

Schneidkantenpräparation an Mikrowerkzeugen

Wolfgang THIEL
Magnetfinish GmbH, Galgenried 18, CH-6370 Stans
thiel@magnetfinish.com

Zusammenfassung: Mikrowerkzeuge erobern sich immer neue Anwendungsbereiche. Mit dem Magnetfinishverfahren gelingt eine gezielte Präparation der Schneidkanten auch bei sehr kleinen Werkzeugdurchmessern. Sowohl Umfangsschneiden, als auch Stirnschneiden können im einstelligen Mikrometerbereich verrundet werden. Dabei ergeben sich spezielle Anforderungen an die Messtechnik der Radienbestimmung.

Schlüsselwörter: Mikrowerkzeuge, Schneidkanten, Verrundung, Standzeit, Magnetfeld

1. Einleitung

Die Kantenverrundung an Schneidwerkzeugen ist heute ein probates Mittel um den Standweg der Werkzeuge zu verlängern. Zumindest für Standardwerkzeuge sind diese Zusammenhänge durch zahlreiche Veröffentlichungen belegt. Bei Mikrowerkzeugen ging man vor einigen Jahren noch davon aus, dass eine gezielte Oberflächenbehandlung durch Schneidkantenpräparation und Beschichtung verzichtbar sei. Aufgrund tendenziell immer breiterer Anwendungen steigen aber inzwischen die Anforderungen sowohl an die Beschichtungssysteme für Mikrowerkzeuge, als auch an die vorausgehende Schneidkantenpräparation. Das Magnetfinishverfahren ist in besonderer Weise prädestiniert Kanten an Mikrogeometrien zu bearbeiten, da es einerseits mit Abrasiven sehr kleiner Körnung arbeitet, andererseits durch die mögliche Richtungssteuerung des Abrasivstromes nur geringe Biegemomente auf die bruchgefährdeten Mikrowerkzeuge überträgt.

Das Magnetfinishverfahren liefert vollautomatische Lösungen für die verschiedenen Aufgaben der Oberflächenbehandlung unterschiedlichster Werkzeuge für Industrie und Medizin, sowie Komponenten aus dem Automobilbau. Die Palette der zu bearbeitenden Werkzeuge reicht von Bohrern und Bohrköpfen, Tieflochbohrern, Schaftfräsern, Kugelkopffräsern, Radiusfräsern, Reibahlen, Gewindewerkzeugen bis zu Wendeschneidplatten, Stanzstempeln, Matrizen und Sägeblättern. Das Verfahren ist für die meisten industriellen Werkstoffe, wie Stahl, Hartmetall, Diamant, CBN, PKD, Keramik, sowie für diverse Legierungen und Beschichtungen einsetzbar.

2. Verfahrensprinzip

Das Magnetfinishverfahren arbeitet mit zwei speziellen Komponenten (Bild 1 und 2)

- a) einem rotierenden Magnetfelderzeuger und
- b) darauf haftendem magnetabrasiven Pulver

Der Magnetfelderzeuger ist rotationssymmetrisch aus einem Array von Permanentmagneten aufgebaut. Jedes Pulverkorn des magnetabrasiven Pulvers besteht aus einem Gitter mit abrasiven und magnetischen Bestandteilen, welche fest miteinander verbunden sind. Die magnetischen Bestandteile haben die Funktion, das Pulverkorn im Magnetfeld zu halten, während die abrasiven Komponenten die Schneidfunktion bei der Relativbewegung zwischen dem Pulverkorn und der zu behandelnden Oberfläche übernehmen.

