

Werkzeugbeschichtung ■ Verschleißminimierung ■ Umweltschutz

Schwache Hitze, starke Schicht

Mit einem thermochemischen CVD-Beschichtungsverfahren ist es erstmals möglich, die verschleißenden Flächen von Bohrern, Reibahlen und anderen Werkzeugen mit ultraharten Metall-Reinstkarbiden zu beschichten, und das bei einer Temperatur von nur 480 bis 600 °C.

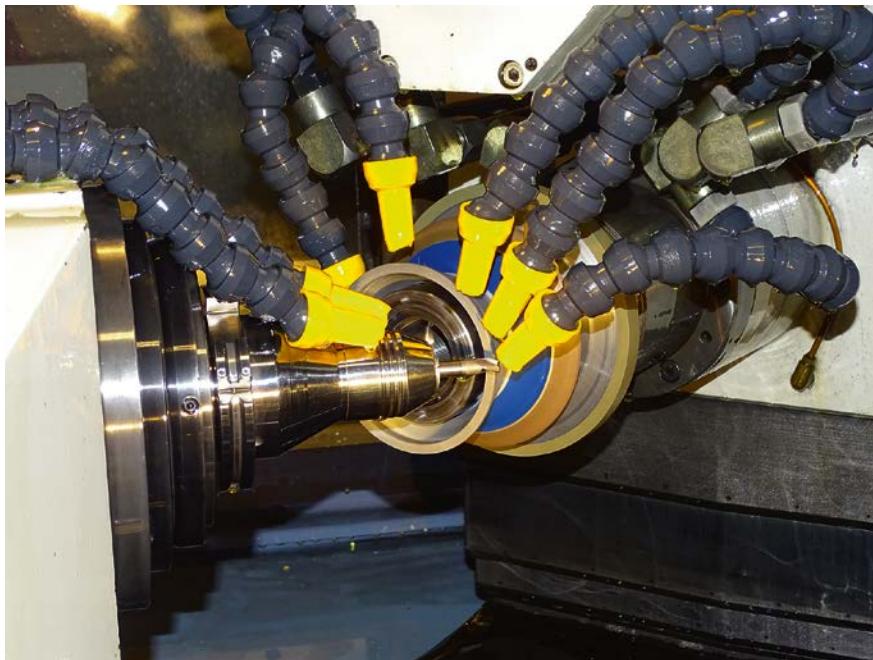
von Lienhard J. Paterok und Leonhard F. Paterok

S seit gut 100 Jahren ist es möglich, Werkzeugoberflächen zu veredeln, indem man Bor, Chrom, Vanadium und Titan mittels thermochemischer Hochtemperaturdiffusion bei einer Temperatur von 800 bis 1100 °C auf sie abscheidet. Leider verlieren die Teile dabei an Härte, sodass man sie nachhärten und anlassen muss. Weil das fast immer zu einem nicht akzeptablen, irreparablen Verzug führt, setzen sich diese Prozesse in der Industrie nicht vollständig durch, auch nicht zum Veredeln von Hartmetall. Als aus dem Gasnitrieren das Tieftemperatur-Ionenitrieren wurde, ließ sich dafür ausgelegter Stahl unter 550 °C behandeln, doch die Randzonen-Mikrohärte erreichte nur ein Niveau bis 1200 HV – zu wenig für die meisten Fälle.

Was stets blieb, ist der Zwang zum Härteln und Anlassen

Erst Ende der Fünfzigerjahre wurde ein weiteres thermochemisches Hochtemperatur-Verfahren entwickelt: das Normaldruck-CVD-Verfahren. Damit ließen sich erstmals Titannitrid und Titankarbid als Mikroschicht im Hochtemperaturbereich von 850 °C bis 1100 °C auf Stahloberflächen abscheiden. Leider blieben auch hier das Verzugproblem und der Zwang zum Nachhärten bestehen, auch wenn die Entwicklung verzugfreier Stahlsorten das Problem minderte.

