

Peter Beyer

# Eine Idee beginnt sich durchzusetzen

Hybridtechnologie für Abrichtsysteme



Meister Abrasives AG  
Industriestrasse 10  
CH-8450 Andelfingen, Switzerland  
Tel: +41 52 304 22 22  
Fax: +41 52 304 22 12  
www.meister-abrasives.com

## Hybridtechnologie für Abrichtsysteme

# Eine Idee beginnt sich durchzusetzen

Abrichtwerkzeuge auf der Basis metall-keramischer Matrixsysteme und eingebundener geeigneter Diamantkristalltypen verbinden freischneidende Strukturen hoher Porosität mit einer ausgeprägten Verschleißfestigkeit.

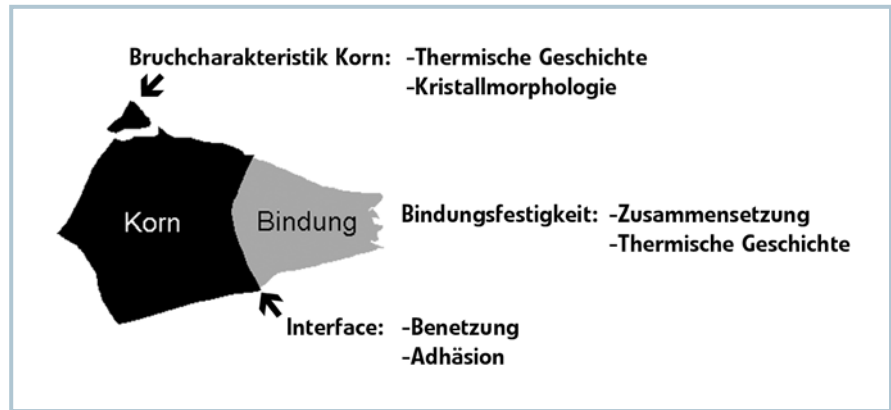
VON PETER BEYER

→ Das Gebiet der Abrichtwerkzeuge war über Dekaden durch wenig innovative Ansätze in der Bindungstechnologie geprägt. Wesentliche Prozessverbesserungen wurden primär durch optimierte Maschinen und Abrichteinheiten in Kombination mit geeigneten Parametern erreicht – weniger aber durch Fortschritte im Bereich des Abrichtwerkzeugs. Der etablierte Aufbau der Werkzeuge einschließlich ihrer Vor- und Nachteile wurde nur marginal verändert.

Stand der Technik sind porenfrei gesinterte Diamantabrichtwerkzeuge, die einen systemimmanenten Nachteil aufweisen: Am Schleifkörper werden Oberflächentopografien erzeugt, die beim Schleifen ein Einlaufverhalten gemäß der Oberflächenrauheit des bearbeiteten Bauteils zeigen. Weit verbreitet sind auch einschichtig belegte Abrichtwerkzeuge. Durch ihren über den Lebenszyklus nicht konstanten Kornüberstand und nur eine nutzbare Kornlage ist die Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit aber begrenzt. Zudem haben sich profilhaltige Abrichtwerkzeuge mit diamantartiger Kantenverstärkung in einer Stahlmatrix etabliert, die in der Schleifkörperstruktur noch ungünstiger zu bewerten sind.

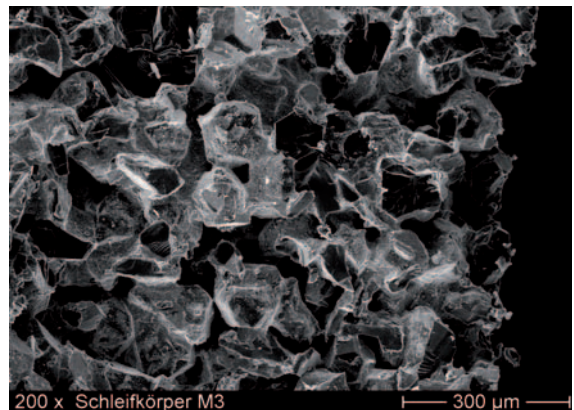
## Neue technologische Ansätze für poröse Abrichtwerkzeuge

