

Semiconductor-Technologie ermöglicht Qualitätssprung in der Stahlbearbeitung – die VM (Vitrified Micron)

Alfred Zenczak, Dr.-Ing. P. Beyer

Die schleiftechnische Bearbeitung von Komponenten zur Diesel- und Benzineinspritzung stellt traditionell die Königsklasse der Stahlbearbeitung in Serie dar. Aktuelle Anforderungen zur signifikanten Verbesserung der Abgaswerte erfordern hier für die Schleifoperationen im Bereich Bohrung und Dichtsitz einen weiteren Innovationsschub.

Die Toleranzen der Düsenbauteile werden bedingt durch optimierte Einspritzung, Reduktion von Abgasschadstoffwerten und exakter Abstimmung mit dem Motormanagement von Generation zu Generation enger ausgelegt. Bei einem 4-Zylinder Dieselmotor werden im Drehzahlbereich von 3000min⁻¹ in einem Magnetventil-Injektor typisch bis zu 4000 Nadelhübe pro Minute ausgeführt um Kraftstoff entsprechend fein zerstäubt in 5 Einspritzvorgängen pro Arbeitstakt in den Brennraum einzuspritzen. Bei Piezo-Injektoren werden 7 bis 10 Einspritzvorgänge umgesetzt, dabei kommt es zu sehr kurzen Öffnungs- und Schliessvorgängen von <0.1 ms. Kommt es dabei am Dichtsitz zwischen Düsenkörper und Düsennadel zu geringsten Undichtigkeiten (Nachtropfen) infolge ungenügender oder mangelnder Sitzqualitäten, erfolgt ein schlechter Verbrennungsvorgang mit erhöhten Emissionswerten.

In der Praxis haben sich die ohnedies sehr engen Toleranzen in den letzten Jahren nahezu halbiert und die Einspritzdrücke sind von 1600 auf 2700bar angestiegen. Daraus ergab sich die Notwendigkeit bei neuen Generationen von Injektoren kritische Operationen bei der Sitzbearbeitung von einem Einzelprozess in einen Vor- und Fertigschleifprozess aufzuteilen. Dieses wiederum bedeutet für die einschlägigen Hersteller hohe Investitionskosten in neue Bearbeitungsmaschinen, bzw. aufwendige Umbauten bestehender Anlagen bei den bisher verfügbaren Werkzeugkonzepten.

Bekannt als Spezialist für Präzisionswerkzeuge zum Innenschleifen stellt sich Meister Abrasives dieser Herausforderung mit einer neuen Werkzeuggeneration. Basierend auf den hauseigenen Entwicklungen und Produkten für die Semiconductor Industrie, bei denen niedrige Schleifkräfte und höchste Oberflächen- und Geometrieansprüche Stand der Technik sind, wurde die Bindungstechnologie auch auf CBN-Innenschleifkörper adaptiert.

Die neuen Werkzeuge in VM Bindung beherrschen diese Anforderung ohne zusätzlichen Bearbeitungsschritt, indem die neuen Spezifikationen hohes Zeitspannvolumen gepaart mit hervorragender geometrischer Formbeständigkeit und feinen Oberflächen über einen hohen Abrichtintervall sicherstellen.

Meister VM-Technology

Die Bindungstechnologie VM steht seit nunmehr 10 Jahren als Synonym für Spitzentechnologie und die Grenzen des Machbaren in der Bearbeitung von Wafern für die Halbleiterindustrie. Schleifsysteme mit feinsten Korngrößen bis in den Submikron-Bereich stellen in keramisch gebundenen Anwendungen die Königsklasse der Schleiftechnologie dar. Dokumentierter höchster Standard in Semiconductor-Anwendungen zeichnen die F&E Tätigkeit bei Meister international aus.

Doch was verbirgt sich hinter der VM Technologie?

