

# FORUM

Ausgabe 3  
Oktober 2020

SCHNEIDWERKZEUG- UND SCHLEIFTECHNIK



## BE- UND ENTSCHICHTEN VON SCHNEIDWERKZEUGEN

GRINDTEC 2020  
„WIR SIND DABEI –  
GERADE JETZT!“

**Anwenderbericht**  
Fertigung mit Biss

**FDPW Aktuell**  
Ein Jahr  
FDPW-Einzelzertifizierung

**Aus- & Weiterbildung**  
Ausbildungsplätze sichern

# WERKZEUGBESCHICHTUNGEN SIND AUS DER ZERSPANUNG NICHT MEHR WEGZUDENKEN

Interview mit Dr.-Ing. Christian Stein vom Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik.



Dr.-Ing. Christian Stein

**Beschichtete Werkzeuge (coated tools) haben sich in den letzten Jahren in der Fertigung zu Problemlösern entwickelt. Verbesserte tribologische Eigenschaften, höhere Standzeiten, weniger Verschleiß sind hier Stichworte. Auch durch die Verwendung von Hightech- und Composite-Materialien sind die Ansprüche an Produktionsverfahren und Werkzeuge rasant gestiegen und diese wirken nun als Katalysator für den Einsatz beschichteter Werkzeuge. Wohin führt die Zukunft des Coatings? Das will das Forum-Magazin im aktuellen Interview von Dr.-Ing. Christian Stein, Gruppenleiter im Be-**

**reich chemische Gasphasenabscheidung beim Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig, wissen.**

**Forum:** Bei etwa zwei Drittel aller vom deutschen Maschinenbau gebauten Maschinen handelt es sich um Spanende Maschinen, auf denen vor allem gebohrt, gedreht oder gefräst wird und hierbei kommen in steigendem Maße beschichtete Werkzeuge zum Einsatz. Kann man von einem Beschichtungstrend sprechen?

**Dr.-Ing. Stein:** Werkzeugbeschichtungen sind aus der Zerspanung nicht mehr wegzudenken und liefern einen wichtigen Beitrag für die effiziente Bearbeitung verschiedenster Werkstoffe der modernen Fertigung. Das zeigt sich auch am Anteil beschichteter Werkzeuge, der seit den 70er Jahren kontinuierlich gestiegen ist. Von den eingesetzten Hartmetallwerkzeugen werden heute mehr als 90% beschichtet, sodass man von einem nachhaltigen Beschichtungstrend sprechen kann.

**Forum:** Die Beschichtung von Werkzeugen war früher den großen Werkzeugkonzernen und Technologieführern vorbehalten. Mittlerweile gibt es schon innovative KMUs, die die Beschichtung von Werkzeugen anbieten. Beschichtungsanlagen sind platzsparend gebaut und „erschwinglich“ geworden, wenngleich die Implementierungskosten immer noch im siebenstelligen Bereich liegen ...

**Dr.-Ing. Stein:** Wir arbeiten am Fraunhofer IST in vielen F&E-Projekten mit innovationsstarken KMUs aus den Bereichen Werkzeugbau und Beschichtung zusammen. Viele KMUs erweitern durch Beschichtungsanlagen ihren Anteil an der Wertschöpfungskette der Werkzeugfertigung und sind häufig auf bestimmte Anwendungsfelder spezialisiert. Hier können sie ihre starke Flexibilität bei der Entwicklung individueller Kundenlösungen ausspielen und durch maßgeschneiderte Lösungen alles aus dem Werkzeug herausholen. Dabei kommt es darauf an, dass die einzelnen

Prozessschritte, wie das Werkzeugschleifen, die Schneidkantenpräparation und das Beschichten, aufeinander abgestimmt sind und die Auslegung der Schichtsysteme als Teil des Werkzeugkonzepts betrachtet wird.

**Forum:** Die vergangenen Jahrzehnte zeigen eine dynamische Wechselwirkung zwischen immer „intelligenteren“ Werkzeugen und der Konstruktion immer flexiblerer Maschinen und Bearbeitungszentren, um die optimierten Werkzeuge hochwirksam einsetzen zu können: Was ist in puncto Beschichtungen noch möglich?

**Dr.-Ing. Stein:** Die verschiedenen Schichtwerkstoffe werden stetig weiterentwickelt, um den wachsenden und insbesondere schnell veränderlichen Anforderungen gerecht zu werden. PVD- und CVD-Beschichtungsverfahren bieten durch ihre hohe Flexibilität zahlreiche Möglichkeiten, die chemische Zusammensetzung, den Schichtaufbau und die Kristallitgröße gezielt einzustellen und die Schichtarchitektur bis in den Nanometerbereich zu beeinflussen. Dadurch lassen sich unter anderem die mechanischen Eigenschaften der Schichten verbessern, also zum Beispiel eine höhere Härte bei gleichbleibender oder sogar erhöhter Bruchzähigkeit erreichen. Zudem kann die Beschichtung genau auf den Grundkörperwerkstoff abgestimmt werden.

