



1 Von der Sägetechnik bis zur HSC-Zerspanung – moderne Präzisionswerkzeuge würden ihrer Bestimmung, trotz hoher Zerspanvolumina lange einsatzfähig zu sein, ohne eine leistungsfähige Beschichtung nicht nachkommen können (© Platit)

Präzisionswerkzeuge ■ Beschichtungstechnik ■ Anlagen für KMU

## Mein Werkzeug, meine Schicht

Der stetige Leistungszuwachs bei spanenden Werkzeugen erwächst vorrangig aus ihrer Beschichtung. Für große Hersteller ein Muss, kann es auch für mittelständische Dienstleister sinnvoll sein, in eine eigene Anlage zu investieren. Spezialisten bieten hierfür ihre Hilfe an.

von Tibor Cselle, Andreas Lümekmann, Mojmir Jilek sen. und Mojmir Jilek jun.

Ohne Zweifel ist die Beschichtungstechnologie zurzeit jene Hauptkomponente im Prozess der Herstellung spanender Werkzeuge, die sich am dynamischsten entwickelt. Um stets auf dem technisch aktuellen Stand zu sein, sehen sich die Werkzeughersteller geradezu gezwungen, eine oder mehrere flexible Beschichtungsanlagen in ihre Fertigung zu integrieren, um mit ihnen die jeweils modernsten Beschichtungs-

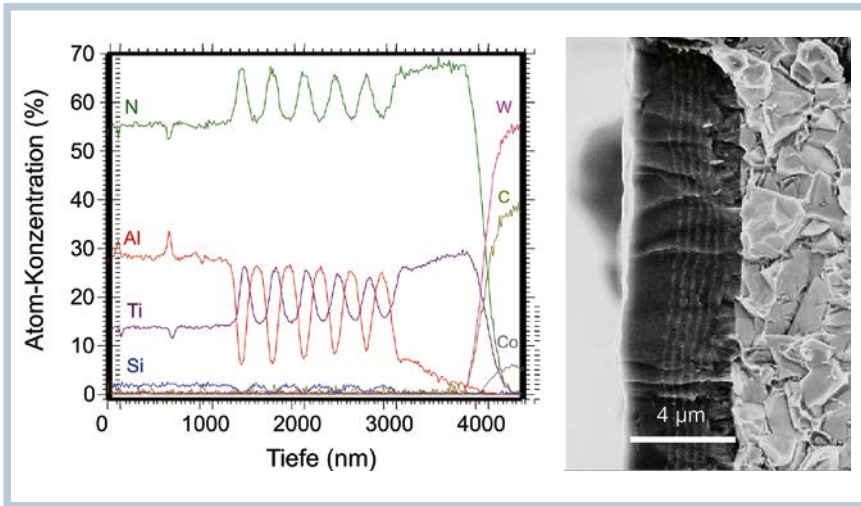
verfahren anwenden zu können (Bild 1). Aber auch immer mehr mittelständische Dienstleister, zum Beispiel Nachschleifbetriebe, betrachten die Anschaffung einer solchen Anlage zu Recht als sinnvoll.

### Können die günstigen DLC-Schichten den Diamant bei Aerospace ersetzen?

Das sogenannte PVD-ARC-Verfahren als einer der ganz großen Player der aktuellen technologischen Szene übernimmt

immer mehr Aufgaben, sogar in der Massenfertigung, und das trotz neuester Entwicklungen in der CVD-Technologie. Höchstleistungen ermöglichen heutzutage hauptsächlich die auf Aluminium, Chrom, Silizium, Bor und Oxiden basierenden Schichten mit Nano-, Tripel- und Quad-Strukturen.

Zum Bearbeiten von anspruchsvollen Werkstoffen für die Luftfahrtindustrie wie kohlenstofffaserverstärktem Kunst-



bei Lohnbeschichtungsanlagen. Die mit einer Haftschrift versehenen Schichten der zweiten Generation enthalten schon viel kompliziertere Strukturen. Die fortschrittlichsten sind Nanolayers und Nanocomposites, welche die Zähigkeit und die Härte gleichzeitig erhöhen können [1].