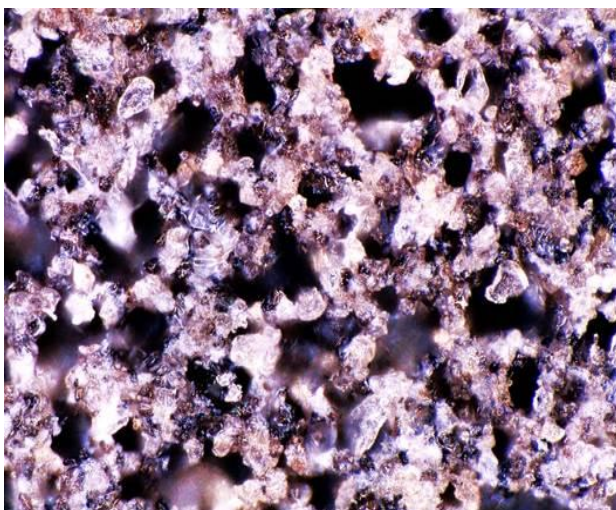


Abb. 1: Detailansicht des Gefüges

Etablierte Meister Bindungssysteme für CBN und Diamant-Werkzeuge wie HPB, HPC und Ceramet ermöglichen hohe Zeitspannvolumina, lassen eine hohe Oberflächengüte jedoch oft nur in beschränktem Ausmaß zu bzw. benötigen einen nachgelagerten Feinschleif- oder Hon-Prozess. Die VM-Bindung basiert auf speziell entwickelten Rohstoffen, welche in

einem dafür geeigneten Aufbereitungsprozess kleinste Schleifkörnungen im Submikron Bereich in eine hochporöse keramische Matrix einbinden. Derart ausgestattete Schleifwerkzeuge wirken extrem schneidfreudig bei deutlich geringerem Druckaufbau in der Kontaktzone. Der Abbau der Schleifkräfte erfolgt im Vergleich zu anderen keramischen Bindungen rascher und schon während der Schlichtphase reduziert sich der verbleibende Schleifdruck deutlich (Abb. 1).

Das «Düsen-Schleiflabor»

Zur anwendungsnahen Entwicklung von Werkzeugen und Prozessen für das Innenrundsleifen, hier insbesondere der Spezialität der Bearbeitung von Kraftstoffeinspritzdüsen, ist hausintern ein voll instrumentiertes Versuchszentrum, basierend auf einer Maschine des Typs U80, Abb.2, aufgebaut worden. Die anwendungsnahen Entwicklung neuer Werkzeuge und Prozesse kann so signifikant verkürzt werden. Dabei sind die Erkenntnisse grundsätzlich für die Bearbeitung kleiner Bohrungen (Durchmesser <8mm) übertragbar.