Entscheidend ist bei vielen Bearbeitungen die Tribologie zwischen Werkzeugoberfläche und Span. Hier kommt es auf die Vermeidung von Werkstoffanhaftungen und auf die chemische oder thermische Beständigkeit des Werkzeugs an. Durch ein anwendungsgerechtes Schichtdesign lassen sich die Einsatzgrenzen der Werkzeuge deutlich erweitern.

Zusätzliche Möglichkeiten entstehen durch die Weiterentwicklung der Beschichtungsverfahren und -technologien, die zum Bei-

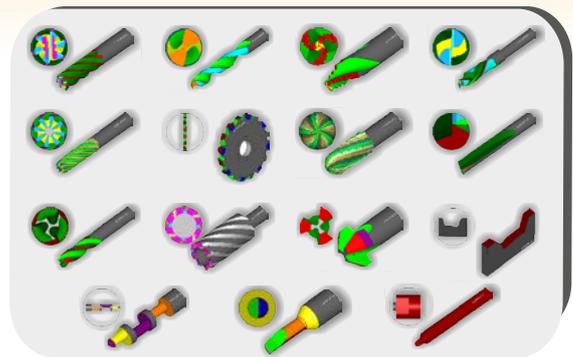
**tool-kit**  
PROFESSIONAL®



Sales/Development/Consulting and Support:

**MTS AG**  
Mathematisch-Technische Software

**tool-kit PROFESSIONAL®**  
bietet für alle Werkzeugfamilien eine einheitliche Lösung:



**NEW: VOLLMER VHybrid 360**  
mit tool-kit PROFESSIONAL® lieferbar



Besuchen Sie die VOLLMER Werke in  
Halle 1 Stand 1006 und 1027.

**two partners - one perfect solution**



[www.vollmer-group.com](http://www.vollmer-group.com)



[www.mtsag.net](http://www.mtsag.net)

spiel zukünftig den industriellen Einsatz von CBN-Werkzeugbeschichtungen ermöglichen könnte, die derzeit nur im Labormaßstab verfügbar sind und über einzigartige Kombinationseigenschaften wie hohe Härte und hohe thermische- sowie chemische Beständigkeit verfügen. Verfahrens- und Technologieentwicklungen können zum Beispiel außerdem dazu beitragen, das hohe Potenzial von Diamantschichten für mehr Werkzeuge, mehr Bearbeitungen und neue Marktsegmente zugänglich zu machen.

**Forum: Gehen wir an dieser Stelle einen Schritt zurück: Was sind aus Ihrer Sicht bahnbrechende Entwicklungen und Meilensteine im Bereich der Werkzeugbeschichtung rückblickend etwa auf die vergangenen 50 Jahre bzw. Jahrzehnte?**

**Dr.-Ing. Stein:** Bahnbrechend sind für mich insbesondere Technologieentwicklungen, die die Basis der heutigen Werkzeugbeschichtungen bilden. Also die Entwicklung und die industrielle Umsetzung von CVD-Werkzeugschichten in den 70er Jahren, zum Beispiel das goldene TiN. In den 80er Jahren die Einführung von PVD-Werkzeugschichten mit deutlich kleineren Prozesstemperaturen und sukzessive der industrielle Einsatz von TiAlN Anfang der 90er Jahre und von CrAlN um das Jahr 2000, die bis heute eine wichtige Basis für moderne Werkzeugbeschichtungen und weitere Entwicklungen wie Multilagensysteme und Nanokomposite darstellen. Ein großer Meilenstein ist aus meiner Sicht außerdem die Industrialisierung von CVD-Diamantschichten in den 90er Jahren, die durch ihre einzigartigen Materialeigenschaften für große Leistungssprünge sorgen und stetig weiterentwickelt werden.