Die vielversprechendste Schichtgeneration von heute zeigt eine Dreifachstruktur. Es beginnt mit Titanitrid (TiN) oder Chromnitrid (CrN), weil diese einfachen Schichten die beste Haftung haben. Der mittlere Abschnitt baut sich üblicherweise als eine extrem zähe, mehrlagige Struktur auf (Bild 2); sie wirkt wie ein Absorptionsdämpfer gegen die hohen dynamischen Belastungen des Schneidprozesses. Die Deckschicht ist dagegen außergewöhnlich hart, um eine hohe Verschleißfestigkeit direkt an der »

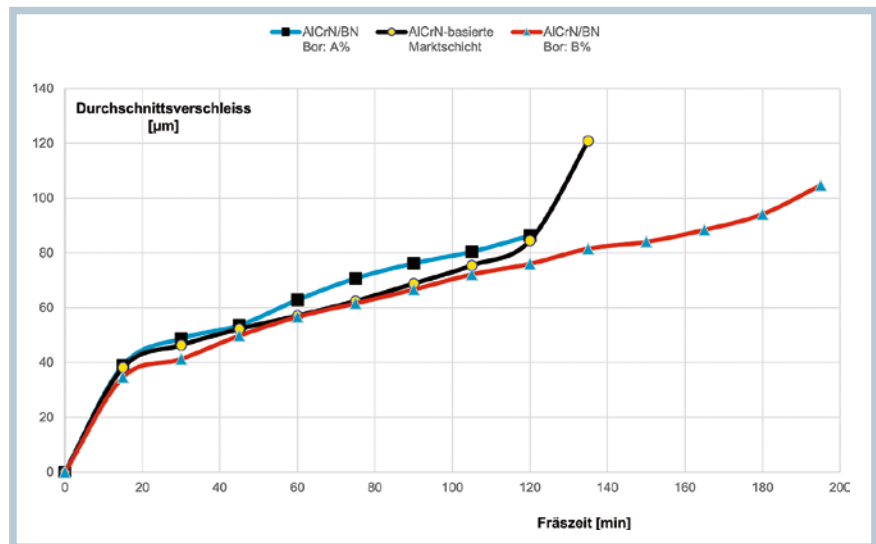
**2** Struktur einer sogenannten Triple-Schicht. Von innen nach außen beginnt es mit Titanitrid (TiN) oder Chromnitrid (CrN), dann folgt der mittlere Abschnitt als extrem zähe, mehrlagige Struktur, und es folgt eine sehr harte Deckschicht (© Platit)

stoff (CFK), Titan oder Aluminiumlegierungen verwendet man zunehmend CVD-Diamantschichten. Die spannende Frage heißt in diesen Fällen, ob die wesentlich günstigeren, nachschleifbaren Diamantlike-Coating-(DLC-)Schichten dazu eine technisch vertretbare Alternative bieten können.

Zahlreiche Entwickler an Universitäten und Instituten setzen große Hoffnungen in das Sputtern mithilfe der sogenannten HiPIMS-Technologie und die damit erreichbaren höheren Leistungskennwerte. Industriereife Lösungen sind hier in erster Linie in den Kombinationen der ARC- und der Hochleistungs-Sputter-Technologien zu finden, die die Vorteile beider Verfahren kombinieren. Im Folgenden sollen einige der wichtigsten technologischen Trends anhand industrieller Beispiele vorgestellt werden.

Auch heute noch werden relativ oft einfachste Monoblockschichten abgeschieden. Der Grund dafür liegt nicht nur in ihrer einfachen Herstellbarkeit, sondern

auch in der hohen Produktivität. Alle Kathoden können gleichzeitig »laufen« und ermöglichen somit den höchsten Ausstoß



**3** Standzeitvergleich beim Taschenfräsen mit Schafffräsern bei Variation des BN-Anteils per Software. Fräsen mit vierzahnigem 8-mm-Fraisa NX-V Torus in 1.2085 (HRC 29,2),  $a_p = 5$  mm,  $a_e = 5,5$  mm,  $v_c = 120$  m/min,  $f_z = 0,06$  mm/Z, MMS, Durchschnittsverschleiß (maximaler Rundfasenverschleiß +  $VB_{max}$  + Stirnverschleiß + Eckverschleiß) / 4 (© Platit)

**ARC-Technologie:**

LARC®: Lateral Rotating Cathodes

CERC®: Central Rotating Cathodes

**Sputter-Technologie: SCiL®:**

Sputter Coatings Induced by LGD® [1]  
LGD®: Lateral Glow Discharge [1]

