

Schneidstoffe ■ Aluminiumbearbeitung ■ Produktivitätszuwachs

# Gleitfähig und stark

Es wurde eine DLC-Beschichtung entwickelt, die zur Trockenbearbeitung von Aluminiumlegierungen verwendet werden kann. Der Schneidstoff ermöglicht eine umweltfreundliche, gleichmäßige und hochwertige Bearbeitung. Zudem verlängert er die Werkzeugstandzeit.

von Satoshi Mori

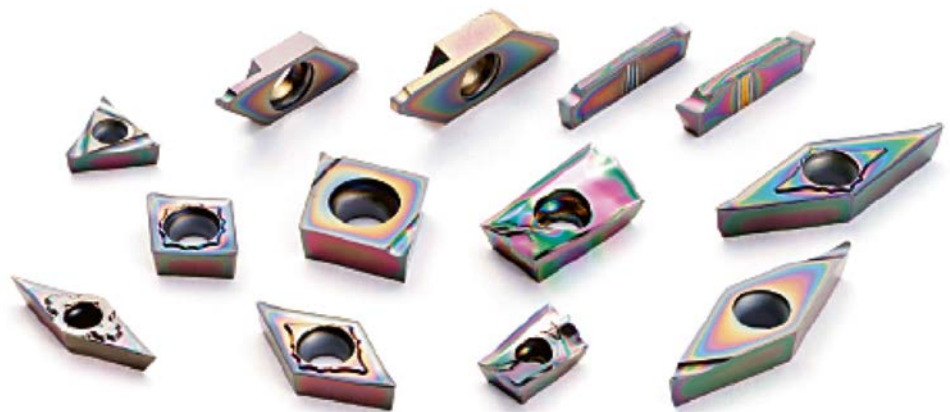
In der Zerspanungsindustrie gibt es mittlerweile verschiedene Ansätze, den Einsatz umweltbelastender Kühlflüssigkeiten zu reduzieren oder durch die Trockenbearbeitung abzulösen. Besonders bei der Bearbeitung von Aluminiumlegierungen, die in der Automobilbranche verwendet werden, entstehen an der Schneidkante häufig Kaltaufschweißungen, was durch das Verwenden von Kühlflüssigkeiten vermieden werden soll. Doch um ein Werkstück trocken zu bearbeiten, ist ein kostspieliges Diamantwerkzeug erforderlich.

Vor Kurzem wurde ein neues Beschichtungsmaterial namens DLC (Diamond-Like Carbon) entwickelt, das über diamantähnliche Eigenschaften verfügt. DLC ist ein amorpher Kohlenstoff, der sich aus diamantartigen  $sp^3$ -Bindungen und  $sp^2$ -Grafitbindungen zusammensetzt. Die physikalischen Eigenschaften von DLC sind – im Gegensatz zu Diamant – variabel und abhängig vom Wasserstoffanteil und dem Verhältnis der  $sp^3$ - und  $sp^2$ -Anteile [1].

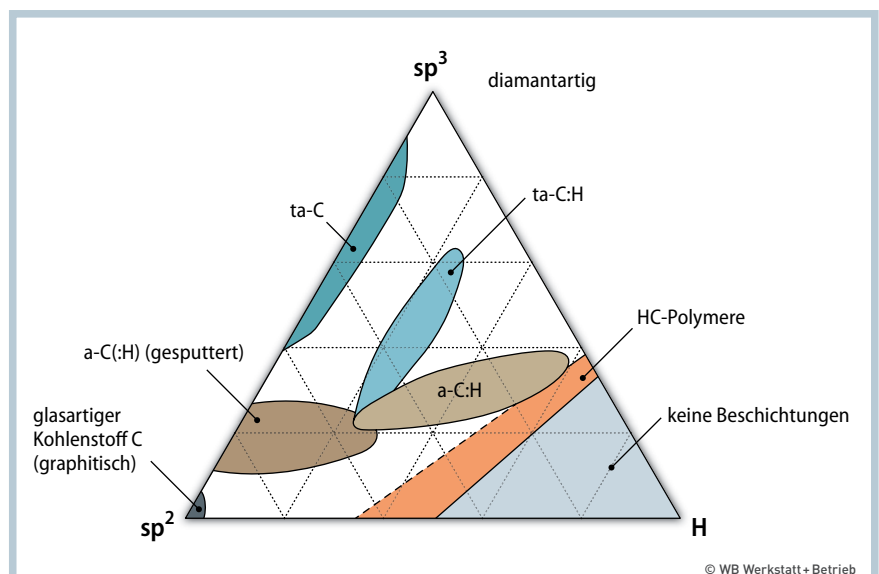
## Der niedrige Reibungskoeffizient von DLC ist bei Alu klar von Vorteil