**Forum: Schwer lösbare Zerspanungsaufgaben gibt es ja noch in der Luftfahrt und überall da, wo Matrix- oder Composite-**

**Werkstoffe verbaut sind, dort ist man noch auf der Suche nach geeigneten und vor allem wirtschaftlichen Zerspanungswerkzeugen, hier scheinen ja Diamantwerkzeuge noch das Mittel der Wahl; Anmerkung: Für faserverstärkte Kunststoffe braucht man sehr scharfe Schneiden. Ist das der Grund, warum man auf Diamantwerkzeuge geht, da ja beim Beschichten eine kleine Kantenverrundung entsteht?**

**Dr.-Ing. Stein:** Vor allem braucht man eine verlässliche und über lange Zeit stabile Schneide. Die Eigenschaften von Diamantschichten sind einzigartig, was die Härte und Verschleißbeständigkeit angeht und reichen an natürliche Diamanten heran. Mit der richtigen Bearbeitungsstrategie kann man – auch bei Compositwerkstoffen – mit einer zwar leicht verrundeten, aber dafür verlässlichen und soliden Diamantschneide, häufig sehr gute Ergebnisse erzielen. Für andere Werkstückstoffe und Bearbeitungen, wie zum Beispiel beim Trennen sehr dünner Fasern, sind schärfere Schneiden das Maß der Dinge und hier sind Schicht- und Technologieentwickler gefordert, um alle Möglichkeiten auszureizen. Die Nachbearbeitung von Beschichtungen ist eine weitere Möglichkeit. Verschiedene Anbieter setzen zum Beispiel Laserverfahren ein, um Diamantschichten nachzuschärfen.

**Forum: Wenn ein beschichtetes Werkzeug nachgeschliffen werden muss geht die Schicht verloren. Ist es generell ratsam die „alte“ Schicht komplett zu entfernen, bevor wieder beschichtet wird?**

**Dr.-Ing. Stein:** In der Regel ja, denn so lässt sich die neue Beschichtung mit guten Hafteigenschaften aufbringen und eine mit dem Neuzustand vergleichbare Leistungsfähigkeit erreichen. Ideal ist es, wenn die chemische Entschichtung bereits vor dem Nachschleifen erfolgt. So können chemische Angriffe und Schädigungen der Werkzeugoberfläche vermieden und eine gute Anbindung der Beschichtung erreicht wer-

den. Die Entschichtung ist ein elementarer Teil der Technologiekette zur Regenerierung von Werkzeugen.

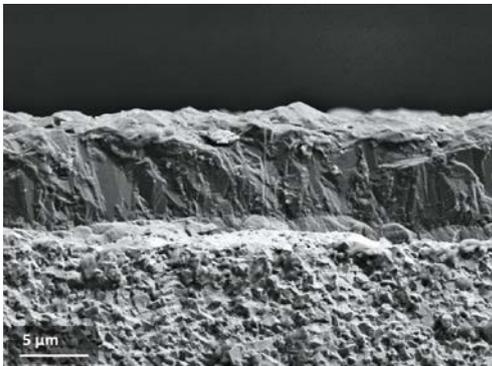
**Forum: Es sind vor allem Multifunktionswerkzeuge mit denen komplexe Geometrien gefertigt werden können, wozu früher mehrere Werkzeuge notwendig waren. So spart man Werkzeugwechselzeiten ein. Stellen filigrane Geometrielemente an solchen Werkzeugen die Beschichter vor besondere Herausforderungen?**

**Dr.-Ing. Stein:** Die Beschichtung komplexer und filigraner Geometrien mit gleichmäßiger Schichtdickenverteilung kann für die etablierten Beschichtungsverfahren eine Herausforderung darstellen. Die verschiedenen PVD- und CVD-Verfahren haben dabei unterschiedliche Limitierungen, aber auch weitreichende Optimierungsmöglichkeiten durch speziell angepasste Prozesse und Komponenten. Multifunktionswerkzeuge erfordern es, dass die Beschichtungen in einem breiten Feld unterschiedlicher Belastungen funktionieren und unterliegen damit häufig höheren Anforderungen im Vergleich zu Standardwerkzeugen.

**Forum: Immer höhere Mobilität war in den letzten 140 Jahren maßgeblicher Innovationstreiber: Die Eisenbahn, der Flugzeugbau, das Automobil und jüngst die neue Generation von Zweirädern sind hierfür Beispiele. Mobilitätsanspruch einhergehend mit wachsender Weltbevölkerung, mangelndem Wohnraum und schwindenden Ressourcen treibt im Engineering die Trends „Miniaturisierung“ und „Downsizing“ an – Felder für die Beschichtung?**

