

Hartbearbeitung ■ Leichtmetallbearbeitung ■ Verschleißreduktion

Neuartige Beschichtungen für die Drehbearbeitung

Beschichtetes Hartmetall erschließt neue Leistungshorizonte, erfordert aber auch umfassende Kenntnisse des Machbaren auf der Suche nach dem Optimum. Zwei neue Beschichtungsansätze zeigen die Potenziale bei der Hart- und bei der Leichtbaubearbeitung mittels Drehen.

von Eckart Uhlmann, Christoph Leyens, Jan Gäbler, Bartek Stawiszynski, Javier A. Oyanedel Fuentes und Stefan Heinze



Mithilfe geeigneter Beschichtungen lassen sich auch beim Drehen die Härte und die Oxidationsbeständigkeit des Werkzeugs um ein Vielfaches erhöhen. Die Kombination von Schicht und Substrat bestimmt das konkrete Prozessverhalten (Bild: IWF)

In der metallverarbeitenden Industrie zählt heute der Einsatz von Hartstoffbeschichtungen auf Zerspanwerkzeugen zur Verschleißreduzierung zum Stand der Technik. Besonders bei Hartmetallwerkzeugen haben sich Beschichtungen etabliert und gehören somit zu den am häufigsten eingesetzten Schneidstoffen. Mithilfe entsprechender Beschichtungen lassen sich beispielsweise die Härte und die Oxidationsbeständigkeit des Werk-

zeugs um ein Vielfaches erhöhen. Indem man ein zähes Hartmetallsubstrat mit einer hochverschleißfesten Hartstoffschicht kombinierte, waren deutliche Steigerungen der anwendbaren Prozessparameter und der Werkzeugstandzeiten erzielbar [1, 2, 3 und 4]. Im Folgenden werden zwei verschiedene Beschichtungsansätze vorgestellt, die im Bereich der Hartbearbeitung und bei der Leichtbaubearbeitung große Potenziale aufzeigen.

HiPIMS-Schichten besonders relevant für Hartbearbeitungswerkzeuge

Die HiPIMS-Abscheidung (High Power Impulse Magnetron Sputtering) ist eine neuere Entwicklung im Bereich der PVD-Beschichtungstechnik. Ein wesentlicher Vorteil des HiPIMS-Verfahrens ist eine gesteigerte Ionisation der schichtbildenden Teilchen. Durch Anlegen einer negativen Bias-Spannung an das Substrat wird die Möglichkeit geschaffen, abgeschattete Bereiche zu beschichten sowie Einfluss auf die Schichteigenschaften zu nehmen. So kann zum Beispiel durch eine geeignete Wahl der Beschichtungsparameter das kolumnare Schichtwachstum unterbunden werden, wodurch sich dichte, homogene und harte Schichten erzeugen lassen [5, 6 und 7].

Dies sind Eigenschaften, die besonders für Schaftwerkzeuge im Bereich der Hartbearbeitung von enormer Bedeutung sind. Um die grundlegenden Abscheidungsbedingungen und die Leistungsfähigkeit neuartiger HiPIMS-Schichten untersuchen zu können, wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes Zerspanversuche mit geometrisch einfachen Wendeschneidplatten vorgenommen.

Die Eigenschaften der für die Zerspanexperimente verwendeten beschichteten Werkzeuge sind in Bild 1 dargestellt. Die Bruchflächen in Bild 2 zeigen die Zweischichtsysteme aus TiAlN-TiSiN.

Die Toplayer aus TiSiN unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Struktur in Abhängigkeit des eingesetzten Beschichtungsverfahrens. Während die mit dem DCMS-Verfahren (Direct Current Magnetron Sputtering) abgeschiedene Schicht eine kolumnare Struktur aufweist, ist bei der HiPIMS-Beschichtung kein kolumnarer Aufbau erkennbar.

Zerspanvolumen stieg um 32 Prozent mit HiPIMS gegenüber DCMS

Bei Untersuchungen bezüglich der Werkzeugstandzeit mittels Hartdrehen eines auf etwa 55 HRC gehärteten Kaltarbeitsstahls vom Typ X210CrW12 erreichten die HiPIMS-beschichteten Werkzeuge ein um 32 Prozent größeres Zerspanvolumen ($V_w = 19,4 \text{ cm}^3$) im Vergleich zu den DCMS-beschichteten Werkzeugen ($V_w = 14,7 \text{ cm}^3$). Bedingt durch den höheren Verschleißwiderstand konnte die Kolkbildung erheblich reduziert werden (Bild 3).

