

Vom Arc-Verfahren über die Hybrid-Technik bis hin zu Mikrolegierungen

Trends in der PVD-Beschichtung

Die Plasmabeschichtung ist eine Schlüssel- und Querschnittstechnologie, die die Leistungsgrenze von Präzisionswerkzeugen wie auch Hochleistungsbauteilen systematisch nach oben verschiebt. Dabei gehört ihr die Zukunft.

VON GEORG ERKENS, JÜRGEN CRUMMENAUER, ANNETTE NORIN UND JÖRG VETTER

→ Präzisionswerkzeuge und -funktionsbauteile werden aufgrund steigender Anforderungen an die Produktivität, Produktionssicherheit und Prozesseffizienz stetig an der Leistungsgrenze eingesetzt. Der Schlüssel zum optimalen Verhalten der Oberfläche ist eine applikationsspezifische Beschichtung. Unterschiedliche Industrien verlangen nach speziellen Eigenschaften für beschichtete Werkzeug- oder Bauteiloberflächen. Aufgrund der Palette verschiedenster Anforderungen sind anwendungsspezifische Systemlösungen gefragt. Der Trend zu derartigen Lösungen umfasst viele Aspekte: die Materialauswahl, Werkzeug- und Bauteilauslegung, die Güte der Oberfläche, die Geometrie und Oberflächenstrukturierung oder auch die Vor- und Nachbehandlung. Maßgeschneiderte und differenzierende Konzepte sind unumgänglich. Die stetig steigenden Ansprüche der Anwender zur Reduzierung von Reibung, Korrosion und Verschleiß treiben Weiterentwicklungen in der Beschichtung voran.

Tendenzen in der Prozesstechnik

Innovative Konzepte bei der Entwicklung zukunftsweisender Schichten zu verfolgen erfordert moderne modulare und prozesssichere Verfahrenstechnik. Bewährte plasmagestützte Verfahren werden weiterhin Maßstäbe setzen. Im Bereich der Hochleis-

tungsschichten wird das Arc-Verfahren die dominierende Technik sein, die sich zudem stetig weiterentwickelt (Bild 1).

Hochionisierte Materialdampfplasma zeigen dabei Potenziale in Richtung oxydischer, mischoxydischer, oxinitridischer, karbidischer und nitridischer Schichten. Die Hybrid-Technologie der Sulzer Metaplas, die Kombination aus HIPAC (Sulzer Metaplas' HIPIMS) und APA-Arc-Verfahren, zählt zu den innovativsten Ansätzen in der Plasmaoberflächentechnik. Erstmals

ist es möglich, zwei Hochionisationsprozesse im industriellen Maßstab zu einer Hybrid-Technologie zu verbinden. Prozess- und Materialkombinationen können verwendet werden, die völlig neue Entwicklungstrends für Hochleistungsschichten erlauben. Das HIPAC-Verfahren stellt Materialien zum Schichtwachstum bereit, die sich mit herkömmlichen Verfahren nur ungenügend verdampfen lassen. Diejenigen, die Experten in beiden Technologiefeldern sind, haben dadurch neue Möglichkeiten



1 Das Arc-Verfahren wird weiterhin die dominierende Technik in der Hochleistungsbeschichtung für Werkzeuge sein. Eine Voraussetzung ist die permanente Weiterentwicklung der Beschichtungsanlagen. Im Bild: das modulare Konzept Metaplas-Domino

für das Schichtdesign. Die komplementäre HIPIMS-Technologie wird als eigenständiger Prozess zur Abscheidung von Hochleistungsschichten nach anfänglicher Euphorie eine eher untergeordnete Rolle spielen. Die Gründe sind wirtschaftliche.

Anders sieht dies bei der Abscheidung morphologisch dichter Schichten bei niedrigen Substrattemperaturen aus. Hier eröffnen sich besonders in der Kombination von PVD mit PACVD für die Beschichtung von Komponenten, Verschleißteilen und Funktionsbauteilen neue Möglichkeiten. Es zeichnet sich schon heute ab, dass das rein gepulste Hochionisationsputtern HIPIMS durch eine anteilige Substitution der herkömmlichen DC-Sputter-Technik Marktanteile gewinnen kann, ebenso wie

Sauerstoff in die Randzone positiv beeinflusst. So wird die Oberflächenbelastbarkeit gegen plastische Deformation erheblich gesteigert und ein solides Fundament für die nachfolgende Beschichtung gelegt. Partikel können damit schwerer in den Grundwerkstoff einbrechen.

