

PD2i: Die Erfüllung der modernen Anforderungen in der Zerspanung

# Zielgerichtete technologische PVD Schichten

Dr. Pierre Collignon / René Scheibe, COO, PD2i Europe GmbH



Wie allgemein bekannt, tragen PVD Schichten heutzutage einen großen Beitrag in der Performancesteigerung von Zerspanungsaufgaben bei. Hierbei wird vorausgesetzt, immer höhere Limits in der moderneren Zerspanung zu erreichen. Mehrzweckschichten sind jedoch dabei nicht mehr durchgängig in der Lage diese, auf die Applikation und das Werkzeug geforderten zielgerichteten Anforderungen weiter nach vorne zu treiben.

Es ist hierbei nicht mehr ausreichend, die Schicht alleine anhand des zu zerspanenden Materials auszuwählen. Vielmehr muss die Interaktion zwischen dem Bearbeitungsprozess und den Schichtenschaften analysiert und abgestimmt werden. Somit tragen neben dem zu bearbeitenden Material zunehmend die

genaue Applikation, Schnittparameter etc. einen wesentlichen Beitrag im Design und der Auswahl einer geeigneten Schicht. Eine gängige AlTiN Schicht für das Fräsen muss, zur Erreichung von erhöhter Performance, anders designed werden als beispielsweise für Bohranewendungen. Dies setzt sich auch in den verschiedenen Bearbeitungsprozessen fort. Schruppen fordert bekanntermaßen von der Schicht eine hohe Zähigkeit während beim Schlichten der Fokus auf der Verschleißfestigkeit liegt.

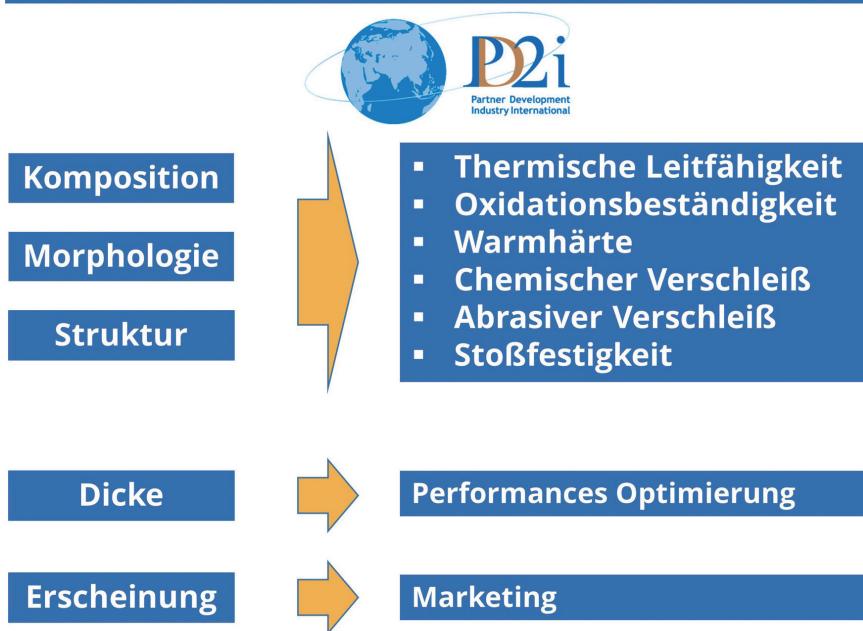
Einige Industriezweige wie z.B. der Automotivsektor, getrieben von Zielen wie Steigerung der Produktivität, Erhöhung des Outputs und Kostensenkung, verlangen nach immer divergierenderen Zerspanungsprozessen wie z.B. der Hartzerspanung, HSC Zerspanung oder die Trockenbearbeitung. Die Erfüllung dessen ist nicht mehr mit den etablierten Multifunktionsschichten zu erreichen und fordert maßgeschneiderte Lösungen: die zweckbestimmten PVD Schichten.