**Optionen einer flexiblen Beschichtungsanlage für den Mittelstand:**

- **ARC-Technologie** für 90% der Schichten für Zerspannungswerkzeuge
  - 4 Generationen von Schichten
  - Oxydische Schichten
- **+ Hochleistungssputtern (SCiL®)** für extrem glatte Schichten
  - Gewinden mit TiN, TiCN
  - Aluminiumzerspannung mit TiB<sub>2</sub>
- **+ PECVD-Technologie** für DLC<sup>2</sup>-Schichten (z.B. zur Titanbearbeitung als Topschicht)

**4** Solch eine Beschichtungsanlage vereint die Vorteile der wichtigsten PVD-Schichtprozesse: ARC-Evaporation (sehr hohe Ionisierung, dicke und harte Schichten, sehr gute Haftung, hochproduktiv) sowie Sputtern (glatte Oberfläche, geringe Neigung zu Droplets) (© Platit)

## INFORMATION &amp; SERVICE



## YOSHIHARU HERSTELLER

## Platit AG

CH-2545 Selzach/Solothurn  
Tel. +41 32 544 62 00

[www.platit.com](http://www.platit.com)

## DIE AUTOREN

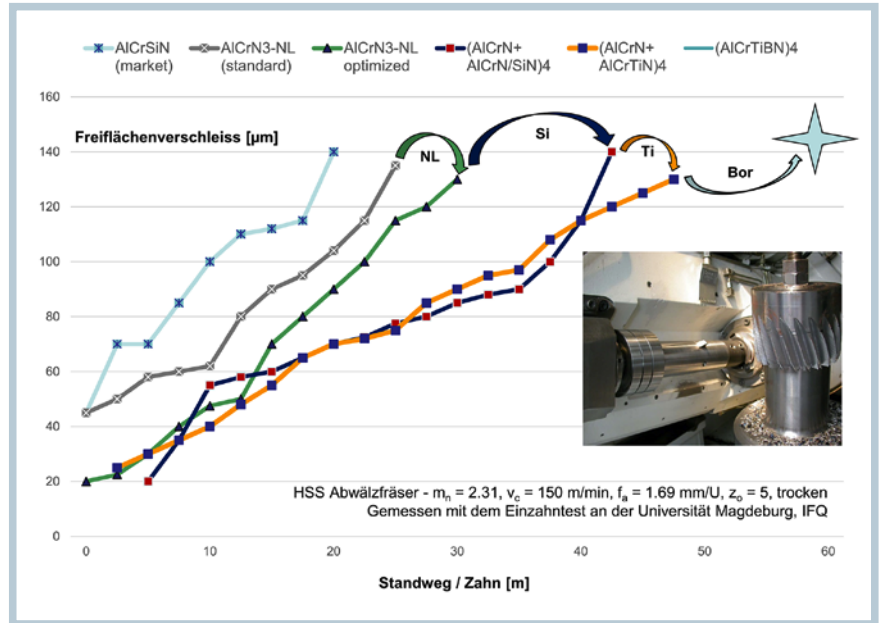
**Dr.-Ing. Tibor Cselle** ist Geschäftsführer der Platit AG in Selzach/Schweiz  
[t.cselle@platit.com](mailto:t.cselle@platit.com)

**Andreas Lümekmann** bekleidet die Funktion eines Technischen Leiters in diesem Unternehmen  
[a.luemekmann@platit.com](mailto:a.luemekmann@platit.com)

**Mojmir Jilek sen. und Mojmir Jilek jun.** sind leitende Mitarbeiter der Platit as in Sumperk/Tschechische Republik  
[m.jilek@platit.eu](mailto:m.jilek@platit.eu), [m.jilek.jr@platit.eu](mailto:m.jilek.jr@platit.eu)

## PDF-DOWNLOAD

[www.werkstatt-betrieb.de/1959737](http://www.werkstatt-betrieb.de/1959737)



**5 Einfluss der Materialkomponenten in den Schichten am Beispiel eines HSS-Wälzfräasers** ( $m_n = 2,31$ ;  $v_c = 10$  m/min;  $f_a = 1,69$  mm/U;  $z_0 = 5$ , trocken); gemessen mit dem Einzahntest an der TU Magdeburg. Alu macht hitzefest, Chrom zäh und verschleißfest (abrasiv); Al/Cr/Ti-Nanolayer steigern die Zähigkeit, Titan minimiert Ausbrüche, und Bor erhöht die chemische Stabilität (© Platit)

Schneidkante zu erzielen. Die superharten Nanokompositen werden für diese Aufgabe dringend empfohlen.

