



**1** Das Nachschleifen rotativer Zerspanungswerkzeuge gehört zu den anspruchsvollsten Aufgaben in der Fertigungstechnik. Vor der Wiederbeschichtung erfolgt nebst dem Nachschliff der Makrogeometrie auch die Wiederherstellung der Mikrogeometrie

(© Gühring)

Werkzeugbeschichtung ■ Werkstoffe ■ Sortenspezifikation

## Auf Sonderwünsche eingestellt

Hochspezialisierte Hartstoff-Beschichtungen haben die Fähigkeiten von Werkzeugen zum Bohren, Reiben und Gewindefertigen auf ein neues Niveau gehoben. Und die Entwicklung geht weiter. Maßstab für weitere Leistungssteigerungen ist die Spezifik des Anwendungsfalls.

von Jasmin Herter und Gunar Giersch

**D**ie Ausdifferenzierung der in der Metallbranche verwendeten Werkstoffe erfordert nicht nur eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Schneidstoffe und Werkzeuggeometrien, sondern auch der Verschleißschutzbeschichtungen und deren Herstellungstechnologien. Die Stellschraube Beschichtung kann die Leistung von Zerspanungswerkzeugen weiter signifikant verbessern. Steigerungen um den Faktor zwei bis drei sind nicht ausgeschlossen.

Die Präsentation der weltweit ersten Titanitrid-(TiN-)Beschichtung auf HSS-Bohrwerkzeugen im Jahr 1980 war ein Meilenstein in der Zerspanungswelt. Was zu Anfang als Marketing-Instrument belächelt wurde – goldene Werkzeuge in der Metallzerspanung –, wurde zum Status quo einer gesamten Branche.

**TiN-Kristalle wachsen bei Hitze nicht und behalten so die hohe Härte bei**

Innerhalb der letzten Jahrzehnte hat sich die Palette unterschiedlicher Hartstoffschichten stark erweitert. Neben einer großen Härte, guten Reibeigenschaften sowie thermochemischer Beständigkeit ermöglichen Beschichtungen gegebenenfalls höhere Schnittparameter, Standzeiten und Standmengen sowie eine Umstellung auf Trockenbearbeitung oder auf eine Zerspannung mit Minimalmengenschmierung. Einige Beispiele für innovative Schichtsysteme, die die Fortschritte der vergangenen Jahre widerspiegeln und ihnen weitere hinzufügen, indem für sie aktuelle Erfordernisse der Anwender als Maßstab gelten, sollen im Folgenden vorgestellt werden.

›Signum‹ heißt eine Schicht, die mit einer Härte von 5500 HV eine der härtesten

nitridischen Schichten im Markt darstellt. Die außerordentliche Schicht Härte war auf Basis einer speziellen Nanokomposit-Struktur mit einem Schichtaufbau aus Titanaluminiumnitrid (TiAlN) und Siliziumnitrid (SiN) realisierbar. In den Nanokomposit-Strukturen sind extrem feine TiAlN-Kristallite mit einem Durchmesser bis 10 nm in einer glasartigen, hochwärmefesten Siliziumnitridmatrix eingebettet.

Weil es in diesem Gefüge keine zusammenhängenden Korngrenzen gibt, wird die Diffusion von Spanmaterial durch die Schicht stark behindert. Andere Strukturen, zum Beispiel Stengelkristalle, bei denen chemisch gleichartige Kristalle nebeneinanderstehen, wachsen bei hohen Temperaturen auf Kosten ihrer Nachbarn mit dem Resultat größerer Kristalle und einer reduzierten Schicht-

härte. Die TiAlN-Kristallite in der Signum hingegen können bei hoher Temperatur nicht wachsen, sodass die Härte der Schicht auch bei hoher Temperaturbelastung nicht abnimmt.

Für Anwender aus der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrttechnik, dem Energieanlagenbau oder der chemischen Industrie ermöglicht es quasi erst diese Schicht, die konstruktiven Vorteile schwer zerspanbarer Werkstoffe effizient zu nutzen. Die Vorteile der Schicht werden dort wirksam, wo stark abrasiv wirkende Komponenten im zu zerspanenden Werkstoff vorhanden sind. Hauptanwendungsgebiet ist das Reiben in Gusseisen, gehärteten und hochfesten Stählen oder auch faserverstärkten Kunststoffen und vorgesinterten Keramiken. Auch hochwarmfeste Nickelbasislegierungen sind mit einem Signum-beschichteten Werkzeug gut bearbeitbar.