**Dr.-Ing. Stein:** Durch Technologietrends entstehen neue Herausforderungen und auch neue Möglichkeiten für die Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen. Beim Downsizing von Motoren werden z.B. bestimmte Komponenten deutlich stärker be-

lastet, sodass spezielle Werkstoffe eingesetzt werden müssen. Für deren Bearbeitung sind wiederum die passenden Werkzeug- und Schichtsysteme zu entwickeln. Weitere Möglichkeiten für die Beschichtung ergeben sich bei hochbelasteten Bauteilen, die zunehmend aus ressourcenschonenden Werkstoffen hergestellt werden und vor vorzeitigem Verschleiß geschützt werden müssen. Auch die effiziente Produktion von Systemen mit wachsendem Marktanteil, wie Elektromotoren oder Batterieelektroden, stellt völlig neue Anforderungen an die Verarbeitungs-



Die Abbildung zeigt ein Diamantschichtsystem mit einer speziellen Zwischenschicht auf einem Hartmetallwerkzeug (WC-Co) mit hohem Binderanteil, wie es vom Fraunhofer IST in Braunschweig gerade untersucht worden ist.

prozesse und treibt insbesondere die Entwicklung neuer Werkzeugkonzepte und neuer Beschichtungslösungen voran.

**Forum: Die unterschiedlichen Beschichtungsverfahren stehen ja im Ruf sehr energieintensiv zu sein; zudem kommen dabei giftige Chemikalien zum Einsatz. Kann man Beschichtung überhaupt Ressourcen schonend betreiben?**

**Dr.-Ing. Stein:** Aus meiner Sicht wird gerade durch den Einsatz von Beschichtungen ein sehr entscheidender Beitrag zur Schonung von Ressourcen und Umwelt geleistet. Der Material- und Energieeinsatz bei der Schichtherstellung ist gering im Vergleich zu den enormen Einsparungen, die durch deutlich effizientere Produktionsprozesse und verlängerte Werkzeuglaufzeiten oder Produktlebenszeiten erzielt wer-

den. Selbstverständlich ist es ebenfalls notwendig, Beschichtungsprozesse kritisch zu hinterfragen und umweltfreundliche Varianten vorzuziehen bzw. gezielt zu entwickeln. Ich bin überzeugt, dass wir mit der Beschichtungstechnologie einen starken Hebel in der Hand haben, um die Umweltbilanz der Endprodukte, und auf die kommt es letztendlich an, entscheidend zu verbessern.

**Forum: An welchen Schichttypen und Verfahren arbeitet das Fraunhofer IST gerade, welche sehen Sie als Erfolg versprechend an?**

**Dr.-Ing. Stein:** Unsere Forschungsarbeiten am Fraunhofer IST umfassen ein breites Spektrum von CVD- und PVD-Beschichtungen für unterschiedlichste Werkzeuge, sowohl für die Zerspanung, als auch für die Ur- und Umformung von Metallen, Polymeren und Faserwerkstoffen. Für unsere Kunden entwickeln wir Lösungen, die häufig ein spezielles Anforderungsprofil erfüllen müssen. Unser Angebot reicht von verschleißfesten Antihafschichten über maßgeschneiderte Lösungen für spezielle Werkstoffe, Bearbeitungsprozesse und Einsatztemperaturen bis hin zur Entwicklung von superharten Schichtsystemen wie z.B. von Diamantschichtsystemen mit einer Härte von bis zu 10.000 HV. Aktuell arbeiten wir u.a. daran, das Einsatzspektrum von Diamantschichten zu erweitern, indem wir durch Prozessentwicklungen und gezieltem Schichtdesign neue Werkstoffe mit Diamant beschichtbar, das heißt kompatibel machen. Ein vielversprechender Ansatz sind spezielle Zwischenschichtsysteme, die die Diamantbeschichtung von Hartmetallen selbst mit hohen Cobaltgehalten ermöglichen, ohne dass das Werkzeug durch eine Reduktion des Binders in der Randzone geschwächt wird, was bei konventionellen Prozessen derzeit nicht vermieden werden kann (siehe Abbildung). Außerdem beschäftigen wir uns mit der Laserstrukturierung

von Werkzeugen und Beschichtungen, zum Beispiel um die Bildung von Aufbauschneiden zu verhindern und den Spanfluss zu verbessern. Ein Forschungsfeld mit sehr hohem Potenzial ist aus meiner Sicht die Einbindung der Werkzeug- und Schichtentwicklung in die übergeordnete Betrachtung des gesamten Zerspanprozesses. Dabei geht es zum Beispiel darum, während der spanenden Formgebung die Oberflächengüte und insbesondere die Werkstoffrandzone gezielt einzustellen und so die Bauteileigenschaften und deren Lebensdauer zu verbessern. Dafür sind genau definierte Zerspanprozesse und insbesondere adaptierte und robuste Werkzeuge und Beschichtungen notwendig.

