

# DIAMANT HOCHLEISTUNGSWERKZEUGE

Unabhängige Fachzeitschrift für PKD, PVD, CVD, CBN, Hartmetall

T. Cselle, A. Lümekemann, M. Jilek

## Hybrid-Beschichtung für Zerspanung

Das ARC- und Sputterverfahren beherrschen heute den PVD-Beschichtungsmarkt. Durch Kombination mehrerer Verfahren während eines Abscheidungsprozesses, erstellt man eine Hybrid-Schicht, um die Vorteile der unterschiedlichen Verfahren auszunutzen und zu kombinieren. Die Verwirklichbarkeit unterschiedlicher Verfahren ist in erster Linie für KMUs (kleine und mittelständische Unternehmen) wichtig, weil sie ihren größten Vorteil, die Flexibilität, auch bei der Beschichtung anbieten können. Die wahre Ausnutzung der Hybrid-Technologie ist nur dann gegeben, wenn die Verfahren simultan (nicht nur nacheinander) laufen können. Der Artikel stellt verschiedene industrielle Praxisergebnisse für die Verwendung von Hybrid-Schichten in der Zerspanung vor.

Keine Frage, die PVD-Beschichtungen von Zerspanungswerkzeugen werden von den zwei Hauptverfahren beherrscht, vom ARCCen und Sputtern. Die nicht eindeutig geklärte Frage ist, in welchem Verhältnis diese Methoden (in der Industrie) zum Tragen kommen. Der Anteil von ARCCen wird auf ca. 80 – 85 Prozent geschätzt, der vom Sputtern auf 10 – 15 Prozent. Der Rest kann dem PECVD-Verfahren zugeordnet werden.

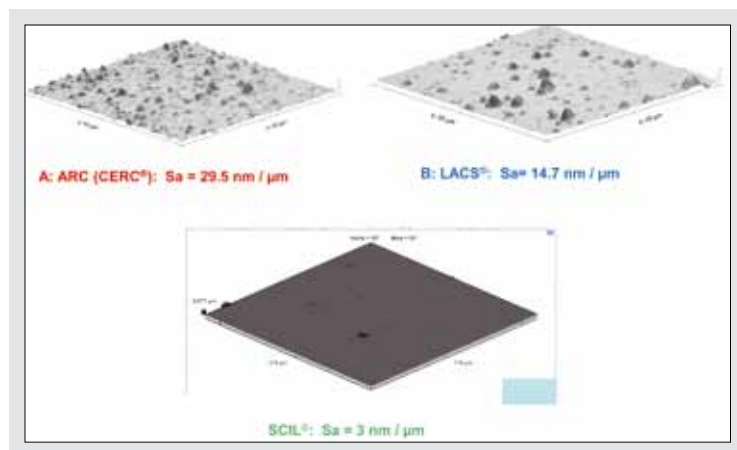
### Was sind die wesentlichen Vor- und Nachteile der zwei wichtigsten Verfahren?

Im Vergleich zum Sputtern erzeugt die ARC-Technologie einen hohen Ionisationsgrad mit hoher Beschichtungsdichte. Sie erreicht eine ausgezeichnete Haftung, mit hoher Beschichtungshärte und eine hohe Produktivität. Aber die ARC-Technologie ver-

ursacht Droplets und daher rauere Beschichtungsflächen. Die Sputtertechnologie erzeugt dagegen viel weniger Droplets und damit glatte Beschichtungsflächen.

Bild 1 vergleicht die typischen Schichtoberflächenrauheiten für die Verfahren:

- ARCCing mit seitlichen und zentralen Kathoden (LARC®: Lateral ARC Rotating Cathodes) und CERC®: (Central Rotating Cathode)
- Sputtering (SCIL®: Sputtering Coating induced by LGD®: Lateral Glow Discharge)



**Bild 1**  
Vergleich der Oberflächenrauheit der Schichten mit unterschiedlichen Abscheidungsverfahren – ARC-, Sputter- und Hybrid-Technologien.

