

# **Erfahrungen mit der Hartstoffbeschichtung von Cermetsubstraten am Beispiel der Beschichtung von Reibwerkzeugen**

Wirtschaftliche Erwägungen und ökologische Erfordernisse führen in der Zerspanungstechnik zu Entwicklungen in Richtung Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Minimalmengenschmierung und Trockenbearbeitung. Bei diesen Hochleistungstechnologien kommt den Schneidstoffen eine zentrale Bedeutung zu. Der Einsatz zusätzlich beschichteter Werkzeuge hat bei vielen der modernen Bearbeitungstechnologien zu einer weiteren Leistungssteigerung geführt oder diese überhaupt erst möglich gemacht.

Der Schneidstoff Cermet eignet sich wegen seiner gegenüber anderen Schneidstoffen höheren Warmhärte, bei neuerdings gleichzeitig den Hartmetallen nicht nachstehender Zähigkeit, in besonderer Weise für diese neuen Anforderungen.

Ein in der GFE e.V. bearbeitetes FuE-Vorhaben zu dieser Thematik befaßte sich mit der Klärung einiger grundsätzlicher Probleme der Beschichtung des Schneidstoffes Cermet, wie z.B. die bisher nicht befriedigende Haftfestigkeit der Schichten, und mit der Entwicklung von speziellen Schichtsystemen für die Anwendung Reiben.

Bei Haftfestigkeitsproblemen von Beschichtungen sind mögliche Ursachen zunächst immer erst in der Vorbehandlung zu suchen. Eine mit Fremdstoffen kontaminierte Fläche läßt einen festen Verbund von Substrat und Schicht nicht zu. Es wurden deshalb vor den Entwicklungsarbeiten zur Beschichtung ausführliche Untersuchungen zur Reinigung von Cermetwerkzeugen durchgeführt.

Erwartungsgemäß kam es je nach Verfahrensweise zu unterschiedlichen Reinigungseffekten die sich jedoch nicht von denen anderer vorbehandelter Werkstoffe unterscheiden. Die allgemein übliche Sorgfalt beim Vorreinigen reicht auch bei der Reinigung von Cermetsubstraten aus. Die beste Reinigungswirkung konnte mit einem Doppel-Tauchverfahren unter Verwendung eines HKW-freien und schwach alkalischen Reinigungsmittels für Metalle und Kunststoffe erzielt werden.

Die die Vorbehandlung abschließende Feinreinigung und Aktivierung der Oberflächen durch Ionenätzen unter Argon-Atmosphäre erfolgte bei allen Versuchs-Reibwerkzeugen unabhängig von ihrer Größe und der vorgesehenen Beschichtung in gleicher Weise (5-8 Minuten bei variierender Bias-Spannung zwischen 200 V und 600 V).