Für die Entwicklung neuer Systeme, die vorhandene Konzepte in ihren Vorteilen ausbauen und die Nachteile vermeiden sollen,



1 Parameter zur Optimierung der Kornhaltekräfte in einer porösen Abrichtwerkzeugmatrix

2 Der Querschnitt durch eine hDD-Struktur zeigt die Porosität der Hybrid-Matrix



hat der Bereich Entwicklung von Meister Abrasives folgende Anforderungen in ein Pflichtenheft aufgenommen:

- freischneidendes System, idealerweise im Selbstschärfmodus, analog zu keramischen hochporösen Bindungen,
- optimierte Kornhaltekräfte,
- sehr gute Verschleißbeständigkeit,
- mehrlagiges System, Vermeiden der kurzen Standzeit galvanischer Werkzeuge.

Neue technologische Ansätze sind erst in jüngster Zeit durch ein innovatives Konzept zur Herstellung poröser Abrichtwerkzeuge [1] entwickelt worden. Zunächst auf Basis keramischer Bindungstechnologie als vDD-Werkzeuge (vitrified Diamond Dresser) eingeführt, wurde diese Entwicklung konsequent weitergeführt, was in einen neuen Bindungstypus mündete. Eine Hybridtechnologie verbindet nun die Vor-



**3** Der Bruch einer hDD-Struktur ist in der Regel mit einem Splittern des Diamantkorns verbunden, nicht aber mit Delaminationen an den Grenzflächen Matrix/Korn

teile einer porösen Matrix mit einer signifikant verbesserten Verschleißfestigkeit. Inzwischen sind diese Werkzeuge als sogenannte hDD-Abrichter (hybrid Diamond Dresser) am Markt etabliert.

Das porenfreie dichte Gefüge eines sintermetallgebundenen Abrichtwerkzeugs hat aufgrund des geringen Kornüberstandes reduzierte freischneidende Eigenschaften. Die abgerichtete Schleifkörper-topografie kann dadurch unzulässig geglättet oder wieder abgestumpft werden. Eine offenporige keramische Struktur hingegen bietet das Potenzial zum Freischneiden, hat aber Nachteile bei der Verschleißfestigkeit – es sei denn, es gelingt das Einstellen eines Selbstschärfeffektes, der Verschleiß und Schneideigenschaften (hier Abrichteigenschaften) konstant hält. Aufgrund der höheren Prozessstabilität kann in diesem Fall ein erhöhter Verschleiß sogar von Vorteil sein. Etablierte Anwendungen hierzu – in früheren Publikationen bereits vorgestellt – sind noch heute in Serie im Einsatz [1]. Begrenzt sind vDD-Abrichtwerkzeuge durch die reduzierte Profil- und Verschleißfestigkeit, vor allem beim Profilieren von Schleifkörpern größerer Durchmesser.

Freischneidende Strukturen lassen sich nur durch eine poröse Struktur realisieren, analog zu der bereits bei vDD-Werkzeugen umgesetzten Idee. Eine Erhöhung der Verschleißbeständigkeit stößt aber bei porösen keramischen Strukturen an systemimmanente Grenzen. Ein alternativer Ansatz ist daher der Einsatz kombinierter metallisch-keramischer Matrixsysteme. Die Variablen der Optimierung

zeigt Bild 1. Die Auswahl eines geeigneten Diamantkristalltyps und der entsprechenden Klassierung ist für die Konditioniereigenschaften entscheidend. Folgende Parameter sind dabei zu berücksichtigen:

- Schneid- und Verschleißverhalten gegenüber dem zu konditionierenden Tool,
- Kristalltopologie und Wechselwirkung mit der Hybridbindung,
- thermische Beständigkeit aufgrund des Herstellungsprozesses.

Um die Verschleißfestigkeit deutlich zu erhöhen, sind die intrinsischen Eigenschaften der Bindematrix ebenso zu optimieren wie die kompatible Grenzfläche zwischen Matrix und Diamantkorn in ihren Haftungseigenschaften. Zu beachten ist:

- Benetzungsverhalten der Hybridbindung auf dem Diamantkorn als Basis für die Ausbildung einer Bindungsbrücke,
- chemische Reaktivität von Diamant und Bindematrix,
- Vermeidung der Oxidation und Regrafitisierung des Diamantkorns,
- Vermeidung der Bildung spröder Karbidphasen,
- Realisierung einer porösen Struktur.