#### Entwicklungsziel Langzeitbohren in niedriglegiertem Stahl

Eine speziell für das Bohren bei moderaten Geschwindigkeitswerten entwickelte Hartstoff-Schicht ist unter der Bezeichnung ›Endurum‹ in den Markt eingeführt worden. Diese Schicht haben die Entwickler mithilfe einer Nanolagenstruktur sowie eines reduzierten Aluminiumanteils gezielt an die Erfordernisse des Bohrens niedriglegierter Stähle wie Kohlenstoffstahl, Automatenstahl und

manganlegierten Stahl angepasst. Indem man Silizium zulegiert, lässt sich ebenfalls die Bildung einer Nanokompositstruktur erzwingen. Zusätzlich wird aufgrund einer speziellen Zusammensetzung die Reaktionsneigung entscheidend verringert, was sich besonders bei niedrigen und mittleren Schnittgeschwindigkeiten positiv auswirkt.

Die amorphe Struktur der Schicht aus SiN und TiN ist in feine Nano-Lagen von maximal 100 nm Stärke eingebettet, die sich mit TiAlN-Lagen abwechseln. Die angepasste Schichtstöchiometrie unterbindet die Reaktionen mit Legierungsbestandteilen in den oben genannten Stahlsorten. Die gezielte Kombination einer mehr- und nanolagigen Struktur in Verbindung mit Nanokomposit-Bereichen schafft ein ausgewogenes Verhältnis von hoher Härte zu moderater Zähigkeit.

Auch bei niedrigen und mittleren Schnittgeschwindigkeiten stellen der mehrlagige Aufbau, die hohe Härte und die moderate Zähigkeit eine gute Haftung sicher. Eine Verminderung der Rissausbreitung durch Nanolagen mit Nanokomposit, eine hohe Performance auch bei MMS- und Trockenbearbeitung aufgrund der hohen Warmhärte und eine verringerte Reaktion zwischen Beschichtung und Span durch Minimierung des Aluminiumgehalts sind weitere Vorteile der Schicht. Als ›Spezialist‹ für C-Stähle, Automatenstähle oder Mn-Stähle wird Endurum beispiels-

## INFORMATION & SERVICE



### HERSTELLER

#### Gühring KG

72458 Albstadt  
Tel. +49 7431 17-0

[www.guehring.de](http://www.guehring.de)

### DIE AUTOREN

**Jasmin Herter** ist Managerin  
Unternehmenskommunikation  
bei Gühring in Albstadt  
[jasmin.herter@guehring.de](mailto:jasmin.herter@guehring.de)

**Gunar Giersch** ist Produktmanager  
Beschichtung bei Gühring  
[gunar.giersch@guehring.de](mailto:gunar.giersch@guehring.de)

### PDF-DOWNLOAD

[www.werkstatt-betrieb.de/3387704](http://www.werkstatt-betrieb.de/3387704)

weise in der Kurbelwellenbearbeitung in größerem Umfang verwendet.

Als ›Carbo‹ bezeichnet wird eine Schicht, die aufgrund ihrer Zusammensetzung aus 100 Prozent Kohlenstoff und dessen hohen räumlichen Bindungsanteils ( $sp^3$ -Gehalt > 60 Prozent) außergewöhnlich hart ist und zudem hohen Anwendungstemperaturen widersteht. Diese Eigenschaften tragen zu einer prozesssicheren Bearbeitung bei, wie sie bei den priorisierten Carbo-Anwendungen Gewindebohren und Gewindeformen von besonders großer Bedeutung ist. »



**2** In einem solchen sogenannten Beschichtungskarussell erfahren Bohrer, Reibahlen oder Gewindewerkzeuge eine anwendungsorientierte Oberflächenveredelung (© Gühring)

Schließlich haben Werkzeuge zur Gewindeherstellung eine kritische Aufgabe gemein: Sie kommen am Ende der Produktionskette zum Einsatz, wenn Bau- oder Einzelteile praktisch fertig sind. Erweist sich ein Gewinde am Ende einer Bearbeitungskette als fehlerhaft, ist das gesamte Bauteil Ausschuss.