**Dr. Tibor Cselle**  
PLATIT AG, Selzach, Schweiz

**Dr. Andreas Lümekemann**  
PLATIT AG, Selzach, Schweiz

**Mojmir Jilek**  
PLATIT as, Sumperk, Tschechische Republik

- Hybrid-Beschichtung (LACS®: Lateral Arcing and Central Sputtering)

Für die meisten größeren Werkzeuge (größer als Durchmesser 2 mm) können die Droplets mit Hilfe durch Nachpolieren entfernt werden. Dafür stehen mehrere Verfahren zur Verfügung<sup>[1]</sup>, wie z. B.: das Bürsten, das Mikrostrahlen (trocken und nass), das Dragschleifen und das Streamschleifen. Ein Nachpolieren von Mikrowerkzeugen wird nicht möglich oder sehr aufwendig. Dafür empfiehlt sich in erster Linie das Magnetfinischen.

## Wann reden wir über Hybrid-Beschichtung?

Wenn mehrere Verfahren während eines Abscheidungsprozesses (in einem Batch) verwendet werden, erstellt man eine Hybrid-Schicht, um die Vorteile der unterschiedlichen Verfahren auszunutzen und zu kombinieren.

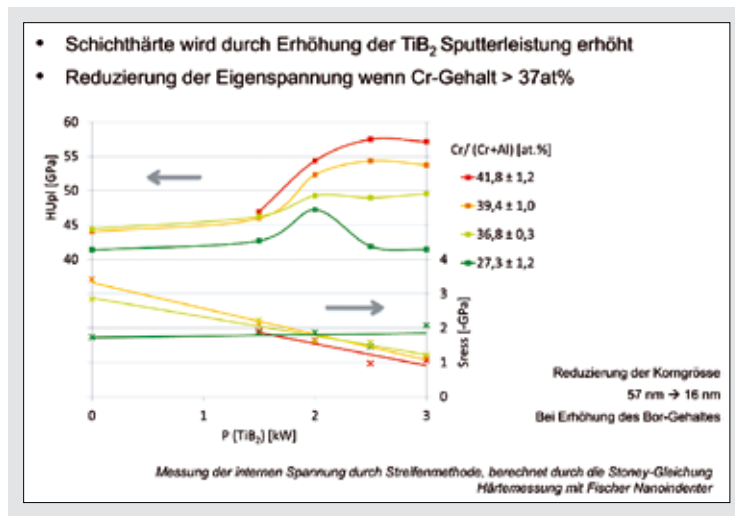
Die Realisierung unterschiedlicher Verfahren mit einer Anlage ist in erster Linie für KMUs wichtig, weil sie ihren größten Vorteil, die Flexibilität, nur dann ausnutzen können, wenn sie im tagtäglichen Betrieb schnell die Schich-

ten wechseln können und wenn sie im Falle eines z. B. konjunkturellen Geschäftswechsels nahtlos reagieren können.

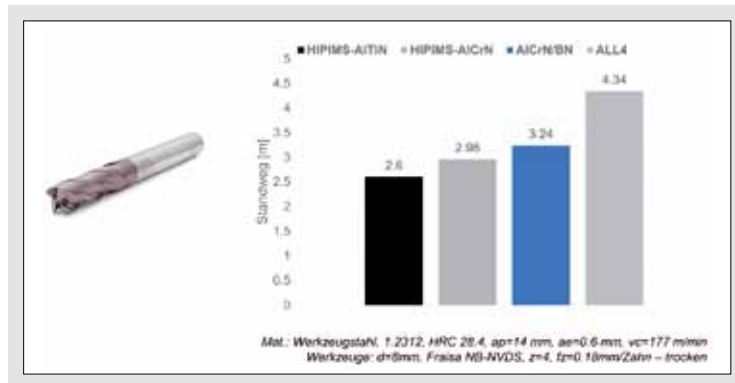
Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Fähigkeit der Hybrid-Anlagen, die verschiedenen Prozesse nur nacheinander oder gleichzeitig verwirklichen zu können. Deswegen unterschieden wir sequenzielle und simultane Hybrid-Anlagen.