Die Kombination von Diffusionsprozessen wie Plasmanitrieren mit einer PVD-Beschichtung veredelt Warm- und Kaltarbeitsstähle zu Hochleistungswerkstoffen. Die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffkerns wie Zähigkeit und Rissunempfindlichkeit bleiben dabei unverändert.

Die künftige Verfahrensoptimierung von Diffusionsprozessen wird zu weiteren Härtesteigerungen der Oberfläche führen. Das Aufhärten durch Plasmadiffusion mit tech-



3 Die Einlagerung von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff sowie die anschließende Beschichtung verbessern den Verschleiß- und der Korrosionsschutz hoch beanspruchter Werkzeuge signifikant

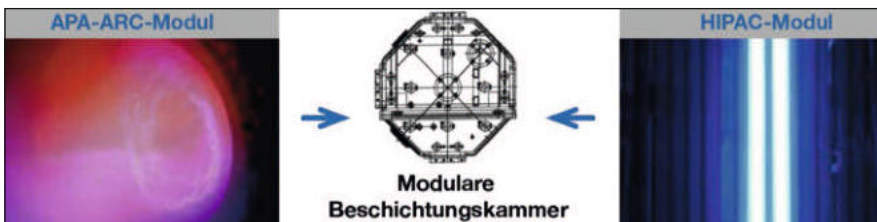
den Legierungselementen Chrom, Molybdän wird die Beständigkeit nicht rostender, aber auch niedrig legierter Stähle gegen Loch- und Spaltkorrosion positiv beeinflusst. Mit einer nachfolgenden Beschichtung ergeben sich Ansätze, den Verschleiß- und Korrosionsschutz von Werkzeugen signifikant zu verbessern (Bild 3).

Die Vor- und die Nachbehandlung beschichteter Oberflächen werden künftig eine noch stärkere Rolle spielen. Daher gilt es, sowohl das Trocken- und Nassstrahlen mit abrasiven Medien wie Korund oder SiC als auch das Bürsten, Schleppschleifen, Polieren und das sogenannte Magnetfinishing weiter zu optimieren.

Durch Modifikation zu neuen Schicht- und Werkstoffkonzepten

Den Grundstein für Weiterentwicklungen in der Beschichtung haben die sogenannten Standardschichten wie TiN, AlTiN oder CrN gelegt. Zahlreiche modifizierte Hartstoffschichten sind mittlerweile auf dem Markt. Der Drang zu flexibleren, multifunktionalen Schichten ist enorm, da hochwertige Spezialwerkzeuge wie auch neue Werkzeugkonzepte nach optimierten Schichtlösungen verlangen.

Dies gilt in gleicher Weise für Komponenten und Funktionsbauteile. Gerade im >>>



2 Kombination von APA-Arc und HIPAC (High Ionisation Plasma Assisted Coating): Die Hybrid-Technik wird in Zukunft deutlich Marktanteile gewinnen. Zeigen wird sich das an den modularen Beschichtungsanlagen

die Hybrid-Technik mit HIPAC und APA-Arc (Bild 2).

Verfahrenskombination schafft Vorteile

Ein völlig anderer Technologieansatz findet sich in der Kombi-Behandlung. Hier werden traditionelle PVD- oder DLC-Schichten nach einer thermochemischen Randschichtwärmebehandlung zusätzlich auf ein Werkzeug oder Bauteil aufgebracht. Modulare und flexible Anlagenkonzepte wie die Domino-Plattform bieten diesen Ansatz. Bei den thermochemischen Randschichtwärmebehandlungen werden Oberflächeneigenschaften des Werkstoffs wie Härte, Korrosionsbeständigkeit, Reib- und Gleitverhalten durch die Eindiffusion von Stickstoff, Kohlenstoff, Bor, Schwefel und

nischen Oberflächen wie Strich- und Hochglanzpolituren wird die Werkzeugherstellungskosten vor allem dann senken, wenn die Oberflächen von hoher Güte sein sollen. Zudem sind reduzierte Porendichten beim Reparaturschweißen solcher Oberflächen denkbar, sodass Kratzer oder Beschädigungen, die in der Produktion entstehen können, der Kunde selbst beseitigen kann.