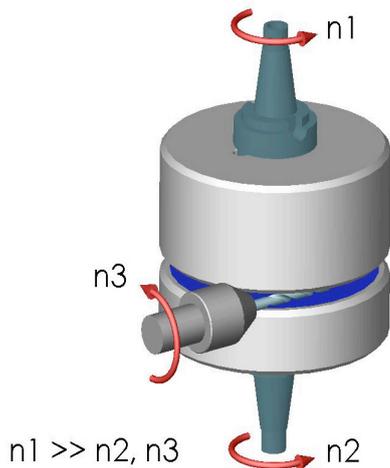


Abbildung 1: Prinzip für Schaftwerkzeuge



Abbildung 2: Realisierung als Kopfmodul

Zur Bearbeitung von Schneidwerkzeugen wird der Magnetfelderzeuger als zylindrischer Körper ausgebildet. Die Aussenflächen des Zylinders sind durch einen Mantel aus einem nicht-magnetischen Stoff, z.B. Aluminium, umgeben, so dass die magnetischen Feldlinien nur an der inneren Flachseite des Zylinders austreten. Auf dieser Fläche haftet das magnetische Pulver in einer Schichtdicke von 5-7mm. Zu dieser Fläche wird die zu bearbeitende Werkzeugoberfläche in einen definierten Abstand gebracht, so dass der Spalt zwischen Magnetfläche und Werkzeugoberfläche mit magnetabrasivem Pulver gefüllt ist.

Bei Rotation des Magnetkopfes entsteht eine Relativbewegung des Pulvers zur Werkstückoberfläche. Diese ermöglicht die gewünschte abrasive Bearbeitung. Die magnetische Haftung des Pulvers erlaubt eine hohe Bahngeschwindigkeit der Pulverkörner relativ zur behandelten Oberfläche. So werden Prozesszeiten im einstelligen Sekundenbereich erreicht. Das magnetabrasive Pulver wird über die gesamte Länge des Werkzeuges gleichmässig auf dessen Oberflächen gepresst (Bild 3). So wird eine konstante Bearbeitungsqualität von der Spitze des Werkzeuges bis zum Schaft erzielt.

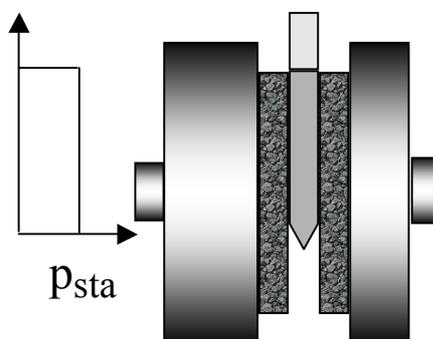


Abbildung 3: Gleichmässiger Bearbeitungsdruck über die ganze Werkzeuglänge

3. Verrundung von Werkzeugschneidkanten

Jeder Schleifprozess geht im mikrogeometrischen Bereich einher mit unerwünschten Oberflächendefekten. So ergeben sich an den Haupt- und Nebenschneiden der Werkzeuge zwangsläufig Grate oder Schartigkeiten, die beim Werkzeugeinsatz zu Mikroausbrüchen und damit vorzeitigem Verschleiss führen können. Durch gezielte Beseitigung dieser Oberflächendefekte und der Herstellung der gewünschten Mikrogeometrie kann sowohl die Standzeit der Werkzeuge verbessert, als auch die Zerspanleistung reproduzierbar gesteigert werden.

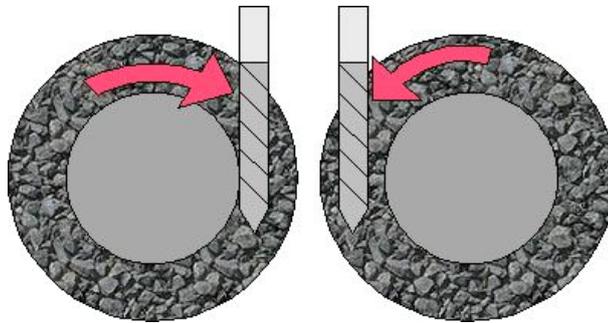


Abbildung 4: Polierung der Spannut / Verrundung der Umfangsschneiden

Mit verschiedenen Anströmwinkeln des Abrasives auf die Werkzeuggeometrie können unterschiedliche Wirkungen erzielt werden. Bei der Schneidkantenverrundung ist es möglich, die Umfangsschneiden unabhängig von den Stirnschneiden zu bearbeiten. Abbildung 4 (rechte Seite) zeigt das Prinzip der Verrundung an Umfangsschneiden. In Abbildung 5 ist die Verrundung der Stirnschneiden dargestellt. Durch das Prinzip der Anstellung des Werkzeuges gemäss seinem Bohrspitzenwinkel wird eine gleichmässige Bearbeitung der Schneidkanten erzielt.