**Forum: Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass in absehbarer Zeit jeder Werkzeughersteller oder Nachschleifbetrieb eine „Ready to use“-Beschichtungsanlage betreibt?**

**Dr.-Ing. Stein:** Ich halte es für wahrscheinlich, dass die Verbreitung von Beschichtungsanlagen wächst, weil viele Werkzeughersteller und Nachschleifbetriebe von einer Erweiterung ihres Angebots profitieren und auch der Logistikaufwand reduziert wird. Ich glaube aber nicht, dass zukünftig jeder dieser Betriebe eigene Beschichtungen anbieten wird, weil trotz der hohen Flexibilität moderner Anlagen nicht alle Anbieter die Produktionskapazität voll auslasten können. Außerdem wird ein breites Spektrum an sehr verschiedenen Beschichtungen nachgefragt, die mit unterschiedlichen Technologien und Verfahren hergestellt werden und nicht in einer universellen Beschichtungsanlage bereitgestellt werden können. ■

AUTOR

Tilo Michal

## BESCHICHTUNGEN

Mittlerweile ist die Beschichtung von Werkzeugen „Standard“ um Materialeigenschaften zu verbessern und die Prozess-Performance zu steigern. Die wichtigsten Beschichtungen im Überblick: Monokristalliner Diamant (MKD), Polykristalliner Diamant (PKD), CVD-D-Diamant, Kubisches Bornitrid (CBN) und Titan basierte Schichten.

**DIAMANTSCHNEIDSTOFFE** lassen sich in zwei Hauptgruppen trennen, Mono- und Polykristallin, wobei sich Polykristallin wieder in zwei Untergruppen aufteilt: Monokristalline Diamanten finden ihren Einsatz im Bereich Finish und Superfinish. Beste Oberflächen und höchste geometrische Genauigkeiten der Bauteile stehen im Vordergrund. Ein hohes Spanvolumen ist diesen Kriterien untergeordnet.

**POLYKRISTALLINE DIAMANTSCHNEIDSTOFFE, PKD UND CVD-D**, unterscheiden sich in erster Linie durch die Herstellungsmethode und dem strukturellen Aufbau. PKD beschreibt eine Schneidstoffgruppe, in der die Diamanten als Körnung in einer Metallmatrix versintert sind. Jedes einzelne Korn für sich ist monokristallin. Durch die Variation der Körnungen werden unterschiedliche Eigenschaften erzeugt.

**CVD-D (CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION)** wird aus der Gasphase abgeschieden. Das nachgeführte „D“ steht für Dickschicht, um die Abgrenzung zur klassischen Diamantbeschichtung sicherzustellen. Dickschicht beschreibt die Stärke (0,3 – 1 mm) des Schneidstoffs, der zur Weiterbearbeitung auf das Hartmetall-Trägerwerkzeug gelötet wird.

**CBN- (CUBISCHES BORNITRID)** Substrate haben aufgrund der Zusammensetzung unterschiedliche Eigenschaften. Diese sind für den jeweiligen Einsatzfall konfiguriert.

**TITANBESCHICHTUNGEN** sind eine chemische Verbindung der Elemente Titan und Stickstoff. TiN ist ein metallischer Hartstoff von typisch goldgelber Farbe. Das keramische Material zeichnet sich durch sehr große Härte und Korrosionsbeständigkeit aus, woraus sich eine Reihe technischer Anwendungen ergeben, wie etwa auf HSS-Bohrern, Wendeschneidplatten oder Stanzwerkzeugen.

## BESCHICHTUNGSVERFAHREN

### PHYSICAL VAPOUR DEPOSITION (PVD)

PVD-Verfahren finden im Hochvakuum statt. Dabei wird ein Metall, z.B. Titan, in den dampfförmigen Zustand überführt. Durch Zugabe eines Reaktionsgases, (z.B. Stickstoff), bildet sich auf den Werkzeugoberflächen dann eine dünne, harte und außergewöhnliche fest haftende Schicht. (z.B. TiN = Titannitrid). Die einzelnen PVD-Verfahren unterscheiden sich untereinander nur durch die Art der Metall-Verdampfung.

### CHEMICAL VAPOUR DEPOSITION (CVD)

Die Hochtemperaturbeschichtung (CVD) bedeutet eine umfassende Wärmebehandlung der fertigen Werkzeuge. Die hohen Beschichtungstemperaturen (800 – 1.000 °C) bieten Vorteile in Bezug auf Diffusion und Entspannung. Die eigentliche Stärke der bei hohen Temperaturen aufwachsenden Schichten liegt in Ihrer sicheren, hochfesten Haftung auf den Trägerwerkstoffen. ■

## WEITERE INFORMATIONEN

→ <https://fdpw.de/wiki/Beschichten>