Die wahre technologische Revolution liegt im gleichzeitigen Ablauf der Prozesse. Die ARC-Kathoden erzeugen ein hochionisiertes Plasma, das die Ionendichte der gesputterten Partikel enorm verstärkt. Für diese Lösung wird keine teure HIPIMS-Elektronik (High Performance Impulse Magnetron Sputtering) benötigt. Am anschaulichsten sind die Vorteile der Hybrid-Schichten bei dem Doping von ARC-Schichten mit gesputtertem Bor zu erkennen.<sup>[3],[4],[5]</sup> (Bor ist nur ein Beispiel, die Hybrid-Schichten begrenzen sich keinesfalls auf die Verwendung von Bor, was sich fälschlicherweise verbreitet hat.)

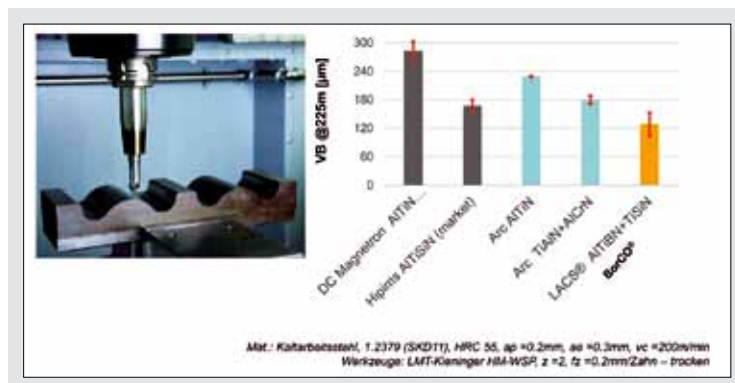
**Bild 2**  
Härte und interne Spannung bei Hybrid-Beschichtung mit Bor.



**Bild 3**  
Anwendung der LACS®-Technologie beim Fräsen von Vergütungsstahl.



**Bild 4**  
Anwendung der LACS®-Technologie mit Bor und Silizium beim Hartfräsen (63 HRC).



Die Hybrid-Schicht BorAC® (AlCrTiN/BN) wurde aus drei ARC-Kathoden und einer Sputter-Kathode simultan abgeschieden, wobei die Sputterleistung in Schritten erhöht wurde (Bild 2). Durch die Verringerung der Korngröße von 57 nm auf 16 nm erhöht sich die Härte bei sinkender Eigenspannung der Schicht. Das ist schon an sich keine Selbstverständlichkeit, im Gegenteil, es ist überraschend und verblüffend.

## Erste Praxisergebnisse mit Hybrid-Schichten hergestellt durch die LACS®-Technologie

Bringen diese Hybridschichten auch eine Standzeitverbesserung für Zerspanungswerkzeuge? Im Vergleich zu konventionellen Standardschichten sind die Ergebnisse mindestens gleichwer-

tig oder leicht besser (Bild 3). Wobei eine hochmoderne, komplexe ARC-Schicht (Quad-Schicht ALL4®) die ersten Versionen der Hybrid-Schicht BorAC® noch schlagen kann.