### Diamantbeschichtung ist ersetzbar bis zu einer gewissen Beanspruchung

Wegen ihrer Eigenschaften ist die Carbo – ein auch als ta-C (tetraedrischer Kohlenstoff) bezeichneter Schichttyp – für ein breites Anwendungsfeld geeignet. Sie nimmt den Platz von Diamantbeschichtungen immer dann ein, wenn unbeschichtete Werkzeuge oder herkömmliche Hartstoffschichten versagen und Diamant als Schneidstoff nicht infrage kommt. Das betrifft beispielsweise die Bearbeitung von Aluminium und Aluminiumlegierungen bis maximal 10 Prozent Silizium, Nicht-eisenmetallen sowie GFK und CFK. Bis zu einer gewissen abrasiven Beanspruchung kann die wesentlich teurere Diamantbeschichtung durch die Carbo substituiert werden. Sowohl HSS als auch Hartmetall lassen sich mit Letzterer beschichten. Des Weiteren können gebrauchte Carbo-Werkzeuge aufgearbeitet, das heißt nachgeschliffen und wiederbeschichtet werden.

Was die Beschichtungstechnologie betrifft, werden je nach Herstellerpräferenz verschiedene Verfahren praktiziert. Gühring vertraut im Wesentlichen auf die so-



**3** Mit Signum beschichtete Reibahle. Die Schicht gilt mit einer Härte von 5500 HV als eine der härtesten nitridischen Schichten und verliert diese Eigenschaft auch nicht bei großer Hitze (© Gühring)

genannte Arc-Verdampfung aus der Gruppe der PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition). Hier wird das metallische Target, zum Beispiel Titan oder Titan-Aluminium, im Vakuum mithilfe eines Lichtbogens (Arc) verdampft, reagiert anschließend mit dem eingelassenen Reaktivgas, beispielsweise Stickstoff, und scheidet sich infolgedessen als Schicht auf dem Werkzeug ab.

Aufgrund der hohen Abscheideraten, der sehr guten Schichthaftung und hohen Dichte der Schichten hat sich dieses Verfahren weitestgehend zum globalen Standard der Hartstoffbeschichtung von Zer-

spannungswerkzeugen entwickelt. Daneben arbeitet Gühring auch noch mit anderen PVD-Verfahren wie dem thermischen Verdampfen und dem Sputtern (Zerstäuben).

Die thermische Verdampfung, mit der schon die ersten TiN-Schichten abgeschieden wurden, findet sich noch oft auf dem Gebiet der Gewindewerkzeuge. Neben TiN wird sie auch zur Abscheidung von Titan-carbonitrid (TiCN) verwendet. Das Sputtern eignet sich nahezu für jedes Targetmaterial. Es wird unter anderem genutzt, um elektrisch schlecht leitende Materialien zu verdampfen. Ein Wesensmerkmal und Vorteil beider Verdampfungsarten ist die geringe Schichtrauheit, die ein Glätten nach dem Beschichten nicht zwingend notwendig macht. Das CVD-Verfahren (Chemical Vapour Deposition) nach dem Hot-Filament-Prinzip nutzt Gühring für die Abscheidung von Diamantbeschichtungen – wie die anderen erwähnten Verfahren im eigenen Hause.

Bei Gühring verdient ergänzend eine Besonderheit Erwähnung. So entwickelt der eigene Maschinenbau außer Beschichtungsanlagen auch Technologien und Anlagen zum Reinigen und Entschichten sowie zum Vor- und Nachbehandeln von Werkzeugen. Die Vorbehandlung soll die Mikrogeometrie des Werkzeugs noch besser an die jeweilige Anwendung anpassen und die Schichthaftung verbessern. Die Nachbehandlung zielt auf eine Glättung der beschichteten Werkzeugoberfläche ab, um das Einsatzverhalten weiter zu verbessern. In mehr als 50 Dienstleistungszentren weltweit bietet Gühring diesen Service an. ■



**4** Mit der Schicht Endurum veredelter Bohrer. Die Schicht in Nanolagen-Struktur und mit reduziertem Al-Anteil befähigen das Werkzeug zur Bearbeitung niedriglegierter Stähle wie Kohlenstoff-, Automaten- und Manganstahl im optimierten Modus (© Gühring)



**5** Annähernd so belastbar wie ein diamantbeschichteter ist dieser mit Carbo beschichtete Gewindeformer (© Gühring)