

Hochproduktive Vit-CBN-Schleifwerkzeuge

Vit-CBN-Schleifscheiben* sind hochproduktiv, die aber weiter optimiert werden müssen: das Abrichtintervall soll erhöht, die Prozesszeiten verkürzt und die Werkstückgeometrie verbessert werden. Das Unternehmen Meister Abrasives hat neue hochwirtschaftliche Schleiftechnologien entwickelt. Dieser Beitrag wird in Anlehnung an das Swissem Zerspanungsseminar veröffentlicht.

Ende der Siebzigerjahre stellte sich in der westeuropäischen Automobilzulieferindustrie die kritische Frage der ökonomischen Bearbeitung von Präzisionsbohrungen im Bereich der Kraftstoffeinspritztechnologie, aufgrund neu eingesetzter schwer zerspanbarer Stahlqualitäten.

Als Spezialist für konventionelle keramisch gebundene Schleifkörper wurde daraufhin erstmalig weltweit für diesen Anwendungsbereich bei Meister ein keramisches Bindungssystem zum Einsatz von CBN entwickelt, welches eine prozesssichere Fertigung dieser Schlüsselkomponenten der Automobiltechnik kostengünstig ermöglichte. Das Unternehmen Meister Ab-

rasives AG ist seither Marktführer im Bereich von keramisch gebundenen CBN- und Diamant-Schleifkörpern zur Präzisionsbearbeitung von hochgenauen Bohrungen. Erst Jahre später verbreitete sich diese Technologie auch in die heute etablierten Bereiche beim Aussenrund- und Flachsleifen. Heute wächst der Marktanteil der keramisch gebundenen CBN-Werkzeuge weiterhin stark.

Neues Schleifwerkzeug soll entwickelt werden

Zur Optimierung der Kosten und Fertigungsstruktur untersuchten der Schleifwerkzeughersteller gemeinsam mit dem

Anwender das gesamte System, um daraus eine neue und optimale Anwendungslösung zu entwickeln. Im folgenden Beitrag steht das Werkzeug, die Schleifscheibe, im Vordergrund. Dabei sind geringfügige Anpassungen in Korntyp, Härte und Struktur bereits heute Stand der Technik.

Korn-Bruchverhalten und -Bindung optimieren

Um den steigenden Produktivitätsanforderungen und dem immensen Kostendruck in der Automobilzulieferindustrie standzuhalten, stossen diese Variationsmöglichkeiten jedoch an ihre Grenzen. Um hier neue Wege aufzeigen zu können, wurde bei Meister das Gesamtsystem «Schleifkörper», vom Bruchverhalten des Kornes über die Bindungszusammensetzung bis hin zu möglichen realisierbaren hochporösen Strukturen detailliert untersucht, bewertet und optimiert.

Dabei wurde das Pflichtenheft für die zu entwickelnde Schleifwerkzeuggeneration folgendermassen formuliert:

- Entwicklung eines modularen Systems zur Auslegung von zugleich freischneidenden und verschleissarmen, das heisst hochproduktiven Vit-CBN-Schleifkörpern unter Beibehal-

* In diesem Beitrag wird der Begriff «Vit-CBN» verwendet, dabei handelt es sich um keramisch gebundene Schleifscheiben mit CBN als Schleifmittel (Kubisches Bornitrid, siehe Kasten «Auserdem»).



Bilder: Meister Abrasives

Bei der Schleif-Bearbeitung dieser Bohrung (Mitte) des Pumpengehäuses wurde mit dem HPB-Schleifprozess die Zykluszeit von 45 s auf 35 s gesenkt, die Abrichtintervalle von 5 Stück auf 15 Stück erhöht.



Bei diesen Bauteilen reduzierte sich die Zykluszeit von 25 s auf 20 s. Das Abrichtintervall erhöhte sich von 15 Stück auf beachtliche 120 Stück.

tung der bekannten Vorteile keramischer Bindungssysteme.

- Entwicklung keramisch gebundener Diamantwerkzeuge, welche die Vorteile der keramischen zur Metallbindung u.a. auch im Bereich der Abrichttechnologie ausnutzen.

Die Zielvorgabe durch den Anwender definiert sich folgendermassen:

- Erhöhung des Abrichtintervalls,
- Verkürzung der Prozesszeiten,
- Verbesserung der Werkstückgeometrie,
- Geringere Gefahr des Schleifbrandes, d.h. der Gefügeschädigung beim Werkstoff.