Zum Bewerten der gefertigten Oberflächen der mit HiPIMS und DCMS be-

wicklung von Siliziumcarbid-(SiC-)Diamantschichtsystemen für die Bearbeitung hochabrasiver Leichtbauwerkstoffe. Das Projekt zielt auf die Diamantbeschichtung von Hartmetallsorten mit hohem Cobaltgehalt.

Bislang wird bei Lohnbeschichtern vor der CVD-Diamantbeschichtung eine Ätzbearbeitung zur Verringerung des Cobaltanteils an der Randzone durchgeführt [8]. Das schwächt jedoch zum einen die Bruchfestigkeit der Werkzeuge; zum anderen können Hartmetallsorten mit hohem Cobaltgehalt von über 10 Prozent nur mit eingeschränkter Schichthaftung beschichtet werden. Das schränkt den Einsatz diamantbeschichteter Werkzeuge in Anwendungen mit hoher Biegebelastung ein, zum Beispiel beim Fräsen mit schlanken Schaftfräsern.

Versuche mit SiC-Zwischenschichten

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden konventionell erzeugte Diamantschichten und Diamantschichten mit einer zusätzli-

	HiPIMS beschichtet	DCMS beschichtet
max. Härte [HV]	3194	2553
größte Höhe des Profils R_z [μm]	$1,34 \pm 0,09$	$1,43 \pm 0,13$
arithmetischer Mittelwert der Profilordinaten R_a [μm]	$0,17 \pm 0,016$	$0,17 \pm 0,005$
Schichttyp	TiAlN-TiSiN	TiAlN-TiSiN

1 Eigenschaften der im Rahmen der Forschungsprojekte mit HiPIMS und mit DCMS beschichteten Proben (Bild: IWF)

schichteten Wendeschneidplatten wurden beim Hartdrehen eines Warmarbeitsstahls vom Typ X40CrMoV5-1 die Oberflächengüten bis zu einem Zerspanvolumen V_w von $37,5 \text{ cm}^3$ messtechnisch ermittelt und verglichen. Die Analyse zur erzeugten Bauteilqualität nach der Drehbearbeitung ergab mit den HiPIMS-beschichteten Werkzeugen bessere Oberflächenqualitäten (HiPIMS: $R_a = 0,59 \mu\text{m}$, $R_z = 3,79 \mu\text{m}$; DCMS: $R_a = 0,69 \mu\text{m}$, $R_z = 4,21 \mu\text{m}$) im Vergleich zu den DCMS-Schichten.

Einen neuen Ansatz in der CVD-Diamantabscheidung verfolgen derzeit im Rahmen eines Forschungsprojektes das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Braunschweig, und das Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF), Berlin. Bei diesem Projekt geht es um die Weiterent-

wickelung von SiC-Zwischenschicht auf Hartmetall-Wendeschneidplatten abgeschieden und in Zerspanversuchen getestet. Für die konventionell erzeugten Schichten, die ohne Zwischenschicht mit Diamant beschichtet wurden, erfolgte vor der Diamantbeschichtung die übliche Ätzbehandlung. Die Abscheidung der SiC- und Diamantschichten erfolgte in einer eigenentwickelten Heißdraht-CVD-Anlage des Fraunhofer IST. Es wurde die Dicke der Zwischenschicht variiert, um den Einfluss der SiC-Schichtdicke auf die Haftung zu untersuchen. Als Funktionsschicht kamen jeweils Diamantschichten mit mikrokristalliner Struktur mit einer Schichtdicke s_D von $6 \mu\text{m}$ zum Einsatz (Bild 4).

Die Zerspanuntersuchungen wurden an einem CNC-Drehbearbeitungszentrum der Traub Drehmaschinen GmbH & Co. KG, Reichenbach/Fils, vom Typ TNX »

65 durchgeführt. Als Bearbeitungsverfahren wählte man beim IWF das Außenlängs-Runddrehen im Trockenschritt. Versuchswerkstoff war eine übereutektische Aluminium-Silizium-Gusslegierung AlSi17Cu4Mwg. Die Legierung wird aufgrund ihres Eigenschaftsprofils insbesondere für den Automobilbereich verwendet und stellt bei der spanenden Bearbeitung wegen der abrasiven Wirkung der Siliziumpartikel eine große Herausforderung für das Zerspanwerkzeug dar.