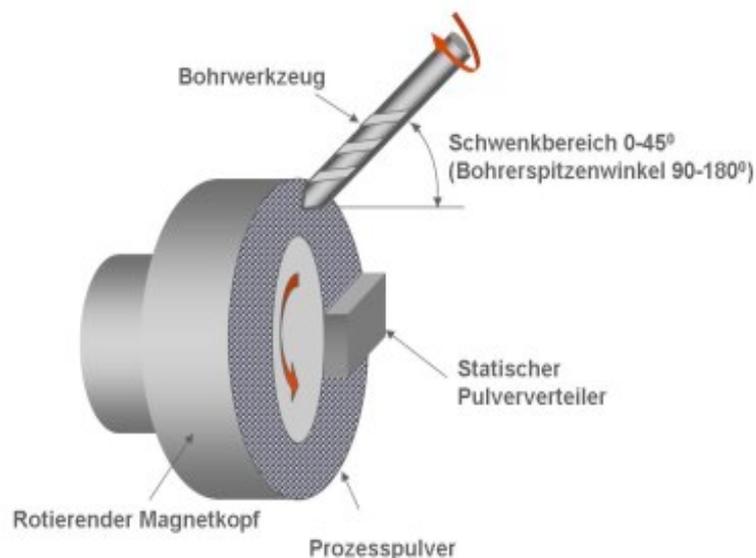


Abbildung 5: Verrundung der Schneidkanten an den Werkzeugspitzen

Abbildung 6 zeigt die Hauptschneide eines 16mm Hartmetallbohrers. Sie wurde auf 40µm verrundet. Der relativ grosse Verrundungsradius prädestiniert dieses Werkzeug zur Zerspanung von sprödem Material, wie z.B. Grauguss. Das Foto zeigt einen gleichmässigen Radius von der Schneidenecke bis zur Spitze. Durch eine gezielte Abweichung der Stellung des Magnetkopfes vom Spitzenwinkel des Werkzeuges sind auch graduell Verläufe mit zu- oder abnehmenden Verrundungsradien herstellbar.

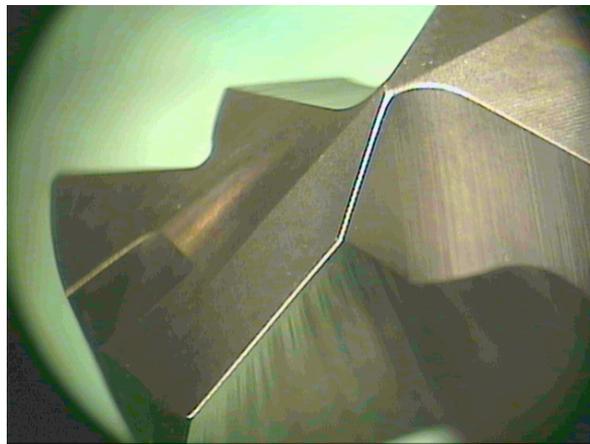


Abbildung 6: Verrundung der Hauptschneide eines 16mm-Hartmetallbohrers mit 40µm

Das gleiche Werkzeug wurde in Abbildung 7 durch die Optik eines Messgerätes zur Kantenverrundung fotografiert. Fa. Magnetfinish setzt bei der Radiusbestimmung ein Gerät ein, das auf der Streifenlichtprojektion beruht. Auf der rechten Seite ist einer der Schnitte innerhalb des Messbereiches dargestellt, der die Verrundung als näherungsweise kreisförmig ausweist.