Durch die zusätzliche Einlagerung von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff zu

i HERSTELLER

Sulzer Metaplas GmbH

51427 Bergisch Gladbach

Tel. +49 2204 2990

Fax +49 2204 299266

→ thinfilm.sulzermetco.com

»» Automobilbau werden Komponenten zum Zweck der »Werkstoffsanierung« seit einigen Jahren seriell beschichtet. Verwendete Materialien, vielfach 100Cr6, hielten den Belastungen nicht mehr stand. Ein Beispiel aus dem Bereich der Hochleistungsbauteile ist die Dieseleinspritztechnologie. Erst die Änderungen der Grenzflächeneigenschaften durch beschichtete Komponenten reduzierten den Verschleiß und die Reibung so, dass die Oberflächen den gesteigerten Belastungen (Einspritzdrücke) gerecht wurden. Die Beschichtung machte die Umsetzung der leistungsstarken, innovativen Dieselmotoren möglich. Im Zuge der geforderten Verbrauchs- und Emissionseinsparungen werden multifunktionale DLC-Schichten weiter zur Reibungs- und Verschleißreduktion getrimmt (Bild 4).

In der Regel wird gesputterter Kohlenstoff in Kombination mit PACVD abgeschieden. Durch die Kombination von Sputtern und PACVD-applizierten Zwischenschichten lässt sich die Haftfestigkeit verbessern, die Härte einstellen und mittels Dotieren die Temperaturstabilität verbessern. Die gezielte, auch partielle Strukturierung beschichteter Oberflächen wird diesen Trend unterstützen. In zukünftigen Motoren werden Bauteilkomponenten hohen thermozyklischen Belastungen ausgesetzt. Dies führt zu Heißgaskorrosion und damit zu rascher Bauteilerstörung. Hier wird man Schichten einsetzen, die auch in der innovativen Zerspanungstechnik ähnlichen Belastungen unterliegen. Die Anforderungen sind die gleichen: hohe Warmhärte und thermische Stabilität, ausgeprägter Verschleißschutz sowie hohe chemische und Oxidationsbeständigkeit.

Mikrolegierungen für die Hochleistungszerspanung

Einen Meilenstein der Schichtentwicklung stellen mikrolegierte Schichten dar, die besonders für die Hochleistungszerspanung und die Umformung hervorragende Ergebnisse liefern. Der Ansatz des Mikrolegierens ist aus der Stahlproduktion und der Herstellung von Metalllegierungen sehr gut bekannt. Für die Optimierung von Schichten wurde er aber erst jetzt angewandt. Diese Schichten sind kunden- und applikationspezifisch an unterschiedliche Anforderungen anpassbar. Bereits kleinste Beimengungen verschiedener Elemente können die



4 Hochleistungsbauteile werden zur Reibungs- und Verschleißreduktion unter anderem mit multifunktionalen DLC-Schichten ausgerüstet



5 In der Hochleistungszerspanung haben sich mikrolegierte Schichten hervorragend bewährt. Mit Mpower (im Bild), Mforce, Mflex oder Ffusion bietet Sulzer derartige Produkte in der M-A-C-Familie an

mechanischen, physikalischen oder chemischen Eigenschaften der Beschichtung und somit des Werkzeugs beeinflussen. Sulzer's Mpower, Mforce, Mflex und Ffusion sind nur einige Vertreter der M-A-C-Familie aus innovativen Schichten (Bild 5).