Bild 5 zeigt das Standverhalten von unbeschichteten und beschichteten Hartmetallwerkzeugen mit einem Co-Gehalt von 6 Prozent. Als Standkriterium wurde eine maximale Verschleißmarkenbreite VB von 0,3 mm festgelegt. Erwartungs-

INFORMATION & SERVICE

INSTITUTE

IWF – Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU Berlin

10587 Berlin
Tel. +49 30 31423349

www.iwf.tu-berlin.de

IfWW – Institut für Werkstoffwissenschaften der TU Dresden

01069 Dresden
Tel. +49 351 463-42481

www.tu-dresden.de/ifww

Fraunhofer IST – Institut für Schicht- und Oberflächentechnik

38108 Braunschweig
Tel. +49 531 2155-0

www.ist.fraunhofer.de

DIE AUTOREN

Univ.-Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin

Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens ist Leiter des Instituts für Werkstoffwissenschaften (IfWW) der TU Dresden

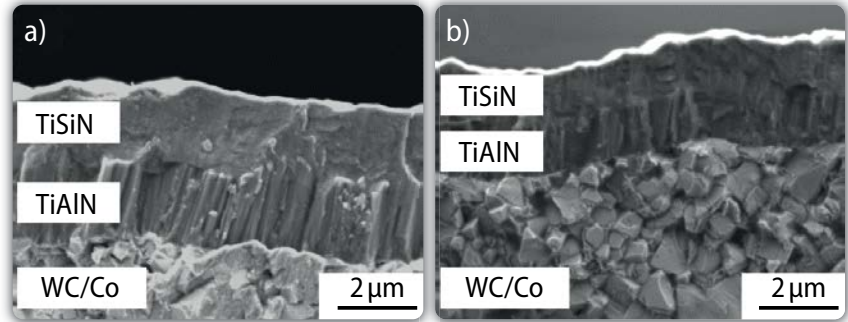
Dr. Jan Gäbler ist im Bereich European Business Development des Fraunhofer IST tätig

Bartek Stawiszynski und Javier A. Oyanedel Fuentes sind wissenschaftliche Mitarbeiter am IWF in Berlin
bartek.stawiszynski@iwf.tu-berlin.de

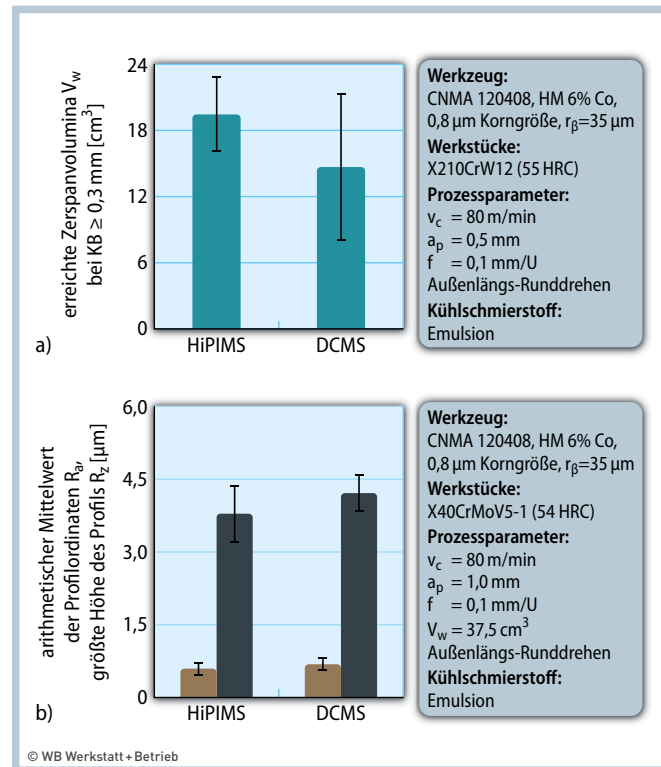
Stefan Heinze ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am IfWW in Dresden