Messwert	Einh.	Mittel	Min	Max	StdAbw
-- Radiusmessung--					
Radius	µm	38,4	37,1	39,7	17,17
-- Schartigkeitsmessung--					
Schartigkeit	µm	0,6	0,0	2,3	

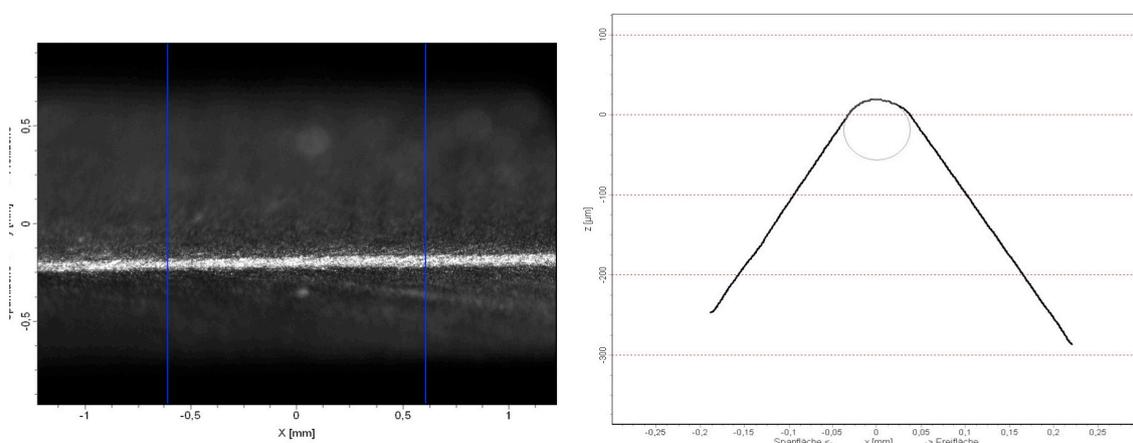


Abbildung 7: Foto mit Messbereich sowie zugehöriger Schnittdarstellung

4. Spezielle Anforderungen bei Mikrowerkzeugen

Wenn von Mikrowerkzeugen gesprochen wird, sind heute meist Durchmesser kleiner 2mm gemeint, wobei der Schaft überwiegend als Einheitsschaft von $D=3\text{mm}$ nach DIN 6535 gefertigt wird. Werkzeuge dieser Dimensionen werden in steigender Zahl eingesetzt z.B. in der IT-Branche, der mobilen Kommunikationstechnik, der Medizintechnik und bei Einspritzsystemen im Motorenbau.

Bei Mikrowerkzeugen liegen die anwendungsbedingten optimalen Kantenradien zwischen 2 und 10 Mikrometern. Um Verrundungen in diesem Bereich vorzunehmen, sind mit dem Magnetfinish Verfahren Prozesszeiten zwischen 5s und 20s typisch. Um in diesem Bereich einstellbare und reproduzierbare Verrundungsradien zu erhalten, wird die Intensität des abrasiven Prozesses zurückgenommen. Dazu wird der Abstand zwischen Magnetfelderzeuger und Werkzeugoberfläche vergrößert. Abbildung 8 zeigt den Zusammenhang.