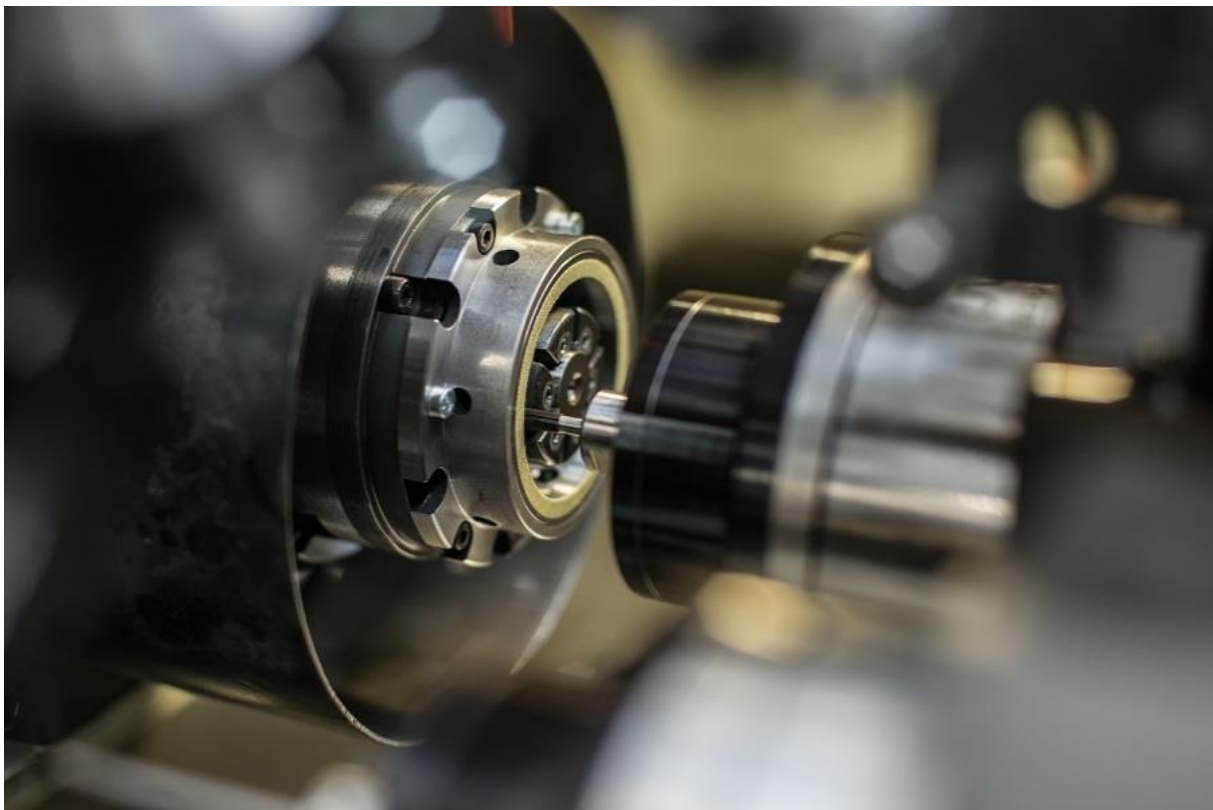


Abb.2: VM Bohrungsschleifscheibe auf UVA U80 im Schleiflabor der Meister Abrasives AG

Das Abrichten der VM

In derartigen Grenzbereichen muss auch dem Abricht- und Konditioniervorgang entsprechende Bedeutung beigemessen werden. Aufeinander abgestimmte CBN Werkzeuge in VM Bindung mit keramisch gebundenen Meister vDD-Diamantabrichtrollen bieten die notwendige Prozesssicherheit und Leistung. Vom ersten Teil an nach dem Abrichten muss jedes Bauteil innerhalb eines Abrichtzyklus die hohen Kriterien und Anforderungen des Kunden erfüllen. Nur als «Matching-Pair» lassen sich die Grenzen des Möglichen weiter verschieben.

Die Anwendung im Meister Schleiflabor und in der Praxis

Für den praxisnahen Vergleich werden Werkzeuge des Typs IG 3.9x9x2/M2 in drei unterschiedlichen Spezifikationen unter identischen Einsatzbedingungen getestet. Dabei kommen die beiden aktuellen Referenzwerkzeuge des Portfolios in Korngrösse B40, bzw. B35, im Vergleich zur VM-Spezifikation in B16 zum Einsatz. Als Werkstück dient ein Demonstrationsbauteil mit den Bohrungsdimensionen 4 x 9mm, welches in der Werkstoffzusammensetzung dem klassischen Einspritzdüsenwerkstoff entspricht. Die Vorbearbeitung und Wärmebehandlung sind einem typischen Serienprozess nachempfunden. Das Schleifaufmass ist bewusst höher angesetzt, um die Werkzeuge einer wesentlich höheren Beanspruchung auszusetzen um die Standfestigkeit innerhalb eines Abrichtintervalls zu ermitteln. Als Kühlschmierstoff kommt ein in der Industrie typisches Schleiföl zum Einsatz. Die wichtigsten Schleif- und Abrichtparameter sind in der nachfolgenden Tabelle 1 dargestellt, die daraus resultierende Weg-Zeitkurve des Prozesses stellt Abb. 3 dar.