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/1075879



2 Bruchfläche einer TiAlN-TiSiN-Schicht; a) mittels HiPIMS-Technik, b) mittels DCMS-Technik (Bild: IWF)



gemäß zeigte die unbeschichtete Schneide bereits nach einer Schnittzeit t_c von 120 s starken abrasiven Freiflächenverschleiß, der zum Erreichen des Standzeitendes führte. Mit einer auf dem Markt erhältlichen Beschichtung aus AlTiN, die als Referenz diente, ergab sich eine Steigerung um den Faktor 3. Die konventionelle Diamantbeschichtung konnte eine Standzeit von etwa 600 s erzielen, was einer Erhöhung um den Faktor 5 entspricht. Die Ergebnisse der diamantbeschichteten Werkzeuge mit den SiC-Zwischenschichten s_D 1 µm, 2 µm und 5 µm offenbarten zwischen der SiC-Schichtdicke und der Standzeit deutliche erkennbare Korrelationen.

So ist ersichtlich, dass mit höheren SiC-Schichtdicken die Werkzeugstandzeit erhöht werden konnte. Es wird vermutet, dass dieser Zusammenhang auf die bessere Cobaltdiffusionssperwirkung und damit auf eine höhere Schichthftung zurückzuführen ist. Die höchste

Standzeit erzielte die Variante SiC-3, die im Vergleich zur konventionellen Diamantbeschichtung eine Steigerung um rund 30 Prozent aufzeigte. Insgesamt lassen die Ergebnisse das hohe Potenzial der SiC-Zwischenschichten erkennen und zeigen, dass ohne Ätzvorbehandlung die Standzeit einer konventionell abgeschiedenen Diamantbeschichtung übertroffen werden kann.

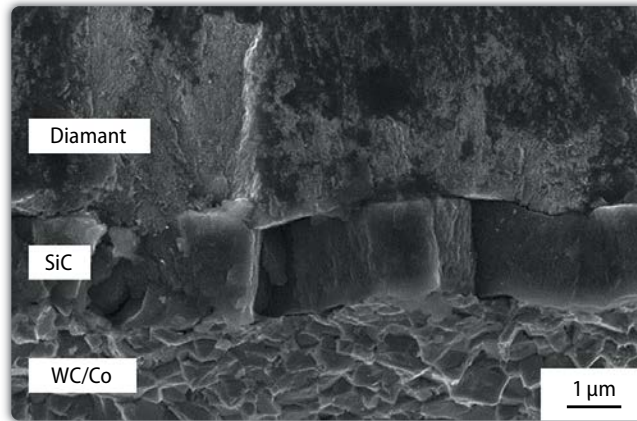
Beide Testreihen werden fortgeführt

Die im Rahmen der Untersuchungen eingesetzten HiPIMS-Schichten zeigten also ein deutliches Potenzial für den Bereich der Hartbearbeitung auf. Mit den HiPIMS-beschichteten Werkzeugen konnten bei der Zerspanung vom Kaltarbeitsstahl X210CrW12 höhere Zerspanvolumina im Vergleich zu den DCMS-beschichteten Werkzeugen erreicht werden.

In Hinblick auf die erzeugte Oberflächenqualität zeigten die HiPIMS-Schichten ebenfalls Einsatzvorteile. So wurden

4 SiC-Diamantbeschichtung auf Hartmetall

(Bild: IWF)



INFORMATION & SERVICE



LITERATUR

[1] E. Bouzakis: Steigerung der Leistungsfähigkeit PVD-beschichteter Hartmetallwerkzeuge durch Strahlbehandlung. Ergebnisse aus der Produktionstechnik. Hrsg.: Klocke, F.; Schuh, G.; Brecher, C.; Schmitt, R. H. Aachen: Apprimus, 2008

[2] M. Müller: Hochleistungsbearbeitung mit Hartmetall-Zerspanungswerkzeugen durch abgestimmte Geometrie. Vortrag anlässlich der 6. Schmalkalder Werkzeugtagung, Schmalkalden, 10.–11.11.2004

[3] E. Uhlmann, N. Schröer und F. Wunder (geb. Miltschus): Innovative keramische Werkzeuge für die spanende Bearbeitung von CFK. ZWF 4 (2014), S. 247–249