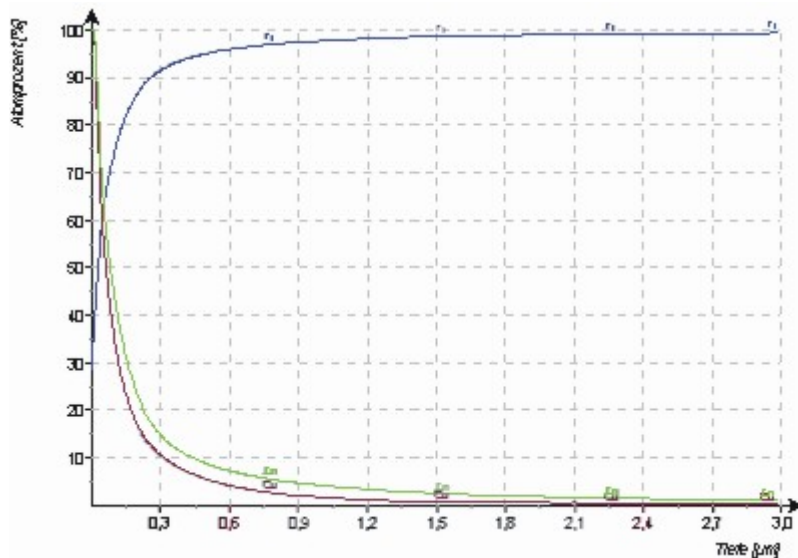


Bild 1 Cermetoberfläche nach dem Trennen durch Erodieren



Bild 2 Magnethalterung für kleine Wendeschneidplatten

Durch vorangegangene mechanische Bearbeitungsprozesse können Fremdpartikel in die Randzonen des Grundwerkstoffes eingearbeitet werden. Neben mangelnder Sorgfalt beim Reinigungsprozeß besteht hierdurch ebenfalls die Gefahr der negativen Auswirkung auf die Haftfestigkeit. Die Tiefenprofilanalyse auf Bild 1 zeigt die Randzone einer Cermetprobe nach dem Trennen vom Halbzeug durch Drahterodieren. Bis zu einer Tiefe von mindestens 2 µm sind die Elemente Kupfer und Zink aus dem Draht in das Cermetmaterial, das in der Analyse von der Titankonzentration repräsentiert wird, eingedrungen.

Der Aufgabenstellung entsprechend, sind auf Cermetproben und -reibahlen Al-haltige und temperaturbeständige Schichten abgeschieden, untersucht und getestet worden. Als Ergebnis stehen eine Reihe von Schichtsystemen mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung, die mit dem Grundwerkstoff Cermet einen stabilen Verbund bilden. Die Ergebnisse der Schichtdiagnostik und der Werkzeugtests ermöglichen die Wahl einer geeigneten Beschichtung für typische Beanspruchungsfälle.

Die vorwiegend mit der Arc-Technik erzeugten Schichten können, das Werkzeug und den Werkstoff schonend, bei Temperaturen zwischen 300°C und 450°C abgeschieden werden. Die Beschichtung mit C-basierten Schichten ist bei Prozeßtemperaturen unter 200°C möglich.

Voraussetzung für eine gleichmäßige Beschichtung ist eine gute Temperaturgleichmäßigkeit innerhalb der Charge. Diese Forderung setzt neben einer exakten Prozeßtemperaturregelung auch eine entsprechende Anordnung der Werkzeuge voraus, die außerdem die allseitige Beschichtung gewährleisten muß. Die gleichmäßige Beschichtung der aller Funktionsflächen erfordert deshalb jeweils angepaßte Werkzeugaufnahmen. So wurde zum Beispiel für die beschichtungsgerechte Fixierung kleiner Reibahlen-Schneideinsätze (Wendeschneidplatten) mit Halterungen aus temperaturbeständigen Dauermagnetwerkstoff eine einfache Lösung gefunden und erprobt (Bild 2).

Untersucht wurden vor allem Schichtsysteme auf Titanbasis. Gewünschte Eigenschaften, wie niedrige Wärmeleitfähigkeit, Warmhärte, Oxidationsbeständigkeit und Zähigkeit der Schicht, lassen sich mit dem Einbau verschiedener Elemente, deren Karbide oder Nitride einstellen. Mit den Elementen Aluminium und Bor konnte insbesondere die thermische

Stabilität der Schichten gesteuert werden. Zähigkeit, Härte und Oberflächengüte sind durch Variation der Anteile und des Verhältnisses von Bor und Kohlenstoff beeinflussbar. Es konnte nachgewiesen werden, daß alle Schichten auf Titanbasis haftfest auf dem Grundwerkstoff Cermet abgeschieden werden können. Dabei sind die Prozeßtemperaturen um 400°C ausreichend. Auf Bild 3 sind die Werte der kritischen Last Lc1 (Scratch-Test nach DIN V/EN V1017) der untersuchten Schichten dargestellt.

