

PECVD- und PVD-Beschichtungen: Entwicklung, Stand der Technik, Zukunftsaussichten

Harter Kohlenstoff

Wurden Ende der 70er Jahre fast ausschließlich Zerspanungswerkzeuge per PVD- und PECVD-Techniken beschichtet, haben sich die Verfahren heute auch in der Kfz-Industrie etabliert, wo beispielsweise Schlepphebel für Serien-Pkw veredelt werden. Eine ebenfalls erfolgreiche Applikation sind Katalyseschichten für Motoren zur Vermeidung von Rußablagerungen.



Zahnräder mit verschleiß- und korrosionsschützender MeC:CH-Beschichtung

Ihre erste Anwendung erfuhren PVD- und PECVD-Techniken Ende der 70er Jahre mit der Beschichtung von Zerspanungswerkzeugen. Seit damals haben sich die Prophezeiungen hinsichtlich der Möglichkeiten zur Entwicklung völlig neuer Schichtsysteme und damit ihres Anwendungspotenzials nicht nur deutlich erfüllt, sondern weit übertroffen. Ein spürbarer Schub ist dabei besonders dem Hinzukommen der Institute und mittelständischen Unternehmen aus den neuen Bundesländern zuzuschreiben. Die Hartstoffentwicklung hatte in der damaligen DDR, besonders um die Gruppe von Professor Dr. Christian Weissmantel der damaligen TH Karl-Marx-Stadt, große Tradition. Ihm ist unter anderem die Strukturklärung harter Kohlenstoffschichten zu verdanken. Gerade am Beispiel dieses Schichttyps wird die industrielle Entwicklung der gesamten Technologie deut-

lich. Die Schicht weckte höchste Erwartungen auf ein „neues“ tribologisches Zeitalter und hat schließlich, mit viel Akzeptanzproblemen begleitet, den Durchbruch in die industrielle Anwendung gefunden.

DLC-Schichten: Seit 30 Jahren erfolgreich

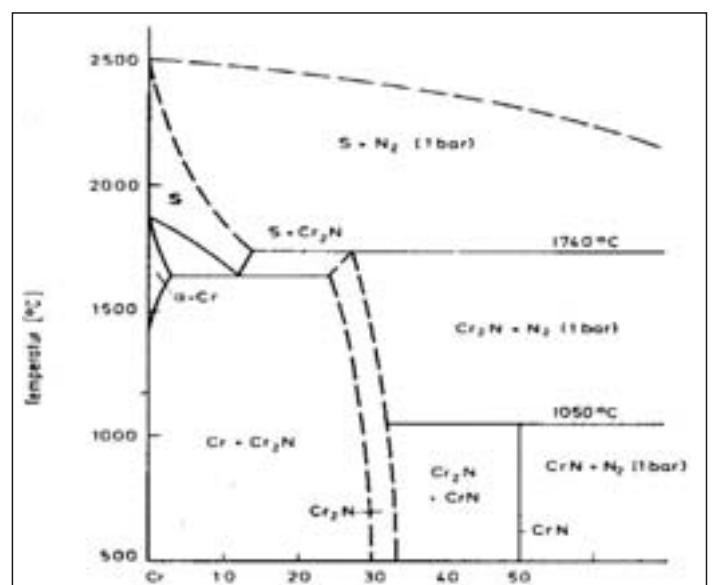
Im Wesentlichen werden heute drei Klassen harte Kohlenstoffschichten unterschieden: die ge-läufigste DLC- (diamond like carbon) sowie die MeC:CH- und ta:C-Schichten. Letztgenannte ist eine fast wasserstofffreie und mit hohem Diamantbindungsanteil (sp^3) per Lichtbogenverfahren hergestellte Schicht. Sie besitzt das beste Ölbenetzungsverhalten unter den Kohlenstoffschichten. DLC-Schichten hingegen enthalten bis zu 20 At% Wasserstoff und haben inzwischen eine große Verbreitung in der Kfz-Industrie und im Maschinenbau gefunden. Gleiches gilt für die MeC:CH-Schichten. Bei diesen sind in einer harten, teils graphitisch-, teils diamantgebundenen Matrix nanometerkleine Metallcarbide eingebunden. Die bekanntesten sind die

gesputterten a-C:H:W-Schichten und die im Lichtbogen ab-geschiedenen Chrom-, Wolfram- und Tantal haltigen Kohlenstoffschichten. Letzere finden bei-spielsweise seit über sieben Jah-ren Einsatz auf Schlepphebeln für Serien-Pkw und auf Pumpen-zahnrädern in der Verarbeitung aggressiver Kunststoffe.

Auch hier offenbaren sich die Vorteile der vergleichsweise immer noch neuen PVD- und PECVD-Technologien: Um die Tragfähigkeit und das Korrosions-schutzverhalten weiter zu verbes-sern, werden die Schichten unter anderem mit nanodispersierten, 6 bis 8 μm starken Chrommatrix/ Chromcarbidschichten „unter-füttert“. Diese so genannten na-nodispersierten Chromschichten haben den Vorteil, dass sie durch die Mengenva-riation an Chrom-carbid-Nanopartikeln in Härte und Zähigkeit exakt eingestellt werden können. Zudem weisen sie aufgrund ihres niedrigeren E-Moduls einen größeren Plasti-zitätsindex auf als gängige Hart-stoffschichten. Dies führt zu einer höheren Belastbarkeit des ge-samten Schichtsystems. Im Be-reich der Kfz-Schlepphebel liegen die Belastungsspitzen bei weit über 1000 MPa.