	Schleifen:	Abrichten:
Drehrichtung	GGL	GGL
Oszillationslänge mm	vorne: 2.0 / hinten: 2.0	
Oszillationsgeschwindigkeit [mm/min]	grob: 1500 / fein: 500	
Anfahrposition Ø	0.2200mm	
1. Vorschub [mm/min]	0.12 / 1.5	
2. Vorschub [mm/min]	0.05 / 0.5	
3. Vorschub [mm/min]	0.04 / 0.3	
4. Vorschub [mm/min]	0.005 / 0.1	
5. Vorschub [mm/min]	0.000 / 0.05	
Ausfunkzeit	3 Sekunden	
Drehzahl [1 / min]	80000 (16.3 m/s) 2000 (WP)	80000 (Tool) 2000 (WP)
Abrichtvorschub [mm/min]		200
Abrichtbetrag		1 µm im Ø
Abrichtintervall		20

Tab. 1: Abbildung der Schleif und Abrichtparameter

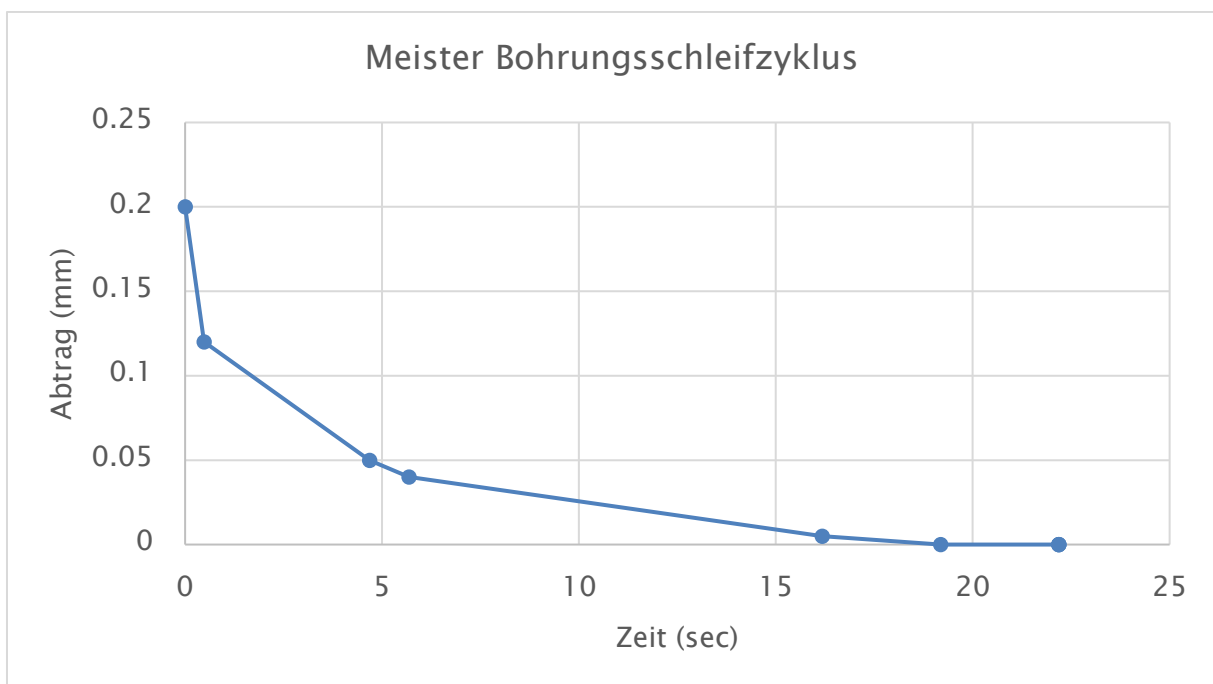


Abb. 3: Weg-Zeitdiagramm Schleifzyklus

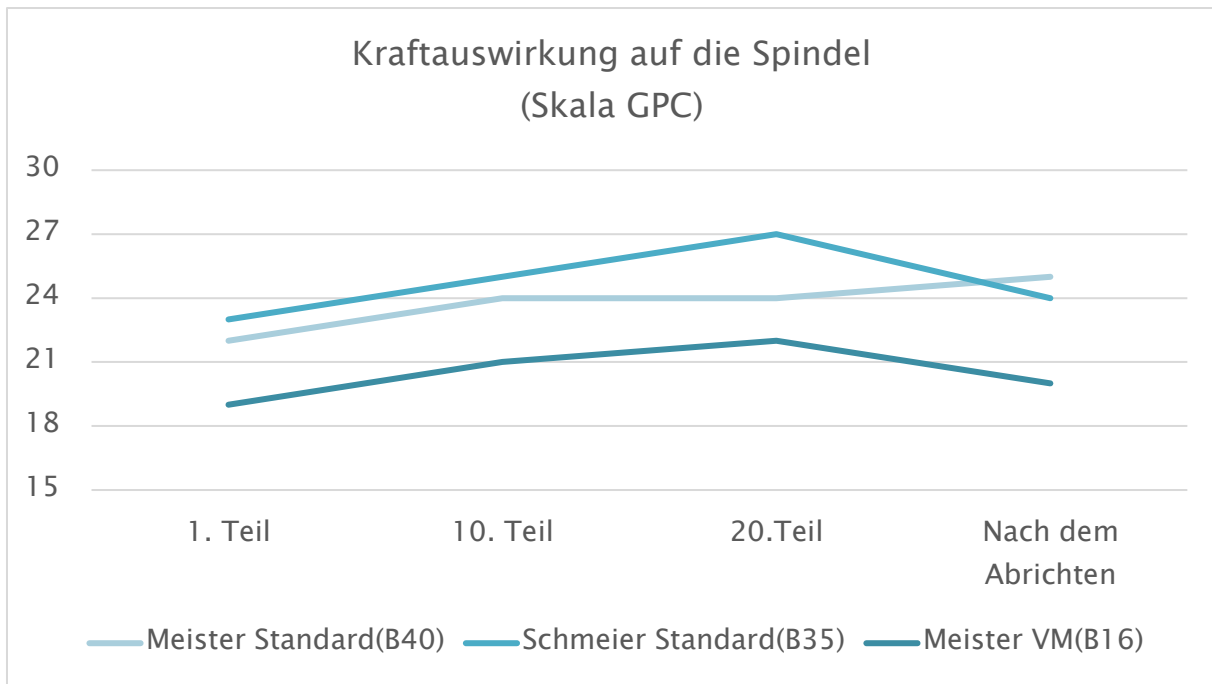


Abb. 4: Kraftauswirkung im Schleifprozess (GPC)

Die Bewertung des Schneidverhaltens einer Schleifscheibe wird unter anderem mit dem maschinenintegrierten GPC-System (Grinding Process Control) durchgeführt. Es handelt sich hierbei um zwei Sensoren, die in der Schleifspindel die Ausbiegung des Schleifdornes während des Prozesses erfassen können. Das Ergebnis kann in Echtzeit über ein kalibriertes Zeigerelement abgelesen werden. Somit ist es möglich, den Schleifdruck direkt im Prozess zu bewerten.

VM Bindungen zeigen trotz der deutlich kleineren Korngröße bei dieser Messung geringere Schleifkräfte, Abb.4. Außerdem ist deutlich zu erkennen, dass der Schleifdruck zum Ende des Prozesses außerordentlich gut abgebaut wird.

Die Oberflächenqualität kann vom ersten Bauteil an bei uneingeschränkter Produktivität verbessert werden. Zusätzlich positiv zu vermerken ist ein reduzierter Anstieg der Oberflächenrauheit über das gesamte Abrichtintervall, Abb.5.