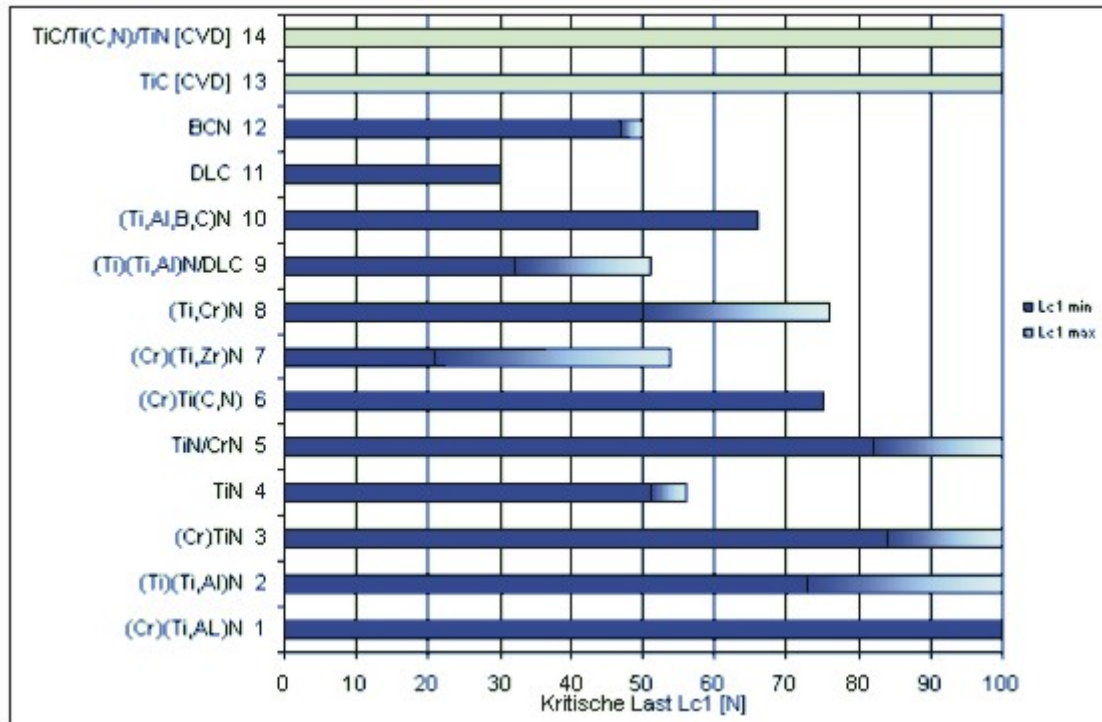
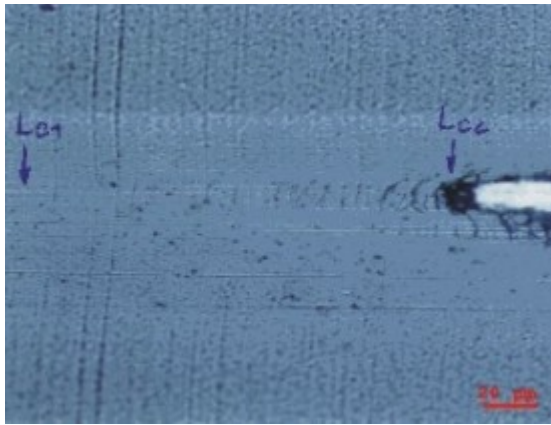


Bild 3 Scratch-Test-Ergebnisse Lc1

Die Zusammenstellung der Scratch-Test-Ergebnisse zeigt eine allgemein gute Haftung der Schichten auf den Cermetoberflächen. Diese im Vergleich zu anderen Erfahrungsberichten hervorragenden Ergebnisse resultieren aus einer angepaßten und sorgfältigen Vorbehandlung sowie aus der Prozeßoptimierung für den jeweiligen Schichttyp. Einige aufgeführten Schichttypen beinhalten Modifikationen, die zur Steuerung anderer Eigenschaften mit unterschiedlichen Prozeßparametern abgeschieden worden sind. Das erklärt die teilweise vorhandene Streuung der Haftfestigkeitswerte.