Nachdem das Normaldruck-CVD-Verfahren in den Siebzigerjahren zum Hochtemperatur-Unterdruck-CVD-Verfahren weiterentwickelt und industria-



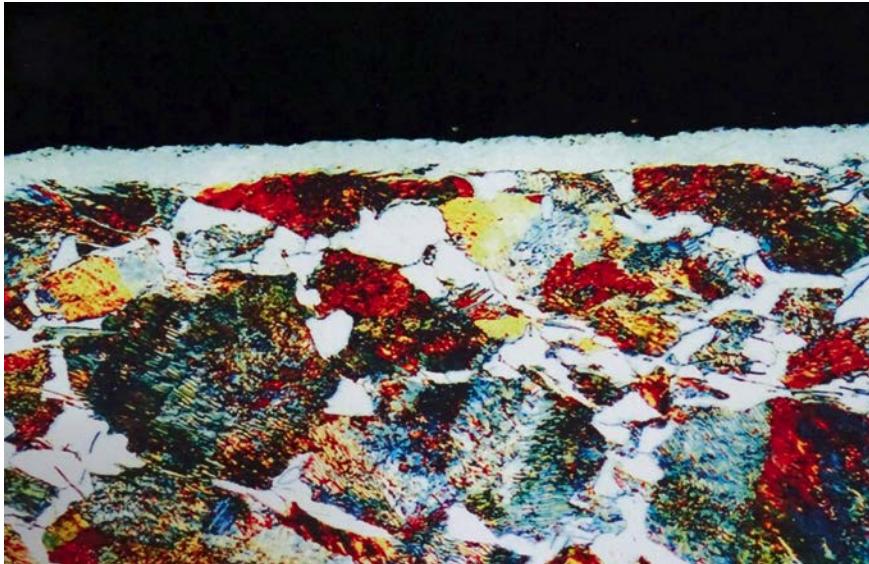
1 CNC-Herstellung von Hochleistungs-VHM-Reibahlen und -bohrern

(© Technisches F&E-Zentrum)

lisiert werden konnte, ließen sich auch Hartmetallwerkzeuge mit Hartstoffen in bis zu 20 µm dicken kristallinen Mikroschichten veredeln. Die genannten Umstände bewogen Industriefachleute, nach einem rationellen Tieftemperaturverfahren zu suchen. Erste Erfolge brachte das im Dresdener Von-Ardenne-Institut entwickelte physikalische Bedampfen von Oberflächen mit Metallen. Die Idee wurde in der Industrie zum reaktiven Prozess zur Herstellung von Hartstoffen im Temperaturbereich von 100 bis 700 °C weiterentwickelt und im Westen unter dem Namen

PVD-Verfahren auf den Markt gebracht (PVD – Physical Vapour Deposition). Zur Enttäuschung der Zerspaner stellte sich aber heraus, dass damit nur Metall-Nitride und Metall-Karbonitride mit einem Kohlenstoffgehalt bis 30 Prozent herstellbar sind, die man in Form von Mikroschichten auf Stahl- oder Hartmetalloberflächen bei 100 bis 600 °C abscheidet.

Auch wenn PVD die Werkzeugstandzeit verdoppelte bis verfünffachte, kann das bis heute nur als ein Teilerfolg gelten, denn die erzielbare deutliche Erhöhung der Abriebfestigkeit beschränkt sich »



2 Rund 500-fache Vergrößerung einer nach dem Hochvakuum-3D-Tieftemperatur-CVD-Verfahren abgeschiedenen Titankarbid-Mikroschicht auf Stahl 1.2601. Die Schichtdicke beträgt 2 µm (© Technisches F&E-Zentrum)

im Wesentlichen auf die Spanflächen. An den ebenfalls stark beanspruchten Freiflächen zeigen die Metall-Nitride nur eine geringe Abriebfestigkeit. Um die Abriebfestigkeit auch an Freiflächen, Scheidenkanten und -ecken zu verbessern, müssten diese mit einem stöchiometrischen, einem Reinstmetall-Karbid oder einem Metall-Karbid-System überzogen werden. Leider war das mithilfe etablierter PVD-Verfahren aus physikalischen Gründen bislang nicht möglich.

Die Mikrohärte mittels PVD hergestellter Nitride schwankt zwischen 1800

und 2200 HV und der Karbonitride zwischen 1900 und 2600 HV. Den größten Abriebwiderstand an der Spanfläche einer Schneide würde jedoch ein überstöchiometrisches Titanitrid mit einer Mikrohärte von 2300 HV oder ein entsprechendes Metall-Nitrid-Gemisch bieten. Den effektivsten Abnutzungswiderstand der Freifläche dagegen bewirkt Titankarbid mit einer Mikrohärte von 3200 HV. Bedauerlicherweise ist die Abscheidung derartiger Metallkarbide mittels aller drei in der Industrie eingeführten PVD-Verfahren nicht möglich.