### Bei Quad-Schichten ergänzt ein vierter Block die Dreifachstruktur

In jüngster Zeit verbreiten sich verstärkt sogenannte Quad-Schichten im Markt [2]. Zusätzlich zur Dreifachstruktur enthalten sie einen vierten Block für spezielle (»dedicated«) Zwecke, typischerweise eine DLC-Schicht zum Reduzieren der Reibung oder eine Oxidschicht, um die Wärmebeständigkeit zu erhöhen [3 und 4]. Um solche Beschichtungen aufbrin-

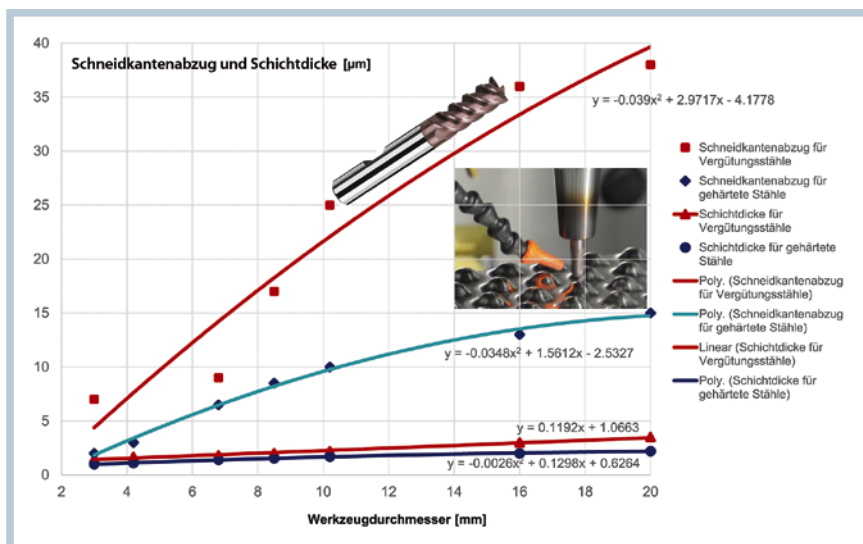
gen zu können, sind drei grundlegende Technologien weit verbreitet: die ARC-, die Hochleistungs-Sputter-(SCiL-) [5] und die PECVD-Technologie. Die optimale Lösung für Mittelständler ist eine Beschichtungsanlage, die eine Abscheidung nach all diesen Methoden beherrscht und sie sogar in einem Prozess kombiniert ermöglicht (Bild 4) [6].

Neben der Struktur beeinflussen auch die abgeschiedenen Schichtmaterialien die Leistungsfähigkeit der Beschichtung entscheidend. Bild 5 zeigt einige wichtige Schichtmaterialien und deren Einfluss auf die Eigenschaften der Beschichtung

anhand eines industriellen Beispiels für das Wälzfräsen [3]. Das Bor, das »neue« Element, verspricht in erster Linie aufgrund seiner chemischen Stabilität weitere Leistungssteigerungen. Die Nanocomposite-Schicht AlCrN/BN wird durch die Kombination von ARC- und Sputter-Technologien aus nicht legierten Targets abgeschieden [7]. Die reinen Al- und Cr-Kathoden sitzen in der Anlagentür (Larc – Lateral Rotating Cathodes), die B<sub>4</sub>C-Sputterkathode (SCiL – Sputtered Coatings induced by LGD) ist in der zentralen Position der Beschichtungskammer montiert (Bild 4).

Im Gegensatz zu Lösungen mit teuren legierten Targets ermöglicht diese Konfiguration die einfache Variation des BN-Anteils und damit die Optimierung der Schicht per Software (Bild 3). Die positiven Ergebnisse dieser besonders innovativen Entwicklung müssen sich aber noch durch breitere Versuche und industrielle Einsätze bestätigen.