Chromnitrid: Das Arbeitspferd in der Dünnschichttechnologie

Auch wenn es inzwischen viele erfolgreich eingeführte Schicht-systeme gibt, beispielsweise CrN, CrCN, (Cr,W)N, (Cr,Al)N, NbN-CrN, TiN, TiCN, (Ti,Al)N; kristalliner Diamant oder V_2O_5 , stellen



Phasendiagramm Cr-N: Über die Prozessführung wird unterschiedliches Chromnitrid eingestellt

EXKLUSIV IN KEM
 Der Autor Dr. Detlev Repenning ist Geschäftsführender Gesellschafter der o.m.t GmbH, Lübeck

Harte Kohlenstoffschichten

Die Eigenschaften so genannter DLC- (diamond like carbon) Schichten sind so vielfältig wie ihre plasmagestützten Herstellverfahren. Ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften hängen stark von den sp^2 - (graphitischen) und sp^3 - (tetragonalen; diamantenen) Bindungsanteilen ab. DLC-Schichten sind amorphe, harte Kohlenstoffschichten mit einem signifikanten Anteil an sp^3 -Kohlenstoffbindungsanteil. Amorphe wasserstoffreiche Kohlenstoffschichten (a-C:H) weisen nur wenig sp^3 -Bindungen auf, während die wasserstoffarmen, tetraedischen ta:C-Schichten bis zu 95 % tetragonal gebundenen Kohlenstoff besitzen. Weitere in der Norm aufgeführte Schichten sind a-C, a-C:H:Me und a-C:H:X, das heißt neben reinen Kohlenwasserstoffschichten sind metallhaltige und besonders die halogenierten Schichten bedeutungsvoll.

heute insbesondere die Chromnitrid-Varianten die Arbeitspferde unter den PVD-Schichten dar. Doch Chromnitrid ist nicht gleich Chromnitrid. Für die tribologischen und korrosionsschützenden Anwendungen sind im Cr-N-Phasendiagramm die Phasen „Cr₂N“ mit einer vergleichsweise weiten Phasenbreite von knapp 4 At% Stickstoff (29 bis 33 At%) sowie „CrN“ mit 49,5 bis 50 At% Stickstoff zu unterscheiden.



Pt-Nanoschichten in poröser Kohlenstoffmatrix auf Nafion

Für tribologische Anwendungen sollten die Schichten auf die Cr₂N-Phase eingestellt werden. Die Einstellung der hierzu erforderlichen Schichtstöchiometrie hängt empfindlich von den Restgasen in der Vakuumanlage ab. Großtechnisch hat sich inzwischen über mehr als eineinhalb Jahrzehnte die Beschichtung in getakteten Durchlaufanlagen bewährt. Die neueste Generation derartiger Serien-Großanlagen steht in Lübeck. In ihr werden täglich bis zu 50 000 Wellen (d = 10 mm und l = 100 mm) mit 5 bis 6 µm dicken Chrom(2)nitrid-Schichten beschichtet. Hiermit ist auch ein Durchbruch in der hochqualitativen PVD-PECVD- Massenbeschichtung erfolgt. Bereits in den Vorläuferanlagen werden seit sieben Jah-

ren mehr als 30 Millionen Ventiltriebteile pro Jahr für die Kfz-Industrie mit Schichtdicken bis zu 16 µm unter „Cero defect“-Bedingungen beschichtet.

Die Zukunft hat heute schon begonnen

Die industrielle Anwendung der plasma- und ionengestützten Technologien beschränkt sich aber nicht nur auf tribologische Anwendungen: Die größten Umsatzpotenziale liegen in der Beschichtung von Fensterglas für Architekturanwendungen, in der gegenwärtig exponentiell wachsenden Aufbringung transparenter, elektrisch leitender Schichten (zum Beispiel ITO, ZnO:Al) sowie der Chalkogenidhalbleiter oder der Tandem-Siliziumschichten für die Photovoltaik.

Eine inzwischen ebenfalls erfolgreich angewandte Applikation sind Katalyseschichten für Motoren zur Vermeidung von Rußablagerungen auf den Motorkomponenten, insbesondere für den Pflanzenölbetrieb.

Besonders im Bereich der Katalyseschichten eröffnen sich mit diesen Hochvakuumtechniken hervorragende Möglichkeiten, weil mit ihnen sequentiell poröse Kohlenstoffschichten in Abwechslung mit Platin-Nanopartikeln abgeschieden werden können. Hiermit lässt sich der Platineinsatz für Brennstoffzellen im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bei gleicher Leistungsfähigkeit noch einmal halbieren.

www.kem.de

Online-Info

PECVD-Beschichtungen **KEM 569**
PVD-Beschichtungen **KEM 570**