Dank dieser vielseitigen Eigenschaften bietet eine DLC-Beschichtung zahlreiche Vorteile wie

- eine hohe Verschleißbeständigkeit
- einen niedrigen Reibungskoeffizienten
- eine hohe chemische Beständigkeit
- positive Gasbarriere-Eigenschaften
- eine geringe Bindungsaffinität
- eine hohe Infrarotdurchlässigkeit



1 Verschiedene Wendeschneidplatten mit der innovativen Schneidstoffsorte PDL025 aus feinkörnig gesintertem, DLC-beschichtetem Hartmetall. Sie sind ausgelegt für hochwertige Dreh-, Fräs- und Abstechoperationen in Aluminium bei langer Standzeit (© Kyocera)



2 Diagramm zur DLC-Klassifizierung. Eine DLC-Beschichtung kann mittels unterschiedlicher Methoden aufgebracht werden, wobei sich der Wasserstoffanteil und das Verhältnis der  $sp^3$ -/ $sp^2$ -Bindungen bei bestimmten Methoden ändern (© Kyocera)

■ und eine glatte Oberfläche. Die DLC-Beschichtung hat breite industrielle Verwendung gefunden.

Aufgrund ihrer großen Härte und ihres niedrigen Reibungskoeffizienten sind DLC-Beschichtungen in der Zerspanungsindustrie besonders für die Bearbeitung von Aluminium geeignet, das – wie erwähnt – zu Kaltaufschweißungen neigt [2]. Kyocera mit deutschem Sitz in Neuss hat nun eine DLC-Beschichtung entwickelt, die zur Trockenbearbeitung von Aluminiumlegierungen verwendet werden kann. Diese Beschichtung ermöglicht eine umweltfreundliche, gleichmäßige und hochwertige Bearbeitung. Darüber hinaus verlängert sie die Standzeit des Werkzeugs. Die Beschichtung wurde mit dem einzigartigen Beschichtungsprozess von Kyocera auf Grundlage des PVD-Beschichtungsverfahrens entwickelt.

PDL025 heißt die Schneidstoffsorte aus feinkörnig gesintertem Hartmetall mit DLC-Beschichtung, deren Eigenschaften und Produkte (Bild 1) im Fol-

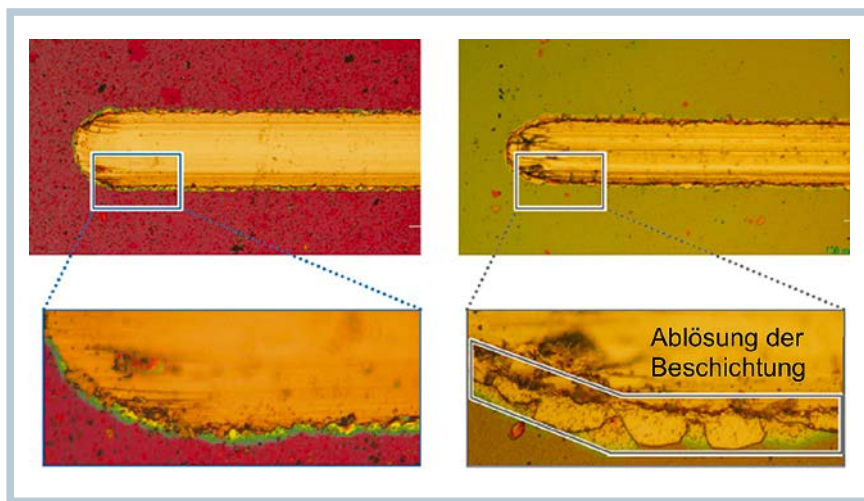
genden näher betrachtet werden sollen, ebenso wie einige Anwendungsbeispiele.

**Hohe Härte und gute Haftfestigkeit sind zentrale Schichteigenschaften**

Bild 2 zeigt ein Diagramm der drei DLC-Phasen: sp<sup>2</sup>-hybridisierte Bindungen, sp<sup>3</sup>-hybridisierte Bindungen und Wasserstoff [3]. DLC ist wasserstofffrei und verfügt über einen sp<sup>3</sup>-Anteil von mehr als 60 Prozent. Es wird als ta-C (tetraedrischer amorpher Kohlenstoff) klassifiziert.