Diese horizontale Produktdiversifikation birgt jedoch für Service Dienstleister in der PVD Branche auch ein gewisses Risiko und kann in diesem Wirtschaftssektor ein Nachteil für die Produktivität darstellen. Hier bedeuten multifunktionale Schichten die Auslastung der Beschichtungsanlagen. Auch Werkzeughersteller erreichen hohen Füllgrade ihrer PVD Beschichtungsanlagen durch Multifunktionale Schichten und die damit verbundene niedrige Inventur zur Erhöhung ihrer Effizienz. Um den steigenden Anforderungen des Marktes gerecht zu werden, bedarf es jedoch der gezielten Einführung von zweckbestimmten Schichten. Insbesondere schwer zerspanbare Materialien versprechen ein enormes Potential an Produktivitätssteigerung.

Durch „Coating Engineering“ zu zweckbestimmten Hochleistungsschichten

Der von PD2i angebotene Service des Schichtengineering analysiert im Detail die wesentlichen Eingangsgrößen und entwickelt auf Basis von verschiedenen Kernparametern, eine auf die Anwendung angepasste PVD Schicht. Die Betrachtung von Festigkeitswerten, Härte oder Zähigkeit des Werkstückmaterials sind zentrale Ausgangspunkte der Analyse. Darüber hinaus wird auch die entsprechende Spanbildung analysiert um beispielsweise den langen Spänen bei weichen Materialien oder Edelstahl, welche Hitze erzeugen und somit Kolkverschleiß verursachen, entgegenzuwirken. Abschließend müssen auch die notwendigen Vor- und Nachbehandlungsmethoden und Prozesse betrachtet und auf das Produkt abgestimmt werden. Scharfe Schneidkanten werden bekanntermaßen benötigt um einer Aufbauschneidenbildung am Werkzeug vorzubeugen.

## Engineering einer Schicht für Zerspanungswerkzeuge



### Rückblick und Ausblick in die Schichtentwicklung

In den letzten 40 Jahren änderten sich die Materialzusammensetzungen der gängigen Mehrzweckschichten wesentlich. In den 80er Jahren bildete TiN den Standard, wurde in den 90er Jahren von AlTiN abgelöst und im 21 Jahrhundert dominieren AlCrN basierte Schichten diesen Markt.

Die Verbesserungen in den Eigenschaften wurde in den vergangenen Jahrzehnten erreicht über:

- Schichtstruktur und Morphologie: Von der Multilage zur Nanolage
- Durch Zugabe von Mikrolegierungen.

Alle diese Mehrzweckschichten haben eins gemeinsam. Es bedarf lediglich 2 Typen von Target Materialien, von dem die Metalle im PVD Verfahren abgetragen werden.

Erste Nachfragen nach zweckbestimmten Schichten erfolgten durch die zunehmende Verbreitung der Hartbearbeitungsverfahren. Im Wesentlichen ist hier die Trockenzerspanung von Werkzeugstahl mit 60 HRC zu nennen, welche eine grundlegende Neugestaltung der Schichten erforderte. Die Schneidkante erreicht hierbei mehr als 1100°C während des Schnitts. So muss die Beschichtung mit dazu beitragen, gegen die hohe Hitze zu schützen und gleichzeitig eine hohe Oxidationsbeständigkeit aufweisen, sowie dem abrasiven Verschleiß entge-

genwirken. Gleichzeitig muss die Schicht jedoch auch eine hohe Zähigkeit aufweisen und darf nicht zu spröde sein. Erzielt werden die geforderten Charakteristiken durch den Einsatz von 2 gänzlich verschiedenen Schichtmaterialien in einer Beschichtung: eine Unterschicht bestehend aus AlTiN und einer Decklage aus TiSiN. Diese Arten von Schichten benötigen mindestens den Einsatz von 3 verschiedenen Target Materialien.

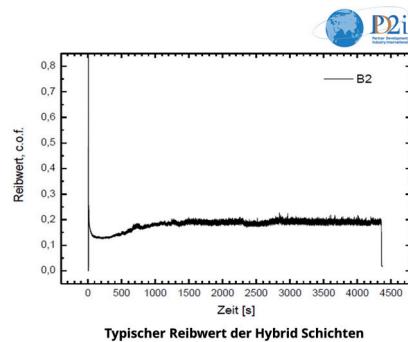
Alle heutigen Hochleistungsschichten, welche einem zweckbestimmten Einsatz zugeordnet sind, bedürfen mindestens 3 verschiedenen Target Materialien, da Unterlage und Toplage verschiedene Eigenschaften aufweisen und gezielte Aufgaben im Verschleißschutz und der

Performancesteigerung übernehmen. Alle gängigen PD2i PVD Beschichtungsanlagen für den gezielten Einsatz in der Zerspanung sind mit bis zu 4 Flanschen ausgestattet, um entsprechend verschiedene Materialien zur Abscheidung aufzunehmen. Dies erlaubt im Umkehrschluss eine hohe Flexibilität und reduziert den Targetwechsel, welcher ca. 15 min in Anspruch nimmt, auf ein Minimum, da jeweils 4 Materialien vorgehalten werden können. Hierdurch können bis zu 5 Beschichtungszyklen in 24 h erreicht werden.