Es ist bekannt, dass Diamant schnell mit Karbidbildnern wie Fe, Co, Ni, Al, Si oder B reagiert [2, 3]. Das bietet Potenzial zur chemischen Bindung, erhöht aber auch das Risiko der Bildung spröder Aluminiumkarbide oder Silizide [4]. Aus der keramischen Bindung bekannte Verfahren zur Erzeugung poröser Strukturen sind auf Systeme mit metallischen Anteilen nicht übertragbar.

Eine verfahrenstechnische Innovation ermöglicht jedoch diese Kombination unter Beibehaltung der jeweiligen positiven Eigenschaften. Die resultierende poröse Struktur zeigt exemplarisch Bild 2. Im Prozess sind der Grad der Porosität, die ›Härte‹ des Abrichtwerkzeugs sowie die Korngröße und Konzentration frei einstellbar. Die erreichbaren Kornhaltekräfte verdeutlicht Bild 3. Die Bruchfläche weist keine Delamination an der Grenzfläche von Diamantkorn und Hybrid-Matrix auf, vielmehr splittert das Diamantkorn.

Die hDD-Werkzeuge werden heutzutage in Serienprozessen als Abrichttöpfe auf kleinen Turbinen oder als Abrichtscheiben mit innen- oder außenliegendem Diamantbelag in vielfältigen Ausführungen eingesetzt. Dabei steht jeweils die optimale kundenspezifische Lösung im Vordergrund, die sich sehr fein einstellen lässt. Die Anwendungen zur Konditionierung reichen vom CBN-Bohrungs- oder Außenrundprofilschleifen bis zum Ceralox-Innenrundschleifen. Drei repräsentative Anwendungsbeispiele sollen das Einsatzspektrum der hDD-Werkzeuge verdeutlichen.

### **hDD-Technologie bewährt sich in großer Anwendungsbreite**

Bei der ersten Anwendung handelt es sich um das Abrichten von Innenrundschleifkörpern mit einem Abrichttopf (Bild 4). Die Parameter dazu lauten:

- Anwendung: Ventilspiel Ausgleichselement auf einer Voumard-Maschine,
- Schleifwerkzeug: Meister HPB CBN IG CB22-230-C175-V\*,
- Abrichtwerkzeug: Meister hybrid Diamond Dresser, DC D42-170-C150-H\*.

Im Vergleich zu einem metallgebundenen Abrichter erzielte ein hDD-Werkzeug von Meister folgende Resultate (hDD/metallgebunden):

- Abrichtintervall: 160/120,
- Schärfintervall des Abrichtwerkzeugs: selbstschärfend/wöchentlich (bei 3-Schicht-Betrieb),
- Standzeit: 60 000 Zyklen/9000 Zyklen (nicht prozesssicher, Glättung der CBN-Scheibe),
- Geometrie (Konizität) am Werkstück: < 1 µm/bis 5 µm.

Bei erhöhter Schnittleistung des Schleifkörpers wurden Verbesserungen der Geometrie und der Oberflächengüten erreicht.

In einer zweiten hDD-Anwendung wurden Außenrundschleifscheiben bei folgenden Parametern abgerichtet:

- Anwendung: Exzenter-Nockenwellenschleifen auf einer Studer S32,
- Schleifwerkzeug: 1A1 300×26×127 X=5 CB112-107-125-V\*,
- Abrichtwerkzeug: DD120×12×40 X=5 W=2 D42-426-175-H\*.