Am Beispiel einer Mehrlagenschicht auf der Basis von TiAlN (Bild 5) wird die Haftfestigkeit dieser Schicht auf besondere Weise demonstriert. Der Test-Diamant hat die Meßkalotte durchlaufen ohne die Schicht an deren Rändern aufreißen zu können.

Diese an Cermetproben ermittelten Haftfestigkeitswerte decken sich mit denen der stichprobenartig auf vergleichbaren Flächen an den Cermet-Werkzeugen durchgeführten Messungen.



Bewegungsrichtung des Diamanten Lc1 - erste Haarrisse  
Lc2 - völlige Schichtablösung  
Bild 4 Definition der kritischen Lasten ausgewählter Schichten auf Cermet

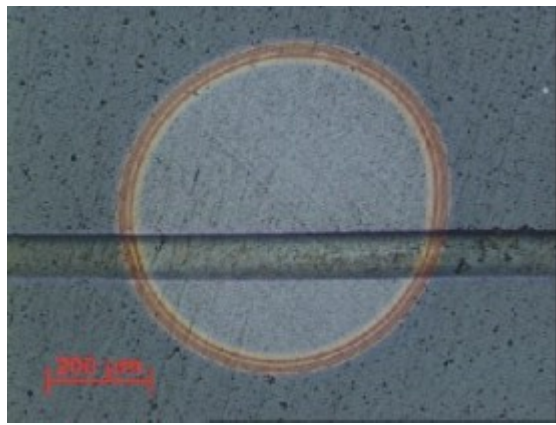


Bild 5 Schichtverhalten im Bereich eines Schichtdefektes (Kalotte) beim Scratsch-Test (V 100:1)

Der Vergleich mit gleichzeitig beschichteten Hartmetall-Proben zeigt, daß auch das Cermetmaterial selbst erheblich zum stabilen Verbund Substrat-Schicht beiträgt. Die Beispiele einiger mit unterschiedlichen Mehrlagenschichten auf TiAlN-Basis parallel beschichteten Cermet- u. Hartmetall-Proben auf Bild 6 belegen dies.

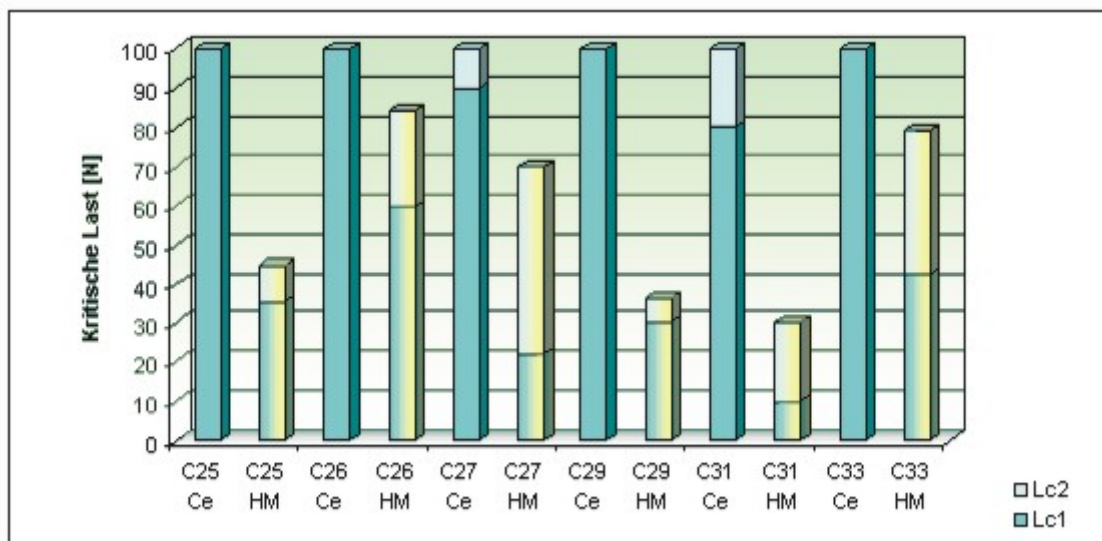


Bild 6 Schichthafffestigkeit von unter gleichen Bedingungen vorbehandelten und beschichteten Cermet- und Hartmetall-Proben