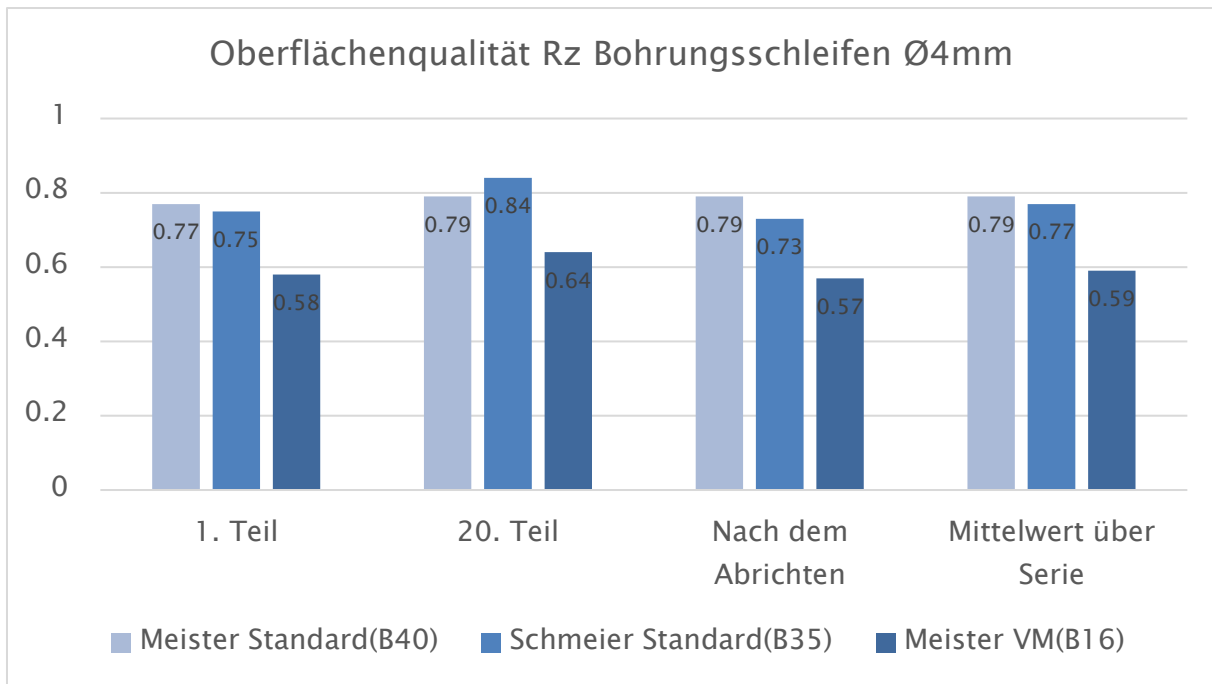


Abb.5: Vergleich der Oberflächenqualität von 2 etablierten Spezifikationen zur VM

Zusammenfassung

Es kann anhand der reduzierten Schleifkräfte und der daraus resultierenden Auslenkung der Schleifwerkzeuge, sowie der deutlich verbesserten und über das Abrichtintervall stabileren Oberflächengüte der VM-Technologie, eine signifikante Qualitätsverbesserung bei konstanten Bearbeitungsparametern nachgewiesen werden. Ein Langzeittest ergab einen deutlich stabilen Prozess in engsten Toleranzen. Dabei ist insbesondere die Auswahl eines komplementär optimierten Abrichtsystems zwingend, da nur eine Optimierung des gesamten Prozesses die entsprechende Leistungssteigerung ermöglicht. In der Praxis stellen sich damit die Schleifwerkzeuge in VM Bindung klar überlegen dar, welches durch das konstant hohe Qualitätsniveau der geschliffenen Demo-Bauteile belegt werden kann.

Diese überzeugenden Vorteile ermöglichen eine schnelle Umsetzung in der Serienproduktion.

Für die kundenspezifische Auslegung stehen die ausgewiesenen Spezialisten aus der Meister-Anwendungstechnik jeweils nach einer sorgfältigen Prozessanalyse beratend auch beim Serienanlauf zur Verfügung.



Meister Abrasives AG Headquarters

Industriestrasse 10

8450 Andelfingen

Schweiz

sales@meister-abrasives.ch

www.meister-abrasives.com

Tel. +41 52 304 22 22

Alfred Zenczak ist Chief Sales Officer der Abraxos-Gruppe (Meister Abrasives AG und Alfons Schmeier GmbH&Co. KG)

Dr.-Ing. Peter Beyer Chief Innovation Officer der Abraxos-Gruppe (Meister Abrasives AG und Alfons Schmeier GmbH&Co. KG) und President des Verwaltungsrats