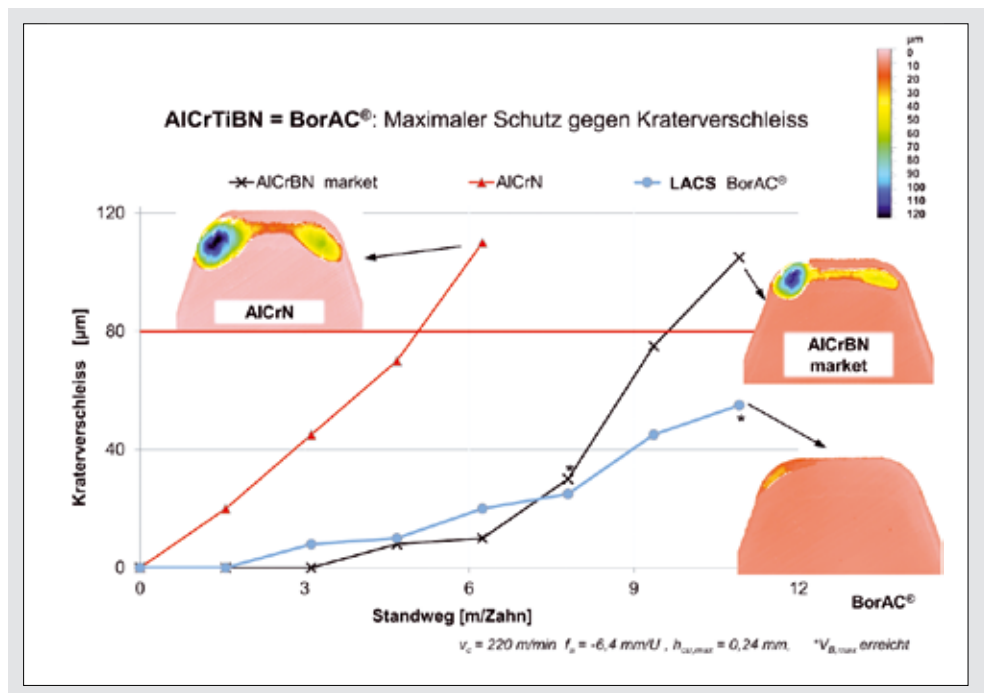
In der Zerspanungstechnik gibt es kein „veni, vidi, vici“ (kam, sah und siegte). Hier braucht es Geduld, um die richtigen Anwendungsfälle und die dazu richtigen Schichten zu finden und zu entwickeln. Hier seien zwei Anwendungsfälle dargestellt, deren Ergebnisse sehr vielversprechend sind.

Beim Hartfräsen ist die hohe Härte der Schicht (mit viel Silizium bis zu 25 %) ausschlaggebend (Bild 5). Die hohe Zähigkeit (die natürlich nur zum Teil durch die niedrigere Eigenspannung gegeben ist) wird dann relevant, wenn das gleiche Werkzeug (mit der gleichen Schicht) für andere Anwendungen auch verwendet wird (Bild 4).

Beim Abwälzfräsen mit hoher Schnittgeschwindigkeit braucht man beides, hohe Härte und hohe Zähigkeit. Das ist das Gebiet, für das die Hybrid-Schicht mit Bor schon jetzt als die beste Lösung anerkannt ist (Bild 5 sowie<sup>[6]</sup>).

Legierte (teure) Kathoden mit Bor (z. B. in AlCrB) können gearct werden. Ist der optimale Legierungsanteil mit Hilfe der Sputterkathode (TiB<sub>2</sub> oder B<sub>4</sub>C) gefunden, kann die Schicht mit hoher Produktivität in die Großserie gehen. Allerdings geht die Flexibilität verloren.

Wie findet man das optimale Verhältnis zwischen Chrom, Aluminium und Bor? Wenn man zu jeder Zusammensetzung die legierten Targets kaufen muss, wird die Entwicklung teuer und langsam. Wenn man die Materialanteile per Schichtprogramm aus den unlegierten Targets frei programmieren kann<sup>[1]</sup>, ist es wesentlich schneller und kostengünstiger.



**Flexible Beschichtungsanlage zur Hybrid-Technologie**

Wozu die Flexibilität? Für ein KMU ist es lebenswichtig. Mit einer Anlage, die modular aufgebaut ist und die mit Optionen schrittweise ausgebaut werden kann, ist viel mehr möglich (Bild 6)<sup>[1]</sup>:

➤ Die Abscheidung von allen Standardschichten (die heute auf dem Markt sind) ist schon mit den drei ARC-Kathoden der eco-Version sehr wirtschaftlich möglich.

