Ltd.
Amata Nakorn Industrial Estate
700/38 Moo 6, T. Nongmaidaeng
A. Muang Chonburi 20000
Thailand
Tel +66 38 468 810/-813
www.oerlikon.com/balzers

Türkiye

Oerlikon Balzers
Kaplama Sanayi ve Ticaret Ltd. Sti
Nosab 120. Sokak No. 7
16140 Nilüfer Bursa / Turkey
Tel +90 224 411 00 77
www.oerlikon.com/balzers/tr

United Kingdom

Oerlikon Balzers Coating UK Ltd.
Bradbourne Drive, Tilbrook,
Milton Keynes, MK7 BAT
Great Britain
Tel +44 19 08 37 72 77
www.oerlikon.com/balzers/uk

USA

Oerlikon Balzers Coating USA, Inc.
2511 Technology Drive
Suite 114
Elgin, IL 60124
United States
Tel +1 847 844-1753
www.oerlikon.com/balzers/us

www.oerlikon.com/balzers