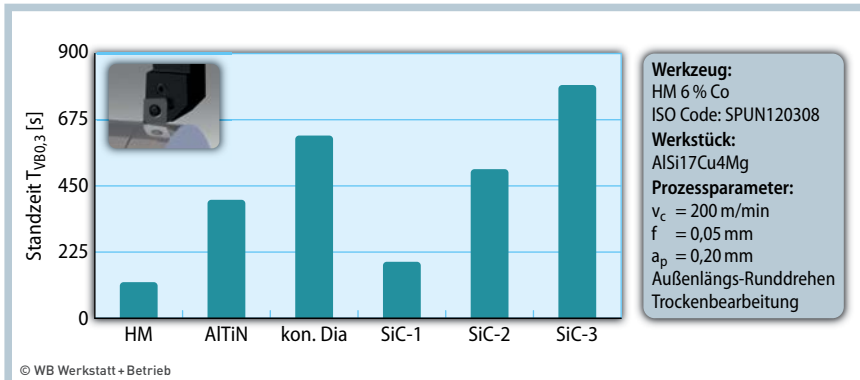
[4] E. Uhlmann, B. Stawiszynski, C. Leyens und S. Heinze: HiPIMS coated carbides with high adhesive strength for hard machining. 11th International Conference on High Speed Machining 2014, Prag, 11.–12. September 2014

[5] V. Kouznetsov, K. Macak und J. Schneider: A novel pulsed magnetron sputter technique utilizing very high target power densities. Surface and Coatings Technology 122 (1999), S. 290–293

[6] R. Bandorf, M. Vergöhl und O. Werner: HiPIMS – Technologie und Anwendungsfelder. Vakuum in Forschung und Praxis 21 (2009) 1, S. 32–38

[7] K. Bobzin, B. Bagcivan und M. Ewe-ring: Hartstoffschichten der Zukunft. Vakuum in Forschung und Praxis 22 (2010) 6, S. 31–35

[8] R. Haubner, S. Kubelka, B. Lux, M. Griesser et. al.: Murakami and H_2SO_4/H_2O_2 Pretreatment of WC-Co Hard Metal Substrates to Increase the Adhesion of CVD Diamond Coatings. Journal de Physique (1995), S. 753–760



Werkzeug:
HM 6 % Co
ISO Code: SPUN120308
Werkstück:
AlSi17Cu4Mg
Prozessparameter:
 $v_c = 200$ m/min
 $f = 0,05$ mm
 $a_p = 0,20$ mm
Außenlängs-Runddrehen
Trockenbearbeitung

5 Standzeiten unbeschichteter und beschichteter Hartmetallwerkzeuge (Bild: IWF)

beim Drehen eines Warmarbeitsstahls vom Typ X40CrMoV5-1 mit den HiPIMS-beschichteten Werkzeugen im Vergleich zu den DCMS-beschichteten Wendschneidplatten höhere Oberflächengüten erzielt. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte für die HiPIMS-Schichten ein hoher Verschleißwiderstand festgestellt werden. Weitere Entwicklungsschritte innerhalb des Vorhabens sind die Erhöhung der Prozesssicherheit bei der Zerspanung gehärteter Stähle sowie die Ausweitung des Anwendungsfeldes, zum Beispiel im unterbrochenen Schnitt, und die Zerspanung verschiedener Werkstoffgruppen.

Und schließlich ergab, als weiteres Fazit, die Auswertung der Zerspanntests

mit den SiC-Diamantschichten am Beispiel einer Aluminium-Silizium-Gusslegierung AlSi17Cu4Mg, dass längere Standzeiten auch gegenüber konventionellen Diamantbeschichtungen möglich sind. Als Ergebnis konnte ebenfalls festgehalten werden, dass durch den Einsatz von SiC-Zwischenschichten auf die ätztechnische Behandlung von Hartmetallwerkzeugen verzichtet werden kann. Bei der weiteren Erforschung dieses Ansatzes soll erprobt werden, ob durch Herabsetzen der Beschichtungstemperatur während der Diamantabscheidung die Schichtdicke der SiC-Zwischenschicht reduziert werden kann. Die Funktion der Zwischenschicht als Co-Diffusionsbarriere soll dabei erhalten bleiben. ■