Erreicht wurden folgende Ergebnisse:

- Abrichtintervall: 150,
- Oberflächengüte Rz: 3 bis 3,5 µm prozesssicher,



4 Konischer DC in hDD-Technologie mit poröser Struktur



5 Das Abrichten von Außenrundscheifscheiben mit dem hDD-Abrichtwerkzeug DD120×12×40 X=5 W=2 D42-426-175-H\* erbrachte eine Verkürzung der Prozessdauer um 30 Prozent

■ Prozessdauer: um 30 Prozent verkürzt. Eine dritte Anwendung ist das Abrichten von Ceralox-Bohrungsschleifscheiben mit folgenden Kennwerten und Ergebnissen:

- Anwendung: Bohrungsschleifen, Abrichten vom Durchmesser auf einer Emag,
- Schleifwerkzeug: IS 25.5×6×8  
530A-100X-I-10-155-V302T-3 Ceralox,
- Abrichtwerkzeug:  
DD 250×28×184 X=3 U=2  
D42-426-150-H\*,
- Abrichtintervall: plus 50 Prozent, kein Einlaufverhalten nach dem Abrichten.

6 Mit dem Einsatz des hDD-Werkzeugs DD 250×28×184 X=3 U=2 D42-426-150-H\* konnte das Abrichtintervall für Ceralox-Bohrungsschleifscheiben um 50 Prozent verlängert werden



### Zusammenfassung

Die aktuelle Generation von hDD-Abrichtwerkzeugen verbindet eine poröse Struktur mit hoher Verschleißbeständigkeit. Mit der Hybridbindung kann ein Konditionieren/Nachschärfen der Abrichter entfallen, das bei metallgebundenen Werkzeugen oft zwingend ist. Gleichzeitig lässt sich eine Profiltreue des Abrichters sicherstellen, mit der das kostenintensive Unterbrechen des Bearbeitungsprozesses infolge Wechsel/Bearbeitung der Abrichtwerkzeuge deutlich reduziert wird. Beim Einsatz ist es zudem möglich, die Prozesskette bis hin zum Werkstück zu optimieren. So können geometrische und Oberflächeneigenschaften in deutlich engeren Toleranzen prozesssicher realisiert werden. In der Regel ist es sogar möglich, die Zerspanungsleistung im Schleifprozess zu erhöhen.

Die Zahl der Serienanwendungen von hDD-Werkzeugen ist wie die Erstausrüstung von Maschinen stark wachsend. Die Technologie in der zweiten, leicht modifi-

zierten Generation erfreut sich breiter Akzeptanz. Betrachtet man die erfolgreich umgesetzte Verschleißfestigkeit und Schneidfreudigkeit, stellt sich die Frage nach analogen Systemen für den Schleifprozess. Mit der Schleifwerkzeuglinie konnten bereits zahlreiche Spezialanwendungen zur Bearbeitung sprödharter Werkstoffe gelöst werden, seien es keramische Implantate, photovoltaische Sonderwerkstoffe oder glaskeramische Präzisionsbauteile. Die neue Generation von Abricht- und Schleifwerkzeugen gibt dem Anwender die Möglichkeit, die Produktivität von Hochleistungsschleifprozessen zu steigern. Die Adaption auf weitere schleiftechnologische Anwendungen ist in der Entwicklung. ■

### i HERSTELLER

Meister Abrasives AG  
CH-8450 Andelfingen  
Tel. +41 52 3042201  
Fax +41 52 3042211  
→ [www.meister-abrasives.ch](http://www.meister-abrasives.ch)

### LITERATUR

- 1 Beyer, P.: Die vDD-Technologie für Diamant-Abrichtwerkzeuge in keramischer Bindung. In: IDR 1(2005)32, S. 39-41
- 2 Gardinier, C. F.: Physical Properties of Superabrasives. In: Am. Ceram. Soc. Bull. 6(1988)67, S. 1006-1009
- 3 Wedlake, R. J.: Diamond Synthesis. In: IDR 6(1977)11, S. 196
- 4 Beyer, P.: Verstärkung von AL-Bauteilen durch lokale In-Situ Synthese von  $Al_2O_3/Ti_xAly$ -Verbunden im Squeeze Casting. VDI-Verlag 643(2002)

Dr.-Ing. Peter Beyer ist Leiter Technik, F&E, Produktion und in dieser Funktion Mitglied der Geschäftsleitung bei Meister Abrasives in Andelfingen/Schweiz  
→ [peter.beyer@meister-abrasives.ch](mailto:peter.beyer@meister-abrasives.ch)