Die Verwendung von bis zu 4 verschiedenen Materialien erlaubte PD2i die Möglichkeit, frühzeitig ein breites Produktspektrum an Hochleistungsschichten marktreif zu entwickeln. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Schichten für den Einsatz in Superlegierungen, Titan oder Grauguss.

### Hybrid Technologie – die insitu Hart- und Schmierstoffschicht

Um die heutigen Marktanforderungen und jegliche Applikationen im Hochleistungsbereich abdecken zu können, reicht die Verwendung einer einzigen Abscheidetechnologie nicht mehr aus.



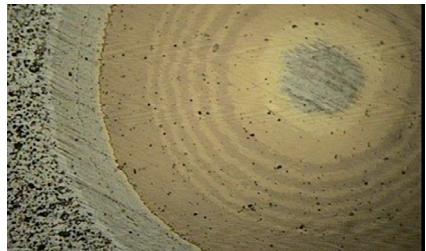
### Auszug aus dem PD2iCoating Guide für zweckbestimmte Hartstoff - Hochleistungsschichten:

| Schicht             | Grund-material          | Eigenschaften   | Temperatur                          | Anwendung  |
|---------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|--|
| <b>Hardmill</b>     | AlTiSiN - Nanolayer     | + 3800 HV<br>+ Warmhärte<br>+ Abrasiver Verschleiß          | 1200°C + hoher Oxidationswiderstand | Hartbearbeitung > 45 HRC<br>✓ Fräsen<br>✓ Drehen<br>✓ Bohren   |
| <b>Micral Cast</b>  | AlTiSiN - Nanolayer     | + 3600 HV<br>+ Warmhärte<br>+ Abrasiver Verschleiß          | 1100°C + hoher Oxidationswiderstand | Grauguss, mi 38 bis 46 HRC<br>✓ Fräsen<br>✓ Drehen<br>✓ Bohren |
| <b>GearCut</b>      | AlTiSin-Gradientenlayer | + 3500 HV<br>+ Warmhärte<br>+ Unterlage mit hoher Zähigkeit | 1100°C + hoher Oxidationswiderstand | Hochgeschwindigkeits-Wälzfräsen – trocken                      |
| <b>Micral Titan</b> | AlCrN - Nanolayer       | + 3600 HV<br>+ Warmhärte<br>+ Hohe Zähigkeit                | 1100°C + hoher Oxidationswiderstand | Titanbearbeitung, Inconel, Edelstahl<br>✓ Fräsen<br>✓ Bohren   |

Die von PD2i entwickelte Hybrid Technologie kombiniert die ARC Verdampfung mit der Sputter-Technologie. Diese Technologie erscheint auf den ersten Blick nicht neu, da erste Schichtvarianten bereits vor mehreren Jahren in Form einer WC/C Deckschicht auf einer AlTiN Grundschicht entwickelt wurden. Diese Verfahrensweise hat zum Nachteil, dass sich die WC/C Schicht, welche eine niedrige Haftfestigkeit, Härte und Wärmebeständigkeit aufweist, schnell verschleißt.

Der PD2i Prozess setzt sich aus 3 Schichten zusammen:

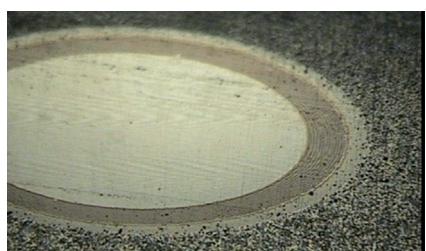
1. Hartstoffsicht zugeschnitten auf den Anwendungsbereich
2. Kombinierte Hartstoffsicht mit eingebetteten Schmierstoffpartikeln (Co-deposition)
3. Reibungsarmer Top Layer.