Im Folgenden werden detailliert die Faktoren und Lösungsansätze beschrieben, die bei der Entwicklung der neuen Werkzeuggeneration wesentlich waren, und die bei entsprechender Umsetzung ein signifikantes Kostensenkungspotenzial haben

Um das Gesamtsystem «Schleifwerkzeug» zu optimieren, sind das Schleifmittel selbst, die Bindung sowie die resultierende Gefügestruktur zu optimieren. Die Bewertung und Optimierung der Einzelkomponenten führt zur Einführung der neuen Schleifwerkzeuggeneration zur Bearbeitung metallischer Werkstoffe mit CBN.

Vit-CBN-Schleifwerkzeuge – die HPB-Technologie

Mithilfe der HPB-Technologie (High-Performance-Bond) können dabei die Korneigenschaften, die physikalischen Eigenschaften der Bindung selbst, und damit die Leistung des Gesamtsystems um ein Vielfaches verbessert werden. Folgenden Faktoren ist bei der Neuentwicklung der HPB-Technologie in besonderem Masse Rechnung getragen worden.

Einstellung der CBN-Korneigenschaften

Die CBN-Korneigenschaften werden im Wesentlichen durch die Synthesebedingungen beim Kornlieferanten definiert. Entscheidend für die schleiftechnische Anwendung sind folgende Aspekte:

- (Verschleiss-)Festigkeit des CBN-Korns über die Kristallmorphologie.
 - Splitterverhalten über die Kristallmorphologie in Kombination mit einer gezielten Vorbehandlung.
- Eine optimierte Vorbehandlung beim

... ausserdem

CBN – hochfester Schneidstoff

Bereits seit 1969 ist das kubische Bornitrid – kurz CBN genannt – im Bereich der hochharten Schleifstoffe am Markt. CBN erreicht eine Härte von etwa 4700 N/mm² nach Knoop, damit ist es doppelt so hart wie Siliziumkarbid (SiC) und halb so hart wie Diamant (7000 N/mm²).

Das Einsatzspektrum von CBN beginnt schon bei relativ weichen, aber zähen Werkstoffen (etwa ab 50 HRC) und reicht bis zu sehr harten, karbidhaltigen Legierungen (Werkzeugstähle, Sonderstähle, HSS usw.). Für amorphe und keramische Werkstoffe ist CBN so wenig geeignet, wie für die Bearbeitung von Hartmetallen. In keramischer Bindung lassen sich die Scheiben wesentlich einfacher und rationeller mit unterschiedlichen Profilen versehen und/oder konditionieren.

Wegen der hohen Standzeit werden heute immer mehr konventionelle Schleifscheiben durch solche aus CBN verdrängt, besonders dort, wo die Serien gross oder wiederkehrend sind. CBN wird galvanisch 1-schichtig, in Kunstharz, in spröder Bronze oder in keramischer Bindung eingesetzt. Im Präzisions Schleifsektor geht der Trend aber ganz eindeutig in Richtung keramischer Bindung.

CBN mit exzellenten thermischen Eigenschaften

CBN weist – im Gegensatz zum Diamant – eine höhere thermische Stabilität auf. Die Oxidation erfolgt erst oberhalb von 1400 °C. Die üblichen, relativ hohen Schleiftemperaturen greifen CBN weder bei der Bearbeitung von Eisen, von Nickel noch von Kobalt chemisch an. Die hervorragenden Zerspanungseigenschaften von CBN bewirken einen «kühlen» Schliff. Dazu trägt auch die gute Wärmeleitfähigkeit von CBN – sie beträgt etwa das Fünffache der Wärmeleitfähigkeit von Kupfer – bei. Richtig eingesetzt, wird deshalb ein grosser Teil der erzeugten Schleifwärme von der CBN-Schleifscheibe aufgenommen und an den Kühlschmierstoff und/oder die Umgebung abgegeben.