Die auf TiSiX-basierenden Mpower-Schichten erreichen durch ihre Legierungselemente beispielsweise eine verbesserte Haftung auf unterschiedlichen Materialien. Auch kann die Härte durch angepasste Prozessparameter bis auf 45 GPa erhöht werden. Die Kombination zu Gradientenschichten, Nano- und Multilayern erlaubt die effiziente Bearbeitung zahlreicher Ma-

terialien in der Hochleistungs- (HPC) und Hochgeschwindigkeitszerspanung (HSC). Hierzu zählen legierte und hochlegierte Werkzeugstähle, Guss, Titan und Titanlegierungen sowie Ni-Basislegierungen. Die Schichten sorgen für signifikant längere Lebensdauer, höhere Schnitt- und Vorschubgeschwindigkeiten sowie bessere Oberflächengüte zur Steigerung der Produktivität und Effizienz.

Ffusion wurde speziell für die Verwendung im Al-Druckgussbereich entwickelt. Durch gezielte Optimierung der Schichtzusammensetzung und des -aufbaus wurde die Affinität zu Al-Schmelzen reduziert,

was zu wesentlich verringertem Verschleiß, zur Verlängerung der Reinigungsintervalle und damit zur Produktivitätssteigerung führte. Die hohe Temperatur während des Aluminium-einspritzprozesses macht sich die PVD-Schicht zunutze und bildet selbstständig eine schützende Oxidschicht, die die Klebewirkung drastisch senkt. Tauchexperimente mit ventilierter Schmelze zeigten auch, dass die Schicht den marktgängigen Schichten hinsichtlich des Lochfraßes eindeutig überlegen ist.

Ausblick

Auch in Zukunft werden plasmagestützte Beschichtungsverfahren zusammen mit allen peripheren Prozessen die steigenden Anforderungen an Oberflächen durch ständige Weiterentwicklung erfüllen können.

- Multifunktionale Systeme können zukünftig neben der Reduzierung von Reibung und Verschleiß auch sensorische Aufgaben übernehmen.
- Mehrkomponentensysteme und adaptive Schichten, die sich in Zusammensetzung und Struktur ändern und den Umwelteinflüssen anpassen, sind interessante Konzepte, die es zu verfolgen gilt.
- Mikrolegierte Schichtsysteme und deren Kombination zu nanostrukturierten Systemen oder schichtdickenoptimierten Multilayer-Schichten werden hierfür die Basis bilden.
- In der Kunststoffverarbeitung werden Beschichtungen aufgrund geänderter chemischer Zusammensetzungen der Kunststoffe bezüglich Verschleißschutz, Korrosionsschutz und Reibung weiterentwickelt. Korrosionsdichte, fehlerfrei aufwachsende Schichten, die auch aufgrund ihrer elektrisch isolierenden Eigenschaften sensorische Aufgaben übernehmen können, werden der nächste Entwicklungsschritt sein.
- Zur Abscheidung korrosionsdichter Interlayer werden Verfahren wie PACVD oder LPPS (Low Pressure Plasma Spray) eingesetzt. Hiermit lassen sich zum Beispiel dichte, kompakte Oxidschichten auf Basis von Si, Al, Y und anderem abscheiden. Mit LPPS bieten sich auch neue Ansätze bei der Synthese und großflächigen Abscheidung von a-C:H:Me-Schichten.

Die innovative Plasmabeschichtung als Schlüssel- und Querschnittstechnik hält für Forscher, Entwickler, Werkzeughersteller und Anwender weiterhin einen großen Bereich für Innovationen vor. Vorsprung durch Technologiekompetenz ist für die industrielle Plasmaoberflächentechnik schon lange keine Vision mehr. ■ → **WB110533**

Dr. Georg Erkens ist Geschäftsbereichsleiter Systeme, Forschung und Entwicklung bei Sulzer Metaplas in Bergisch Gladbach
→ georg.erkens@sulzer.com

Dr. Jürgen Crummenauer ist Leiter Technologie Kombi-Geschäft bei Sulzer Metaplas → juergen.crummenauer@sulzer.com

Annette Norin ist Technische Redakteurin im Marketing von Sulzer Metaplas → annette.norin@sulzer.com

Dr. Jörg Vetter ist Gruppenleiter Grundlagenforschung und IP-Manager bei Sulzer Metaplas → joerg.vetter@sulzer.com