Hybrid Schicht für Tieflochbohren

- 1. ALTiN
- 2. ALTiN/TiCC
- 3. TiC/DLC

Drehmomentreduktion um 22 %



Hybrid Schicht für Gewindewerkzeuge

- TiAlCN
- TiCN/TiCC
- DLC

#### Auszug aus dem PD2iCoating Guide für zweckbestimmte Hybrid - Hochleistungsschichten:

| Schicht         | Härte Basisschicht | Toplayer Reibwert | Anwendung   |
|-----------------|--------------------|-------------------|---|
| TINAL /DLC      | 3100 HV            | 0.2 – 0.25        | Gewindewerkzeuge für niedrig legierte Stähle, Aluminium und Edelstahl |
| ALTIN Nano /DLC | 3300 HV            | 0.2 -0.25         | Bohren und Fräsen von Aluminium und Kunststoffen                      |
| TINAL /WCC      | 3100 HV            | 0.15 – 0.20       | Gewindewerkzeuge für niedrig legierte Stähle, Aluminium und Edelstahl |
| ALTIN Nano /WCC | 3300 HV            | 0.15 -0.20        | Bohren und Fräsen von Aluminium und Kunststoffen                      |

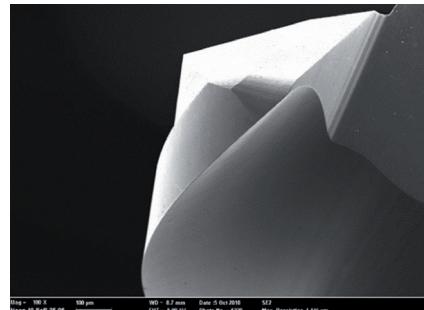
#### Super Hard Carbon Eigenschaften

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Material                 | ta-C mit ~80% sp3 Anteil                  |
| Schichtdicke             | 0,5 bis 1,2 mm                            |
| Schichthärte             | 50 - 60 GPa (5.500 - 6.000 HV)            |
| Reibwert                 | 0,1                                       |
| max. Einsatztemperatur   | 500 °C / 932 °F                           |
| max. Abscheidetemperatur | 120°C / 248 °F                            |
| Farbe                    | Regenbogen bis grau*                      |
| Adhäsion                 | Hervorragend aufgrund HPIES Vorbehandlung |
| Biokompatibilität        | ✓   |
| Korrosionsbeständigkeit  | ✓   |

\* abhängig der Schichtdicke

#### Super Hard Carbon – vom Mikrobohrer bis zum Großwerkzeug

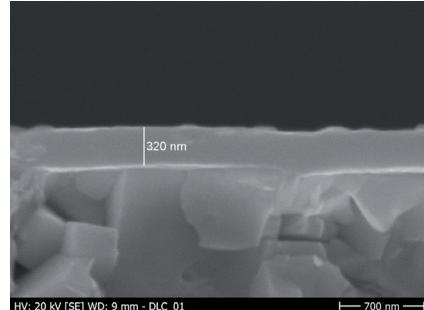
Entwicklungsgrundlage für die erfolgreiche Ta:C Beschichtungsanlage Mpc 500 Ta:C mit ihrer Super Hard Carbon Schicht war die Findung einer wirtschaftlichen und effizienten Lösung zur Zerspanung von Aluminium-Silicium-Legierungen in der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Darüber hinaus verlangt insbesondere die Halbleiterindustrie eine Lösung mit extrem glatten und dichten Schichten, welche idealerweise droplet-frei sind.



Dropletfreie Ta:C Beschichtung



Mpc 500 Ta:C die Lösung für Werkzeughersteller/-schleifer.



Mikrowerkzeug mit Super Hard Carbon

Von der Mpc 500 Ta:C wurden bereits mehrere Anlagen erfolgreich an die Industrie ausgeliefert.

Zusammenfassend muss eine Anpassung der Schicht an die jeweilige Applikation zur zweckbestimmten Verwendung durch (A) eines vorhergehenden Schichtengineering und (B) der Auswahl der geeigneten Technologie zur Abscheidung erfolgen. Um den heutigen industriellen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es dieser horizontalen Produktdiversifikation. Natürlich ist und werden die Multifunktionsschichten auch weiterhin einen zentralen Bestandteil der PVD Schichten bilden und nicht durch die zweckbestimmten Schichten substituiert. (17218-316)