Schleifwerkzeughersteller kann die Splittereigenschaften sowie die spätere Haftung der Bindung entscheidend beeinflussen. Die Auswahl von CBN-Kornarten unterschiedlicher Kristallmorphologie in Kombination mit einer zusätzlichen Vorbehandlung vor der eigentlichen Schleifkörperherstellung, ermöglicht eine gezielte Auslegung der Verschleissmodi des Korns. Hier liegt einer der Schlüsselfaktoren der HPB-Technologie. Daraus resultiert für den Anwender eine optimierte Schnittigkeit bei hoher Profilhaltigkeit des Werkzeugs.

Optimierung der Kornhaltekräfte:

Ein ökonomischer Einsatz des teuren Rohstoffs CBN kann nur erfolgen, wenn das Schneidkorn vollständig genutzt wird und nicht bereits vorzeitig ausbricht. Vergleicht man die Lebensdauer galvanisch belegter Werkzeuge, d.h. in der Regel einschichtige Belegung, mit der vielschichtigen Belegung anderer Bindungsarten, so zeigt sich bezogen auf den CBN-An-

teil, ein bei Weitem nicht ausgenutztes Potenzial bei den vielschichtigen Werkzeugen.

Dabei sind folgende Parameter von besonderer Wichtigkeit:

- Festigkeit der Bindungsbrücken über die Zusammensetzung und Wärmebehandlung der keramischen Bindung.
- Grenzflächenanbindung des CBN-Korns durch die Optimierung der Benetzung von Korn und Bindung während des Herstellprozesses sowie eine kontrollierte chemische Reaktion/Kompatibilität.
- Daraus resultierend eine verbesserte Verschleissfestigkeit und Formhaltigkeit.

Vorzeitiger Kornausbruch reduziert Standzeit

Hauptursache für die reduzierte Standzeit pro «Kornschicht» dürfte vorzeitiger Kornausbruch sein. Massgebender Faktor ist dabei die Haltekraft der Bin-

Werkstück	Pumpengehäuse		Mini Lash Adjuster	
Material	20MnCr5		SAE 1010	
Härte	58 – 60 HRC		58 HRC	
Schleifoperation	Bohrungsschleifen Ø 23 H7		Innenschleifen	
Schnittgeschwindigkeit	45 m/s		45 m/s	
Schleifwerkzeug	Swiss Master Vit CBN HPB CB41-140-S-8-205-X125-V51-31		Swiss Master Vit CBN HPB CB21-230-R-9-185-175-V55-P71-31	
Maschine	Schaudt		Voumard	
Ergebnisse	Meister Standard	Meister HPB	Meister Standard	Meister HPB
Zykluszeit	45 s	35 s	25 s	20 s
Geometrische Abweichung	6 µm	5 µm	<2 µm	<1 µm
Abrichtintervall	5 St.	15 St.	15 St.	120 St.

Anhand dieser beiden Beispiele wird deutlich, dass sich beim Innenschleifen mit HPB-Technologie die Zykluszeit reduziert und sich die Abrichtintervalle enorm steigern lassen.

dung. Diese wird bestimmt durch die Grenzflächenfestigkeit (i. d. R. eine Funktion von Benetzung und chemischer Reaktion).

Des Weiteren konnten die physikalischen Eigenschaften der keramischen Bindung selbst, ein erschmolzenes Spezialglas aus Metalloxiden, systematisch verbessert werden. Der Bindungsanteil konnte unter Beibehaltung der physikalischen Härte im Vergleich zu Standardbindungen um zirka 25% reduziert werden.

Erhöhung des Porenvolumen

Resultierend aus denen vorab vorgestellten Weiterentwicklungen ist es auch möglich das Porenvolumen in einem weiteren Bereich zu variieren. Dieses kann zu Gunsten einer erhöhten Gesamtporosität oder zur Verbesserung der Verschleissfestigkeit durch entspre-

chende Zuschlagsstoffe genutzt werden. Das Ziel ist eine Verbesserung der Kühlschmiermittelzufuhr und Optimierung der Spanabfuhr.

Auslegung des Schleifwerkzeuges

Mithilfe der HPB-Technologie ist es der Meister Abrasives AG gelungen, durch gezielte Optimierung der einzelnen Faktoren, die Variabilität des gesamten Systems zu vergrößern und dadurch die Faktoren Schnittigkeit und Verschleissbeständigkeit des Werkzeugs zu verbessern. Die Gewichtung der Faktoren kann individuell zur Lösung der Schleifaufgabe optimiert werden.