Außer der Struktur und den Materialkomponenten beeinflussen zahlreiche andere Parameter das Beschichtungsverhalten, unter anderem die Schichtrauheit, die Kühlung des Zerspanungsprozesses, die Entschichtung von nachgeschliffenen Werkzeugen [8] sowie die »einfachen mechanischen« Voreinstellparameter wie die Schneidkantenpräparation und die Schichtdicke.



**6 Typische Voreinstellparameter beim Beschichten von VHM-Schafffräsern** (© Platit)

Als Beispiel eignet sich der Prozess des Drehens eines extrem duktilen Werkstoffes. Hier haben normalerweise CVD-Schichten klare Vorteile. Wählt man jedoch die Schichtdicke richtig aus, kann eine oxydische PVD-Beschichtung (nA-CoX) die Leistung von CVD-Beschichtungen eindeutig übertreffen [9].

Die Werte der optimalen Kantenabrundung (Honen) und der richtigen Schichtdicke hängen in erster Linie von der Art des Werkzeugs und von dem zu bearbeitenden Werkstoff ab. Bild 6 fasst langfristige industrielle Erfahrungen mit Vollhartmetall-(VHM-)Schaftfräsern,

mit wärmebehandelten und mit VHM-Kugelkopffräsern in gehärteten Stählen zusammen [1]. Diese und ähnlich offene Richtlinien stellen für mittelständische Schleifer wichtige Informationen dar, um mit den eigens abgeschiedenen Schichten optimale Leistungskennwerte zu erzielen.

#### Schon über 1000 Anwender benötigen keinen Lohnbeschichter mehr

Immer mehr Werkzeughersteller und Schleifer – zurzeit schon mehr als 1000 weltweit – umgehen die Abhängigkeit von den Lohnbeschichtern, indem sie ein eigenes Beschichtungssystem in ihren

Herstellungsprozess integrieren [10]. Dazu benötigen sie flexible Schichtsysteme mit verschiedenen Technologien (ARC, Hochleistungssputtern und PECVD) sowie Open-Source-Technologien, um auf allen Gebieten (Beschichtung, Reinigung, Schneidkantenpräparation und Entschichten) auf dem neuesten Stand zu bleiben. Mithilfe der integrierten Systeme können sie die richtigen Parameter (Schichtdicken, Schneidkanten) für sämtliche Werkzeuge erstellen, die Lieferzeit sowie die Betriebskosten minimieren und ihre eigenen Marken als Dedicated-Beschichtungen anbieten [10]. ■

## INFORMATION & SERVICE



### LITERATUR

- [1] *Kompendium 2016 – 57. Ausgabe, Platit AG, CH-Selzach*
- [2] *T. Cselle u. a.: Neue Quad-Schichten zum Fräsen. Werkzeugtechnik 150b/2015, S. 40 bis 42*
- [3] *A. Lümke u. a.: Dedicated PVD Coatings for High-Performance Gear Hobbing. ICMCTF, GP 11, San Diego/USA 2016*
- [4] *M. Morstein u. a.: Toughness-Enhanced Coatings for Demanding High-Performance Tools. ICMCTF, B5-1-5, San Diego/USA 2016*
- [5] *M. Jilek jun. u. a.: High-Rate Deposition by Central Cylindrical DC Magnetron Sputtering. ICMCTF, San Diego/USA, 2014*
- [6] *T. Cselle u. a.: Turbo für das Flaggschiff Pi411. Werkzeugtechnik 156/2016, S. 163 bis 165*
- [7] *M. Jilek sen.: Method of Deposition of Boron Based Wear Resistant Layers. Patent application PV 2016-61, 5. 2. 2017, Prague/Czech Republic 2016*
- [8] *B. Wittel u. a.: Produktive Entschichtung von PVD-Schichten. WB Werkstatt + Betrieb 9/2014, S. 70–72*
- [9] *J. Habermeier u. a.: Herausforderungen bei der mechanischen Bearbeitung von Turbinengehäusen in der Großserie. Workshop Schwer zerspanbare Werkstoffe in der industriellen Praxis. Nürtingen, Carl Hanser Verlag, März 2014*
- [10] *T. Cselle u. a.: Do it yourself im Trend – Ab welchen Lohnbeschichtungskosten kann ein KMU an die Investition in ein Beschichtungssystem denken? Schweizer Präzisions-Fertigungstechnik 2015, S. 26–28*