Eine DLC-Beschichtung kann mittels unterschiedlicher Methoden aufgebracht werden, wobei sich der Wasserstoffanteil und das Verhältnis der sp<sup>3</sup>-/sp<sup>2</sup>-Bindungen bei bestimmten Methoden ändern. Da für die DLC-Beschichtung von Zerspanungswerkzeugen ein großer Härtegrad erforderlich ist, bestehen sie in der Regel aus wasserstofffreiem ta-C.

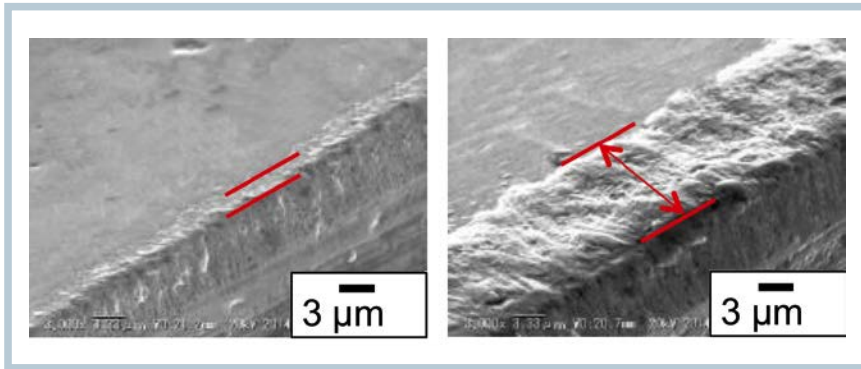
Mithilfe der speziellen Beschichtungstechnologie von Kyocera wurde für PDL025 eine ta-C-Beschichtung mit einer Härte von 80 GPa entwickelt, die »



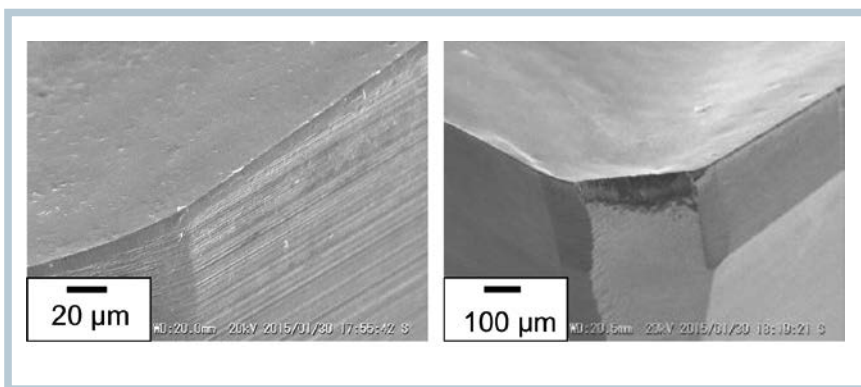
3 Ergebnisse eines Kratztests zur Ermittlung der Haftfestigkeit der Schicht. Links: neuer Schneidstoff PDL025, rechts: Produkt eines Mitbewerbers A (© Kyocera)



4 Späne aus der Bearbeitung einer Aluminiumlegierung A5052. Die Späne, die mit dem Schneidstoff PDL025 erzeugt wurden, sind glänzend und spiralförmig (links), wogegen das Werkzeug aus unbeschichtetem Hartmetall matte Späne erzeugt (© Kyocera)



**5** REM-Aufnahmen von Schneidkanten nach der Bearbeitung der Aluminiumlegierung A5052 mit PDL025 (links) und mit dem DLC-Produkt eines Mitbewerbers B. Links sind weit aus weniger Kaltaufschweißungen vorhanden (markierter Bereich) (© Kyocera)