Werden für eine Standardzusammensetzung eine mittlere Schnittigkeit, Porenvolumen und Kornhaltekräfte angenommen, so lassen sich ne-

ben der generellen Verbesserung aller drei Parameter beim HPB-Prinzip die Vorteile stärker zu Gunsten der Kornhaltekräfte und damit der Verschleissfestigkeit, oder alternativ des Porenvolumens und damit des kühleren Schliffs gewichten.

Die sich daraus ergebenden Vorteile bezüglich der Produktivität werden anschaulich in den folgenden Anwendungsbeispielen deutlich. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich nicht um erste Versuche aus der Testphase handelt, sondern bereits um Prozesse, welche im 3-Schichtbetrieb beim Produktionsschleifen etabliert sind, und frühere Systeme äusserst erfolgreich abgelöst haben.

Neue keramisch gebundene Diamant-Abrichtwerkzeuge

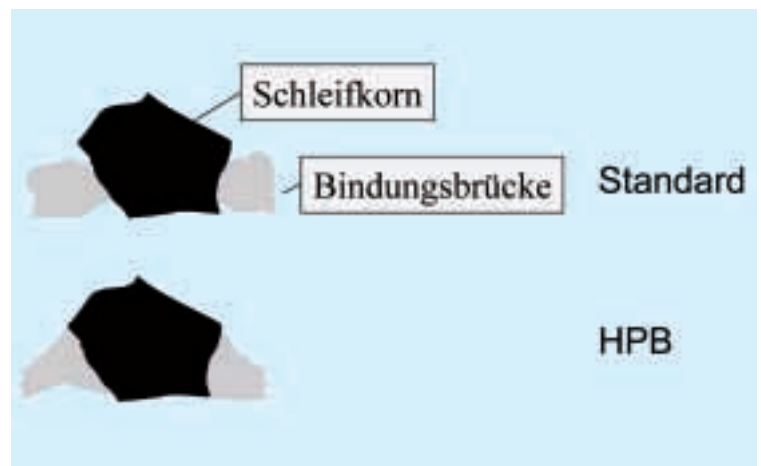
Zur Optimierung des gesamten Werkzeugsystems sollen die Betrachtungen auf das Abrichtwerkzeug ausgedehnt werden. Allgemeiner Stand der Technik bei der Konditionierung von keramisch gebundenen CBN-Schleifwerkzeugen ist der Einsatz von metallgebundenen Diamantabrichtwerkzeugen, idealerweise rotierend.

Die Abrichtwerkzeuge müssen in der Regel zum Nachschärfen an den Hersteller zurückgesandt werden, oder aufwändig im eigenen Hause geschärft werden.

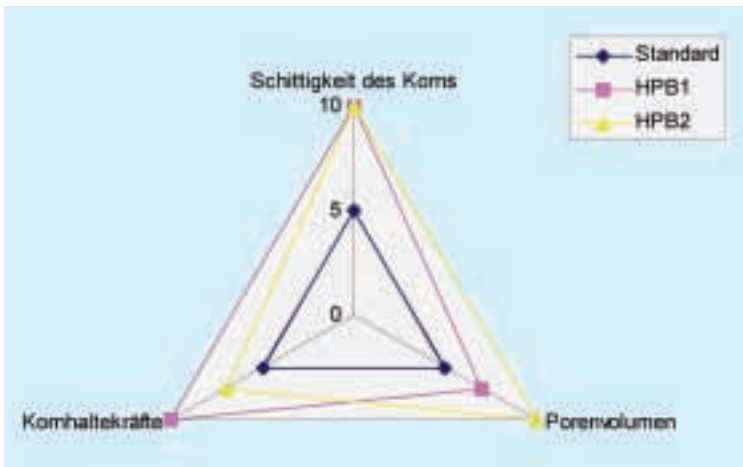
Um diesen kosten- und zeitintensiven Prozess zu vermeiden, wurden erste Prozesse mit neu entwickelten keramisch gebundenen Diamantabrichtwerkzeugen ausgerüstet. Folgende Faktoren



Alle Prozessparameter müssen überprüft und optimiert werden, um einen optimalen Bearbeitungsprozess zu gewährleisten.



Mit dem HPB-Verfahren sind die Körner optimal gebunden.



Durch gezielte Optimierung der einzelnen Faktoren, wird die Variabilität des gesamten Systems vergrößert und dadurch die Faktoren Schnittigkeit und Verschleissbeständigkeit des Werkzeugs verbessert.