Die Forderung nach einer haftfesten Beschichtung ist mit den auf Titanbasis modifizierten Schichten der Typen 1-8 (Bild 3) erfüllt. Die Typen 1 und 2 unterscheiden sich nur durch die Art der Interfaceschicht. Es sind klare Vorteile für die Cr-Zwischenschicht erkennbar. Die CVD-Beschichtungen 13 und 14 sind trotz ihrer sehr guten Haftfestigkeit nicht brauchbar. Die hohe Prozeßtemperatur hat das Substratmaterial geschädigt und die Schichten sind mit einer Knoop-Härte von 9000 - 12000 N/mm<sup>2</sup> zu weich. Sehr positiv zu bewerten ist, daß die guten Haftfestigkeitswerte in den überwiegenden Fällen mit Abscheidetemperaturen um 400°C erreicht worden sind. Höhere Prozeßtemperaturen steigern die kritische Last nicht wesentlich, sondern provozieren eher Schädigungen im Substratwerkstoff oder an der Werkzeuggeometrie. So konnte in bei 1020°C

CVD-beschichteten Substraten zwar kein Chlor, wie von Endler [2] festgestellt, nachgewiesen werden, jedoch war eine deutliche Diffusion der Metallbinder Ni und Co des Cermets in die Schicht zu beobachten. Auf Bild 7 ist ein solches Ereignis festgehalten. Dort ist in der GDOS-Analyse von einer 2 µm dicken TiC-Schicht auf einem Cermet-Werkstoff deutlich die Anreicherung der Schicht mit Ni und Co sowie die gleichzeitige Verarmung der Cermet-Randzone an den Binderkomponenten zu sehen.

Eine Alternative bietet die CVD-Beschichtung im Mitteltemperaturbereich bei etwa 700°C. Damit können die unerwünschten Diffusionsvorgänge vermieden und zusätzlich der Biegefestigkeitsverlust des Cermetwerkstoffes begrenzt werden.

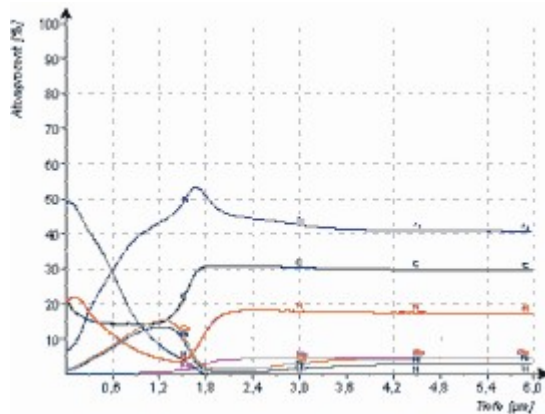


Bild 7 Tiefenprofil eines Verbundes von CVD-Schicht (Schichtdicke 2µm) und Cermet mit Diffusion der Metallbinder Ni und Co aus dem Grundwerkstoff in die Schicht

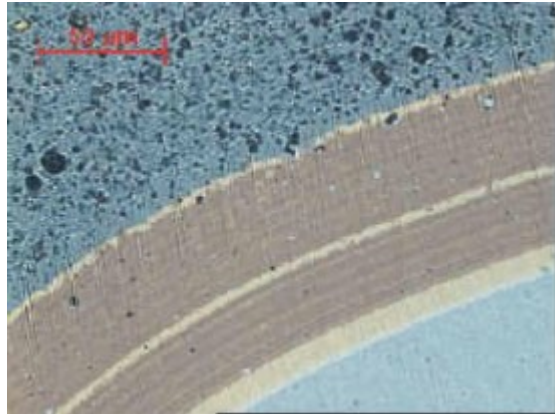


Bild 8 Schichtaufbau einer Mehrlagenschicht des Typs 1 (V 500:1)

Bei der Werkzeugprüfung wurden die besten Resultate mit Mehrlagenschichten auf der Basis von (Ti,Al)N, TiN und einer gradienten TiAlCN-Deckschicht (Variable C), ähnlich dem Beispiel auf Bild 8, erzielt.