Dieses Faktum bewog viele staatliche und industrielle Forschungszentren dazu, nach einer geeigneten Tieftemperatur-Technologie zu suchen, die die Abscheidetemperatur von Metall-Karbiden aus dem Hochtemperaturbereich 1000 bis 1200 °C in den Tieftemperaturbereich 480 bis 600 °C absenken würde. Das konkrete Ziel war eine rationelle Beschichtung von Werkzeugen unter dem Anlasspunkt von 560 °C.

Nun, nach etwa 24 Jahren intensiver Forschung und Anlagenentwicklung, kann dieses Ziel als erreicht betrachtet werden – mit dem Hochvakuum-3D-Tieftemperatur-CVD-Verfahren. Mit ihm lassen sich sowohl stöchiometrische Metall-Karbide mit einer Mikrohärte bis 3200 HV für die Freifläche als auch Metall-Nitride und überstöchiometrisches Titanitrid $TiN_{1,11-1,12}$ mit einer Mikrohärte zwischen 2200 bis 2300 HV für die Spanfläche herstellen. Sie werden bei 480 bis 600 °C auf beliebigen Oberflä-

chen der ersten und zweiten Ordnung und Bohrungen bis zu einer Tiefe von $15 \times D$ abgeschieden.

Das Verfahren, bei dem man alle nicht zu beschichtenden Teile eines Werkzeugs vor dem Prozess abdeckt, ermöglicht auch das Implantieren definierter Elemente vor dem Abscheiden einer Schicht auf der Oberfläche in die Randzone eines zu beschichtenden Werkzeugs.

Jeder Einsatzfall ist eine individuelle Aufgabe. Bevor ein Schichtsystem auf einem Werkzeug abgeschieden wird, sind die Einsatzbedingungen sowie die Wärmebehandlung des zu bearbeitenden Werkstoffs zu analysieren und alle technischen, technologischen, wirtschaftlichen und umweltbezogenen Kriterien intensiv zu untersuchen und die Ergebnisse in der Konstruktion zu berücksichtigen.

Rohstoffsparende Beschichtung unabhängig von der Teilekomplexität

Das neue Beschichtungsverfahren bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber dem bisherigen Stand der Technik:

- Es ist ein umweltfreundliches, rohstoffsparendes Vakuumverfahren, das nur 1/7000 aller Elemente benötigt, die im Hochtemperatur-CVD-Verfahren und 1/750 aller Elemente, die im PVD-Verfahren benötigt werden.
- Es können im Gegensatz zur PVD- und zur Hochtemperatur-CVD-Technologie alle zu beschichtenden Oberflächen



3 VHM-Bohrer, deren Spanfläche mit Metall-Nitriden und deren Freifläche mit Metall-Karbiden veredelt wurde. In der Version mit 14 mm Durchmesser verlängerte sich ihre Standzeit beim Bohren von Grauguss GG25 weiter um den Faktor 3 bis 4 (© Technisches F&E-Zentrum)

INFORMATION & SERVICE



HERSTELLER

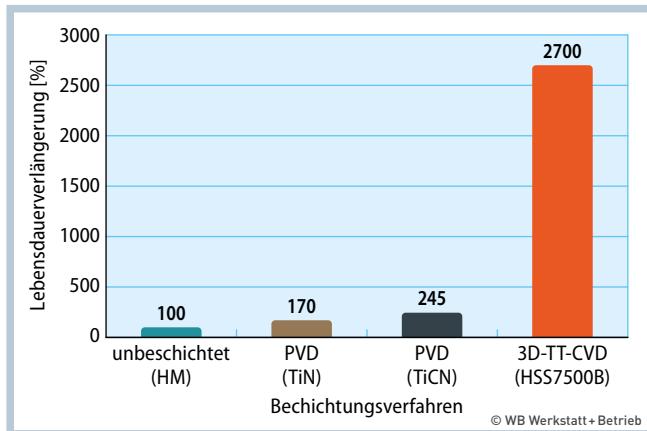
Technisches F&E-Zentrum für Oberflächenveredelung und Hochleistungswerkzeugbau
75328 Schömberg-Langenbrand
Tel. +49 7084 9270-0
www.technisches-fe-zentrum.com

DER AUTOR

Dr.-Ing. Lienhard J. Paterok und Dipl.-Ing. Leonhard F. Paterok
sind Geschäftsführer des Technischen F&E-Zentrums für Oberflächenveredelung und Hochleistungswerkzeugbau in Schömberg
lj.paterok@technisches-fe-zentrum.com
lf.paterok@technisches-fe-zentrum.com

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/4717598



4 Einfluss verschiedener Oberflächen-Veredelungsverfahren auf die Standzeit von VHM-Bohrern beim Bohren in Grauguss GG25. Rechts nach dem innovativen 3D-TT-CVD-Verfahren beschichtete Werkzeuge (© Technisches F&E-Zentrum)

und Bohrungen mit sowohl kristallinen als auch amorphen Schichten gleicher Dicke versehen werden. Die geometrische Kompliziertheit der Oberflächen ist bedeutungslos.