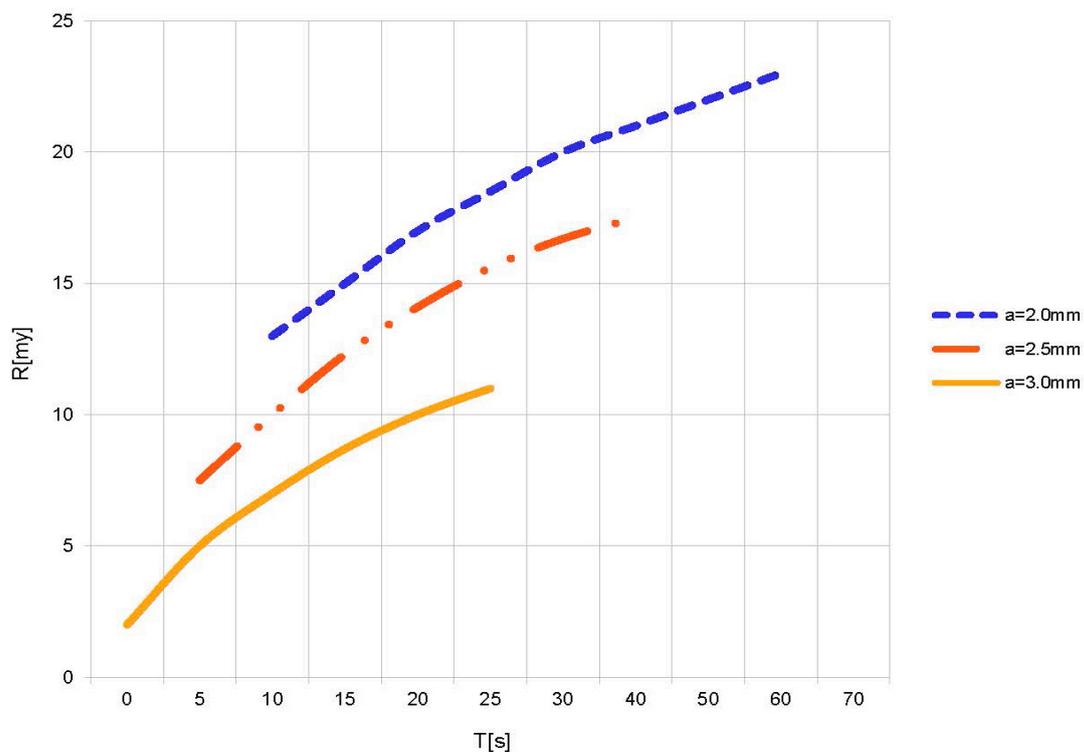


Abbildung 8: Abhängigkeit des Verrundungsradius von Zeit und Abstand

Mikrowerkzeuge werden typischerweise gemäss der unteren (durchgezogenen) Kurve mit einem Abstand von 3mm bearbeitet. Durch den verringerten Pulverdruck werden Werkzeugbrüche vermieden.

5. Ergebnisse von Schneidkantenverrundungen

Abbildung 9 zeigt die Verrundung der Schneiden an einem Hartmetallsägeblatt $D=25\text{mm}$ und einer Schneidenlänge von 1mm. Mit dem Verrundungsradius von $5\mu\text{m}$ wurde bei Schnitten in Kupfer eine Standzeitverlängerung von 50% erzielt.