In anderen Arbeiten werden die Elemente Hafnium und Tantal zur weiteren Verbesserung der thermischen Stabilität und die Elemente Yttrium und Silizium zur Erhöhung der Oxidationsbeständigkeit eingesetzt. An die Erfordernisse der Hart- und Trockenzerspanung beim Fräsen und beim Bohren mit MMS werden in [3] die angepaßten Schichten TiAlSiN (bis 1100°C kein Härteabfall) und AlTiN (>50% Al) vorgestellt.

Die Passungsproblematik des Präzisionswerkzeuges Reibahle verlangt insbesondere bei den nicht nachstellbaren Werkzeugen eine reproduzierbare Schichtdicke mit engster Toleranz und absoluter Gleichmäßigkeit auf den Schneiden. Der Schwierigkeitsgrad nimmt dabei mit kleiner werdenden Durchmesser zu. Bewährt haben sich Schichtdicken zwischen 1µm und 2 µm. Sind für spezielle Anwendungen dickere Schichten notwendig, ist dies durch ein entsprechendes Schleifmaß zu berücksichtigen.

Mit beschichteten Cermetwerkzeugen kann die Oberflächengüte der geriebenen Bohrungen weiter verbessert werden. Auftretende Probleme werden hauptsächlich durch Mängel beim Abtransport der Späne verursacht und sind weitgehend unabhängig von der Beschichtung.

Die volle Leistungsfähigkeit wird erst durch eine an die Anforderungen des konkreten Anwendungsfalles angepaßte Beschichtung erreicht.

Das moderne leistungsfähige Werkzeug ist beanspruchungsangepaßt, d.h. Grundwerkstoff, Geometrie und Beschichtung sind für den Beanspruchungsfall optimiert. Während früher das Standardwerkzeug für eine breite Anwendungspalette und damit zwangsläufig eine begrenzte Leistungsfähigkeit die Regel war, werden heute bevorzugt speziell auf die

Bearbeitungsaufgabe zugeschnittene Werkzeuge angeboten. Diese Methodik nutzt das Potential der Hartstoffbeschichtung besser, und es sind erhebliche Leistungssteigerungen möglich.

Bild 9 zeigt Erprobungsergebnisse von unbeschichteten und beschichteten Cermet-Werkzeugen nach der Bearbeitung von Bohrungen im Automatenstahl 9SMn28K. Die beschichteten Werkzeuge erreichten eine deutlich höhere Standzeit. Die Spanne reicht dabei vom Faktor 2 bis zum Faktor 6. Erwartungsgemäß sind mit den (Ti,Al)N-Variationen die besten Resultate zu erzielen.

Ähnliche Ergebnisse erhält man bei der Auswertung der Fertigdurchmessers der bearbeiteten Bohrungen in Abhängigkeit ihrer Anzahl (Bild 10).



Bild 9 Leistungsfähigkeit von Cermet-Reibahlen ohne und mit Beschichtung, Abbruchkriterium Verschleißmarkenbreite 0,1 mm, Schnittbed.  $vc=50$  m/min,  $fz=0,3$  mm/U, Kühlmittel