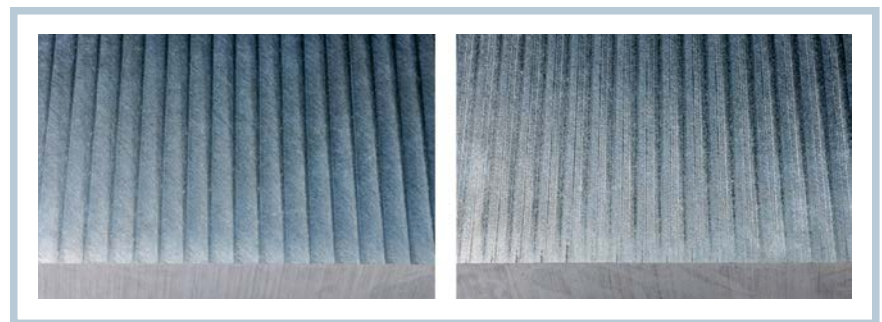
**6** REM-Aufnahmen der Schneidkanten nach 25 m Bearbeitung der Alu-Legierung A7075 mit PDL025 (links) und nach 11 m mit dem DLC-Produkt eines Mitbewerbers C. Zeigte C trotz deutlich kürzerer Strecke Mängel, traten solche bei PDL025 auch nach 25 m nicht auf, und Kaltaufschweißungen gab es kaum (© Kyocera)

mit Diamant vergleichbar ist. PDL025 ist aufgrund dieser extremen Härte ideal für die Bearbeitung von Aluminium.

Die Haftfestigkeit ist eine weitere zentrale Kenngröße von DLC-Beschichtungen; sie wurde in zahlreichen Studien untersucht. Dank einer speziellen Vorbehandlung und des besonderen Beschichtungsprozesses verfügt PDL025 über eine ausgesprochen hohe Haftfestigkeit. Bild 3 zeigt die Ergebnisse eines Kratztests im Vergleich mit einem DLC-beschichteten Wettbewerbsprodukt.

Beim Kratztest mit bis zu 80 N weist PDL025 keine Schäden an der Beschichtung auf. Die Haftfestigkeit ist sehr hoch. Bei dem Produkt eines Mitbewerbers A

kommt es dagegen zur Ablösung der DLC-Schicht. Dieses Ergebnis belegt die bessere Haftfestigkeit von PDL025, die



**7** Nach 51 m der Bearbeitung von A6061 mit PDL025 erwies sich die Oberfläche als noch einwandfrei. Das Werkzeug eines Mitbewerbers D zeigte jedoch schon nach 12 m Kaltaufschweißungen; zudem war dort die bearbeitete Oberfläche matt (© Kyocera)

für Zuverlässigkeit und hohe Effizienz bei der Bearbeitung von Aluminium sorgt.

Der nächste Vorteil von PDL025 – neben der hohen Härte und der exzellenten Haftfestigkeit – ist ein niedrigerer Reibungskoeffizient. In einem Kugel-Scheibe-Test wurde mit Aluminium-A5052-Kugeln ein Reibungskoeffizient von höchstens 0,15 ermittelt. Das zeigt, dass DLC im Unterschied zu konventionellen PVD-Beschichtungen äußerst schmierfähig ist.

Ein niedriger Reibungskoeffizient ermöglicht eine gute Späneabfuhr und verhindert Aluminium-Kaltaufschweißungen an der Schneidkante. Bild 4 zeigt die Späne einer A5052-Bearbeitung. Die Späne, die durch PDL025 entstehen, sind glänzend und spiralförmig, wogegen mit dem Werkzeug aus unbeschichtetem Hartmetall matte Späne entstehen.

Es gibt bereits eine Reihe von praktischen Anwendungsbeispielen, die die Leistungsfähigkeit von PDL025 belegen. Beispielsweise wurde ein entsprechender MEC-Schaftfräser von Kyocera zur Eckbearbeitung von Aluminiumblöcken aus Legierungen mit geringem Siliziumanteil verwendet.

In einem Fall wurde die Aluminiumlegierung A5052 mit einer Schnittgeschwindigkeit von 800 m/min und einem Vorschub von 0,1 mm/Zahn für eine Dauer von 150 min bearbeitet. Bild 5 zeigt REM-(Rasterelektronenmikroskop-) Aufnahmen der Schneidkanten von

Spannende Videos zur spanenden Fertigung.

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

**WB** Werkstatt + Betrieb  
Zeitschrift für spanende Fertigung

PDL025 und des DLC-beschichteten Werkzeugs eines Mitbewerbers B. An der Schneidkante von PDL025 entstanden weitaus weniger Kaltaufschweißungen als am Werkzeug des Mitbewerbers. Darüber hinaus ermöglicht PDL025 eine bessere Oberflächengüte.