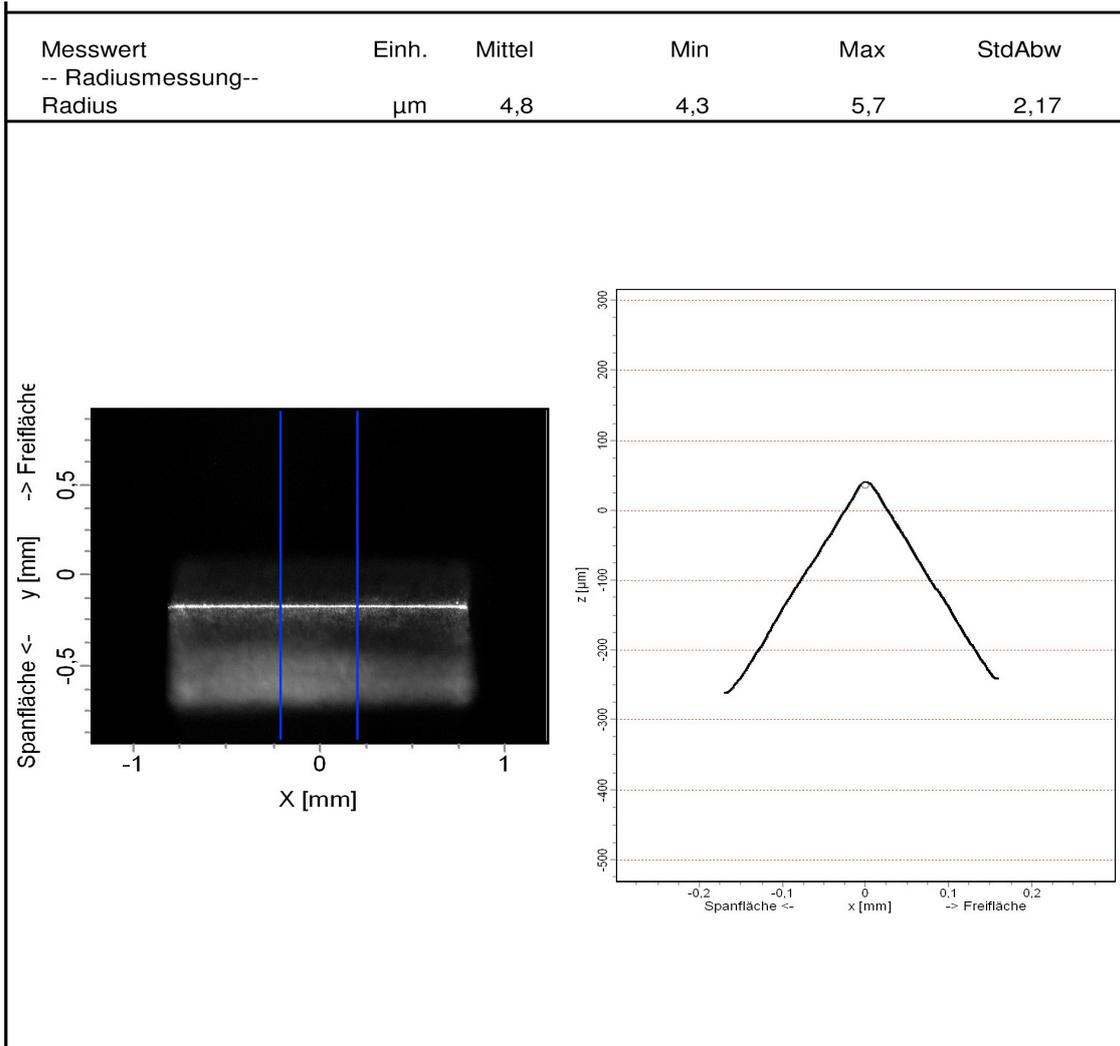


Abbildung 9: Sägeblattzahn $L=1\text{mm}$, verrundet mit 5my , Foto mit Messbereich sowie zugehörige Schnittdarstellung

Die Grenzen der herkömmlichen Messtechnik werden hier erreicht. Die kurzen Schneidkanten lassen nur noch wenige Messpunkte zu, da die Auflösung der optischen Messsysteme begrenzt ist. Eine gewisse Verbesserung der Auflösung gelingt durch Verwendung ausschliesslich kuzwelligen, d.h. blauen Lichtes.

Ebenfalls problematisch gestaltet sich die Bestimmung der Radien an den Umfangsschneiden der Mikrowerkzeuge. Diese Schneidkanten liegen nicht mehr wie an der Werkzeugspitze in einer Ebene, sondern sind gekrümmt. Der Krümmungsradius nimmt mit dem Aussendurchmesser des Werkzeuges ab. Das trifft in gleichem Masse für die Hauptschneiden von Kugelkopffräsern zu, wie aus Abbildung 10 zu ersehen. Der noch fokussierbare Bereich der Schneidkanten ist hier auf ein Minimum geschrumpft, obwohl der Schneidkantenradius mit 10my noch im mittleren Bereich liegt.

Messwert	Einh.	Mittel	Min	Max	StdAbw
-- Radiusmessung--					
Radius	μm	10,0	9,4	10,6	4,50
-- Schartigkeitsmessung--					
Schartigkeit	μm	0,8	0,0	3,5	