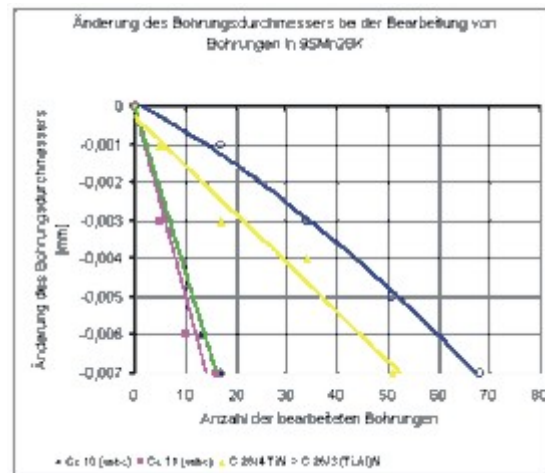
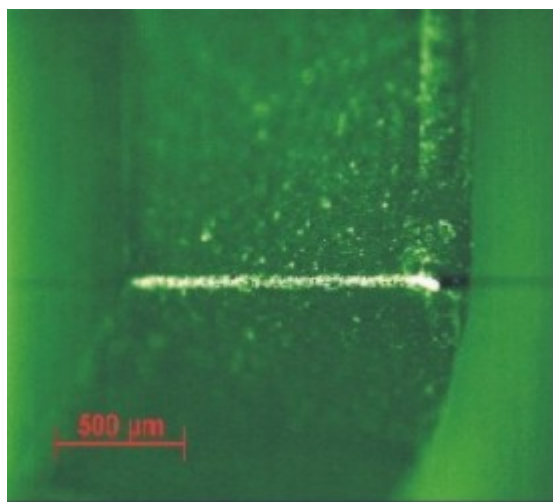
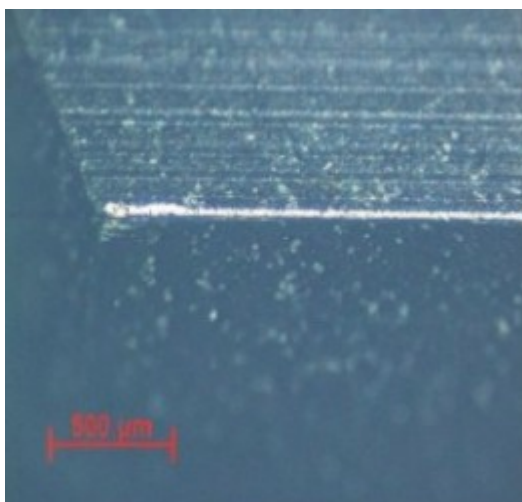


Bild 10 Änderung der Durchmesser der fertig bearbeiteten Bohrung durch den fortschreitenden Werkzeugverschleiß

In einem industriellen Anwendungsfall können mit unbeschichteten 6 mm-Cermet-Reibahlen 400 - 500 Bohrungen im Sintermetall Sint 11 nach DIN 30910 bearbeitet werden. Bei Tests mit (Ti,Zr)N-beschichteten Reibahlen sind schon ohne Veränderung der bisherigen Schnittdaten wesentlich bessere Ergebnisse erzielt worden. Nach der Bearbeitung der o.g. Anzahl von Bohrungen wiesen die Werkzeuge noch keinen nennenswerten Verschleiß auf. Bild 11 zeigt den Anfangsbereich einer Neben- und Bild 12 den einer Hauptschneide in der Draufsicht nach dem Testlauf.



6mm-Maschinenreibahle, Vollcermet, beschichtet mit (Ti,Zr)N, Verschleiß nach dem Reiben von 460 Bohrungen

## Literatur

- Schlußbericht zum FuE-Projekt, Reg.-Nr. 199/00 :Verfahrensentwicklung zur Hartstoffbeschichtung von Cermet-Werkzeugen
- Endler, I.; Leonhardt, A. Die Beschichtung von Cermets HTM 51 (1996) 4, S. 245 - 249
- Cselle, T. Integration der Beschichtungstechnologie in zerspanende Fertigungsprozesse mittelständischer Unternehmen Fachtagung: Hochleistungswerkzeuge und innovative Technologien der Zerspanungstechnik, Dresden, März 2002

## Danksagung

Die Arbeiten sind mit Mitteln des BMWA gefördert worden. Dafür sei hiermit ausdrücklich gedankt.

—

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. J.Scheinpflug

[drucken](#) || [zurück](#) || [Cewotec gGmbH](#)