#### Weniger Kaltaufschweißungen beim Bearbeiten von A5052 und A7075

In einem anderen Fall wurde die Aluminiumlegierung A7075 mit einer Schnittgeschwindigkeit von 500 m/min und einem Vorschub von 0,2 mm/Zahn bearbeitet. Bild 6 zeigt REM-Aufnahmen der Schneidkanten von PDL025 und des DLC-beschichteten Werkzeugs von Mitbewerber C. Letzteres wies nach einer Bearbeitungsstrecke von 11 m Mängel auf. Die Schneidkante von PDL025 dagegen zeigte auch nach einer Bearbeitungsstrecke von 25 m keinerlei Mängel, und das Aluminium verursachte kaum Kaltaufschweißungen. Der Test illustriert die sehr gute Resistenz gegenüber Aufschweißungen, den exzellenten Ablösewiderstand sowie die mehr als doppelt so lange Standzeit des PDL025-Werkzeugs im Vergleich zu dem des Mitbewerbers.

Und noch ein drittes Beispiel. Diesmal wurde die Aluminiumlegierung A6061 mit einer Schnittgeschwindigkeit von 800 m/min und einem Vorschub von 0,1 mm/Zahn bearbeitet. Bild 7 zeigt beide Bearbeitungsoberflächen im Vergleich. PDL025 war nach 51 m noch einwandfrei, wogegen das Werkzeug von Mitbewerber D nach 12 m Kaltaufschweißungen aufwies. Außerdem war die bearbeitete Oberfläche matt. Werkzeug D verursachte an der Schneidkante Kaltaufschweißungen und konnte von Beginn an keine hohe Oberflächengüte erzielen. PDL025 zeigte dagegen auch nach der mehr als vierfachen Bearbeitungsdauer keine Aufschweißungen und erreichte eine höhere Oberflächengüte.

#### 1,4-fach längere Standzeit erreicht und Vorschubsteigerung realisiert

Die folgenden Praxisbeispiele sollen illustrieren, wie Kunden bereits von den Vorteilen von PDL025 profitiert haben.

Im ersten Fall ermöglichte PDL025 beim Bearbeiten eines A5052-Aluminiumblocks mit einer Schnittgeschwindigkeit von 450 m/min und einem Vorschub von 0,15 mm/Zahn eine 1,4-fach längere Standzeit und verursachte weniger Kalt-

aufschweißungen als konventionelle Werkzeuge. Zudem sorgte der Schneidstoff für eine höhere Oberflächengüte – auch an den Innenseiten und auf dem Boden des Werkstücks.

Im zweiten Fall ergab sich der Vorteil primär aus einem höheren Vorschub. In der Regel werden die Oberflächen der Aluminiumlegierung A6063 mit einer Schnittgeschwindigkeit von 1570 m/min und einem Vorschub von 0,024 mm/Zahn bearbeitet. Doch PDL025 erzielte auch bei einem höheren Vorschub von 0,04 mm/Zahn einwandfreie Ergebnisse. Außerdem konnte der Kunde dank der hervorragenden Oberflächengüte auf einen Schlichtvorgang verzichten, was die Bearbeitungszeit um 20 Prozent je Werkstück reduzierte.

Wie beschrieben ermöglicht PDL025 eine bedeutend längere Standzeit sowie eine hochwertigere Bearbeitung als Hartmetallwerkzeuge ohne DLC-Beschichtung. Doch auch im Vergleich zu DLC-beschichteten Werkzeugen anderer Anbieter überzeugen Standzeit und Oberflächengüte. Aufgrund seiner großen Härte und hohen Aufschweißresistenz erreicht PDL025 höhere Oberflächengüten als üblich und reduziert die Kosten der Aluminiumbearbeitung.

Als Anwender sollte man sich diese Vorteile nicht entgehen lassen. ■

## INFORMATION & SERVICE



### HERSTELLER

#### Kyocera Unimerco Tooling GmbH

41460 Neuss  
Tel. +49 2131 1637-0

[www.kyocera.de](http://www.kyocera.de)  
AMB Eingang Ost, E 2-224

### LITERATUR

- [1] *Saito, H.*: DLC Film Handbook, NTS
- [2] *Otake, N.*: Applied Technology of DLC, CMC Publishing
- [3] *Robertson, J.*: Materials Science and Engineering, R 37/2002, 129–281

### DER AUTOR

**Satoshi Mori** ist Mitarbeiter der Abteilung Forschung & Entwicklung Zerspanungswerkzeuge bei der Kyocera Corporation in Kyoto/Japan  
[Satoshi.Mori@Kyocera.jp](mailto:Satoshi.Mori@Kyocera.jp)

### PDF-DOWNLOAD

[www.werkstatt-betrieb.de/1494538](http://www.werkstatt-betrieb.de/1494538)