Keramisch gebundene Vit-DIA-Abbrichtwerkzeug und Vit-CBN-Schleifkörper (schematische Anordnung).

sind bei der Entwicklung berücksichtigt worden:

- Optimierung der Kornhaltekräfte,
- Freischneidendes System, ohne manuelle Nachschärfung,
- Verschleissbeständigkeit.

Dabei ist klar zu berücksichtigen, dass letztgenannter Punkt den metallischen Bindungen unterlegen bleiben muss. Daraus ergibt sich, dass das CNC-gesteuerte Abfahren feinsten Profile mit

nur punktueller Berührung zurzeit noch die Domäne metallgebundener Abbrichtwerkzeuge bleibt.

Nachschärf-Intervalle sind seltener geworden

Der Einsatz von keramisch gebundenen Abbrichtwerkzeugen hat in der Praxis die Erwartungen voll erfüllen können. Es konnte bestätigt werden, dass das kostenintensive Nachschärfen entfallen kann, oder in deutlich verlängerten Intervallen nötig ist. Gleichzeitig konnte durch die verbesserte Struktur des abgerichteten CBN-Schleifkörpers auch noch die Werkstückgeometrie (Koni-zität einer Bohrung) verbessert werden. Die Anwendung wird erfolgreich seit sechs Monaten auf einer Fertigungslinie eingesetzt. Zurzeit werden alle Produktionslinien dieser Fertigungsstätte mit neuen Abbrichtwerkzeugen ausgestattet.

Die Verschleissbeständigkeit moderner keramischer Abbrichtwerkzeuge ermöglicht die hochpräzise Profilierung von Schleifkörpergeometrien, solange ein Linienkontakt zwischen beiden Systemen vorliegt. Damit entfällt die kostenintensive Unterbrechung des Bearbeitungsprozesses durch einen Wechsel respektive einer Bearbeitung der Abbrichtwerkzeuge.

Potenzial kann noch zunehmen

Hat sich die HPB-Technologie beim Innenrundscheifen bereits praktisch

bewährt, so werden zurzeit auch Anwendungen im Nutenschleifen, Schäl-schleifen, Doppelplanschleifen und sogar Superfinishen getestet. Insbesondere für das Doppelplanschleifen mit ebenfalls grossen Kontaktzonen sind die ersten Ergebnisse sehr viel versprechend.

Die Entwicklung der keramisch gebundenen Abbrichtwerkzeuge zeigt in ersten Anwendungsversuchen äusserst interessante Ergebnisse. Eine systematische Weiterentwicklung auch hin zu profilhaltigen «Vit-Dia-Formrollen»** würde ein interessantes Potenzial bilden, um die bekannten Nachteile vorhandener Abbrichtwerkzeugen zu optimieren.

Info

Meister Abrasives AG
 Industriestrasse 10
 8450 Andelfingen ZH
 Tel. 052-304 22 00
 Fax 052-304 22 11
 www.meister-abrasives.ch
 peter.beyer@meister-abrasives.ch

** «Vit-Dia-Formrollen» sind analog zu Vit-CBN-Schleifscheiben keramisch gebundene Formrollen mit Diamant als Schleifkörper.



im Fokus

Kernkompetenz: keramische Bindungen

Das Unternehmen Meister Abrasives bietet heute Schleifkörper aller Durchmesser an, vom Schleifstift mit 1,3 mm Durchmesser bis zur Pelletscheibe zur Doppelplanbearbeitung von 800 mm Durchmesser. Um den Anwendern weiterhin den Vorsprung in der Produktivität zu erhalten, wurde die Entwicklungstätigkeit im Bereich der keramischen Bindungen, die Kernkompetenz der Meister Abrasives AG, erneut forciert.

Als Schlüsseltechnologie wurden und werden die Bindungen ausschliesslich im eigenen Hause entwickelt. Ein externer Zukauf oder eine Lizenznahme würde Weiterentwicklungen nur verzögern oder ausschliessen, und die Möglichkeit des individuellen Anbietens von kundenspezifischen Lösungen reduzieren.

PETER BEYER

Dr.-Ing., Leiter Technik, F+E, Produktion
 Mitglied der Geschäftsleitung,
 Meister Abrasives AG