➤ Die Option DLC wird heute in erster Linie zur Erzeugung von Schmierschichten als Toplayer verwendet.

➤ Falls die Produktionskapazität mit der eco-Maschine nicht mehr reicht, kann die Turbo-Option 1 – 2 zusätzliche Chargen pro Tag abschneiden.

➤ Wendeschneidplatten werden normalerweise im CVD-Verfahren mit Aluminiumoxid-basierten Schichten beschichtet. Das KMU kann sich bei

**Bild 5**  
Anwendung der LACS®-Technologie beim Abwälzfräsen.

**Bild 6**  
Die Optionen der Hybrid-Beschichtungsanlage Pi411.



seinen kleinen Stückzahlen keine CVD-Anlage leisten. Die OXI-Option löst das Problem.

- Für bestimmte Werkzeuge sind einfache gesputterte (glatte) Schichten nötig, z. B. TiN, TiCN für Gewindebohrer und Tieflochbohrer.
- Entscheidende Vorteile bietet die SCIL®-Option, wenn sie in die LACS®-Option eingebunden wird und von der hohen Ionisationsrate der LGD der ARC-Kathoden (ohne Drop-Letsbildung) profitiert. Dadurch erhöht sich die Leistung der konventionellen Sputterschichten, wie TiB<sub>2</sub> und WC/C.
- Die LACS®-Option kann auch zur Herstellung von konventionellen Schichten, wie AlCrN, verwendet werden. Die gute Haftung sichert das LGD®. Die glatten Schichten werden bei hoher Ionisation des LGD® durch die simultan laufende SCIL®-Kathode erzeugt.
- Spannend wird die LACS®-Technologie durch die Einbindung von thermisch schlecht leitenden „Dopings“ aus der SCIL®-Kathode, wie Bor aus TiB<sub>2</sub> oder B<sub>4</sub>C sowie Si aus SiC.
- Wenn man die Kathoden aus Ringen mit verschiedenen Materialien zusammensetzt, eröffnen sich total neue Wege zur schnellen Schichtentwicklung.

### Ausblick

Technologisch verspricht die Hybrid-Technologie enorm viel. Ob die Chancen genutzt werden, hängt von den Entwicklern und von ihren Managern ab, ob sie die Zeit und die Wege finden, die richtigen Anwendungsgebiete anzupeilen. Der Krönung der Flexibilität ist der nächste Schritt, der sich noch in der Entwicklung befindet. Die SCIL®-Kathode besteht aus Kohlenstoff und verwendet die LACS®-Unterstützung, um harte DLC-also ta:C-Schichten zu erzeugen<sup>[1]</sup>. Diese Schichten erweitern den Anwendungshorizont der Anlage weiter, in Richtung Beschichtung von Maschinenbauteilen. ■

**Weitere Infos:** [www.platit.com](http://www.platit.com)

**Literaturnachweis:** [1] Kompendium, 61. Ausgabe, PLATIT AG, Selzach, 2019 [2] Cselle, T.; Lümekemann, A.; Jilek, M.: From Start-up to Hybrid Revolution, *WerkzeugTechnik*, No. 162, August/2017 [3] Lümekemann, A.; u. a.: Introduction of LACS®-Technology, ICMCTF, B1-2-MoAS, San Diego, May/2019 [4] Zemlicka, R.; u. a.: The New Hybrid LACS®-Technology, PSE, Garmisch-Partenkirchen, Sept/2018 [5] Tritremmel, C.: Microstructure and mechanical properties of nanocrystalline Al-Cr-B-N thin films *Surface & Coatings Technology*; 213, 2012, S. 1–7 [6] Jungblut, F.; u. a.: Beyond HiPIMS – glatte und defektfreie Schichten für besondere Zerspanungsherausforderungen, VDI-Schneidstoffausschuss, Dortmund, Febr/2019.

# Hybrid-Beschichtung zur Zerspanung

**PLATIT®**  
Advanced Coating Systems  
SWISS  QUALITY  
[www.platit.com](http://www.platit.com)