- Im Gegensatz zu PVD- und Hochtemperatur-CVD-Verfahren müssen während der Beschichtung Werkzeuge und Teile bis 600 mm Durchmesser und 1800 mm Länge zwecks Bildung einer gleichmäßigen, robusten Schicht nicht mehr mit Robotern gedreht werden.
- Aufgrund der Tieftemperatureigenschaften ist nicht mit Überhitzungsdefekten und somit nicht mit einer Werkzeugschädigung zu rechnen.
- Im Gegensatz zu PVD- und Hochtemperatur-CVD-Verfahren lassen sich in einer Charge Bauteile aus Metall, metallischen Legierungen, Keramik und Glas sowohl funktionell (verschleißresistent) als auch dekorativ im Labor- und auch technisch mit Metall-Karbiden zwischen 480 und 600 °C veredeln – weltweit zum ersten Mal.
- Zur Überhitzungsvermeidung ist eine direkte und hochgenaue Temperaturmessung an den Teilen während des Prozesses möglich (nicht so bei allen drei Tieftemperatur-PVD-Verfahren).
- Es sind schwere Oberflächenreinigungsmittel wie FCKW und CKW durch Aceton und Alkohol ersetzbar.
- Reaktive Zerstörung von Metalloxiden (im Gegensatz zu PVD-Technologien).
- Reaktive Aufkohlung.

Mit ihren hoch abriebresistenten Metallkarbiden konnte die 3D-TT-CVD-Technologie in der industriellen Werkzeugfertigung eine klaffende Lücke schließen. Man vermisste eine solche Technologie besonders in der Fertigung von Werkzeugen zum Bearbeiten von Eisenlegierungen, NE-Metallen und deren Legierungen sowie von Verbundwerkstoffen.

Nun ist zum ersten Mal die Stöchiometrie der Metallkarbide in einer Hartstoffsicht so gezielt beeinflussbar, dass ihre Haftung die maximalen Festigkeitswerte ohne mechanische oder chemische Schädigung der Werkzeugoberfläche erreicht (unter dem Begriff der mechanischen Oberflächenschädigung ist hier das Aufrauen mittels Sandstrahlen und unter dem Begriff der chemischen Schädigung ein harter Ätzvorgang mit aggressiven Säuren oder Laugen zu verstehen).

Zu erwarten ist ein Leistungszuwachs um Faktoren von 3 bis 40

Mit dem Verfahren ist eine Leistungssteigerung um den Faktor 3 bis zum Faktor 40 bei Bohrern oder Reibahlen zu erwarten. Als Beispiel für das Mögliche kann das neue Schichtsystem HSS-7500B mit Metall-Karbiden auf der Freifläche und Metall-Nitriden auf der Spanfläche eines VHM-Bohrers mit 14 mm Durchmesser gelten. Wegen der Schichtkonstruktion ließ sich beim Bohren eines GG25-Getriebegehäuses die Lebensdauer drei- bis vierfach verlängern. Beim Reiben von Bohrungen in Maschinenbauteilen mit beschichteten VHM-(K40-)Reibahlen aus schwer bearbeitbarem Werkstoff 1.4586 (X5NiCoMoCuNb 22-18) konnte die Standmenge im Schnitt um 250 bis 300 Prozent erhöht werden.

Mit dem Hartstoff-Schichtsystem HSS7500A wurde die Anzahl gefertigter Gewinde mit einem Gewindebohrer M16 – ebenfalls in GG25 – von 9000 auf 18 500 auf Anhieb erhöht. Ähnliche Ergebnisse registrierte man jüngst beim Fräsen von Teilen aus Bau-, Werkzeug-, Kalt-, Warmarbeits- und nicht rostendem Stahl sowie von NE-Metallen, GFK und CFK. Die hier verwendeten neuen Hartstoff-Schichtsysteme werden zurzeit weiterentwickelt und optimiert. ■