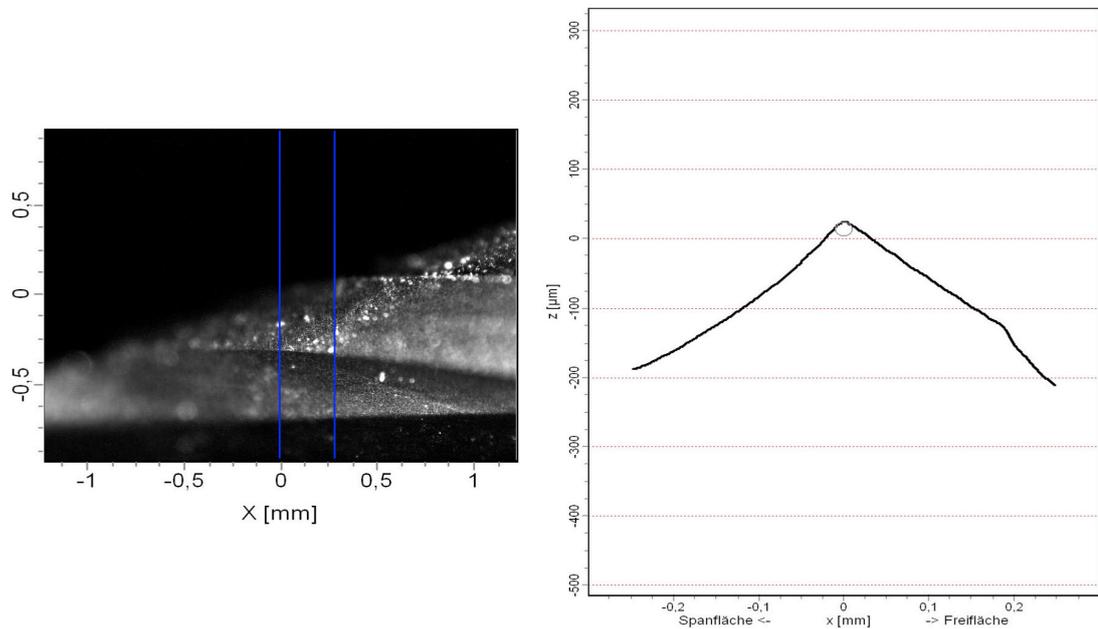
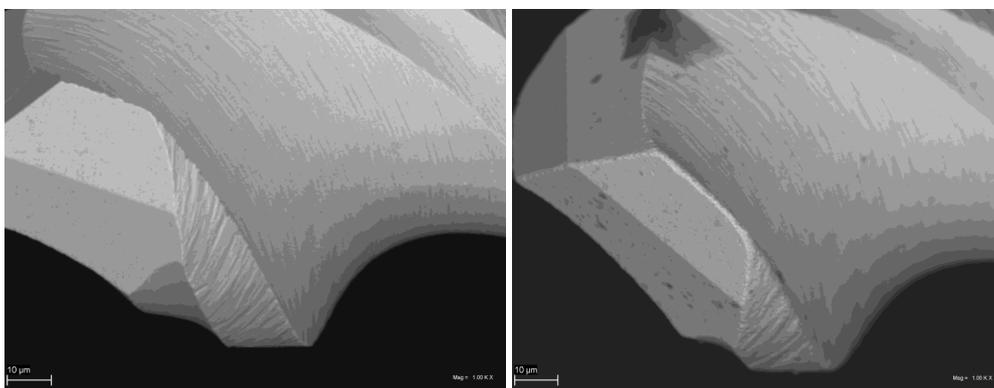


Abbildung 10: Kugelkopffräser D=1.5mm, Umfangsschneide verrundet mit 10μm

Bei extrem kleinen Durchmessern, wie in Abb. 11 gezeigt, ist nur noch eine indirekte Bestimmung über ein Rasterelektronenmikroskop möglich.



Nach dem Schleifen: extrem "schartige" Schneiden

*Nach 20s MF-Bearbeitung:
Beseitigung der Scharten bei R= 1μm*

Abbildung 11: Kantenverrundung an einem 0.09mm VHM-Bohrer

Das entsprechende Foto zeigt aber dennoch deutlich, die Qualitätsverbesserung der Schneidkante dieses Mikrobohrers durch Bearbeitung mit dem Magnetfinishverfahren.

Referenzen

Denkena, B.; Kramer, N.; Siegel, F.; Kästner, J.: „Leistungsoptimierung an der Schneidkante“; VDI-Z Special Werkzeuge, August 2007.

Tawakoli, T.: „Moderne Schleiftechnologie und Feinstbearbeitung“; Hochschule Furtwangen University, Mai 2008.

Biermann, D., Wolf, M.; Heymann, T.: „Magnetfinishen zur Präparation von VHM-Werkzeugen“; dihw Magazin, 2 / 2013.

Tikal, F.; Bienemann, R.; Heckmann, L.: „Schneidkantenpräparation“; Kassel University, 2009