

Reproduzierbare Verrundung von Schneidkanten an Mikrowerkzeugen

Thiel, W.

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

Abstrakt: 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.

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 Abrasivestromes 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 und Matrizen. Das Verfahren ist für die meisten industriellen Werkstoffe, wie Stahl, Hartmetall, Diamant, CBN, PKD, Keramik, sowie für diverse Legierungen und Beschichtungen einsetzbar.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

2. VERFAHRENSPRINZIP

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

- a) einem rotierenden Magnetfelderzeuger und
- b) darauf haftenden 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.

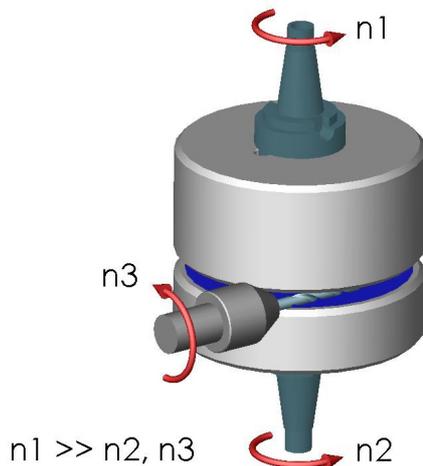


Abbildung 1: Prinzip für Schaftwerkzeuge

Abbildung 2: 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.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

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.

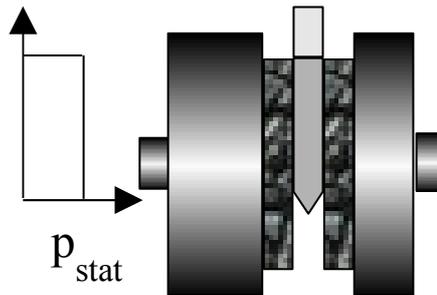


Abbildung 3: Gleichmässiger Bearbeitungsdruck über die ganze Werkzeuglänge

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.

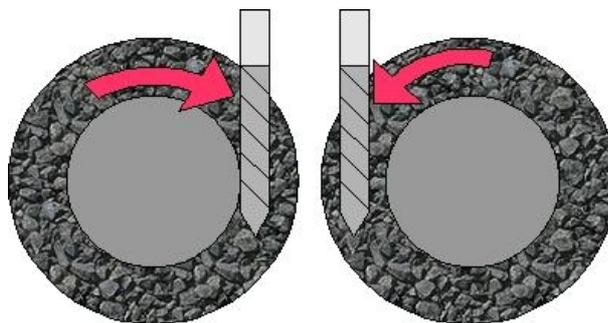


Abbildung 4: Polierung der Spannuten / Verrundung der Umfangsschneiden

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

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 Bohrerstippenwinkel wird eine gleichmässige Bearbeitung der Schneidkanten erzielt.

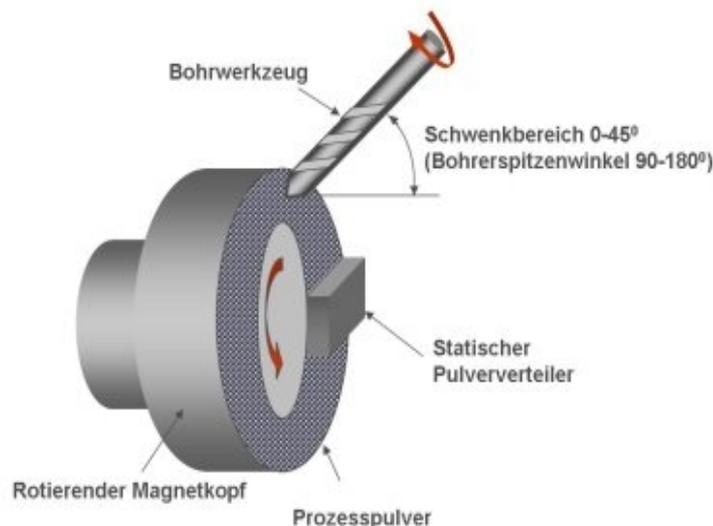


Abbildung 5: Verrundung der Schneidkanten an den Werkzeugspitzen

Abbildung 6 zeigt die Hauptschneide eines 16mm Hartmetallbohrers. Sie wurde auf 40my verrundet. Der relativ grosse Verrundungsradius prädestiniert dieses Werkzeug zur Zerspannung 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.

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.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

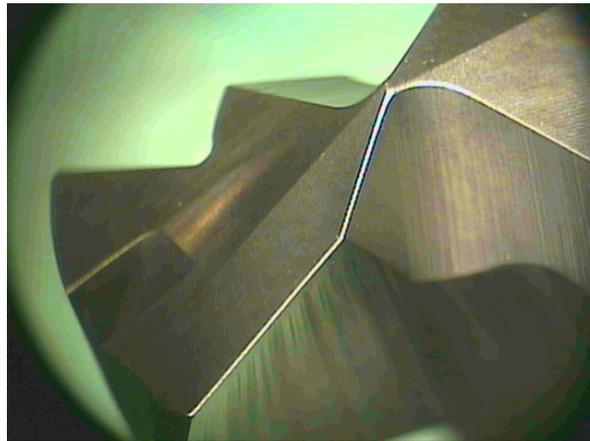


Abbildung 6: Verrundung der Hauptschneide eines 16mm-Hartmetallbohrers mit 40my

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	

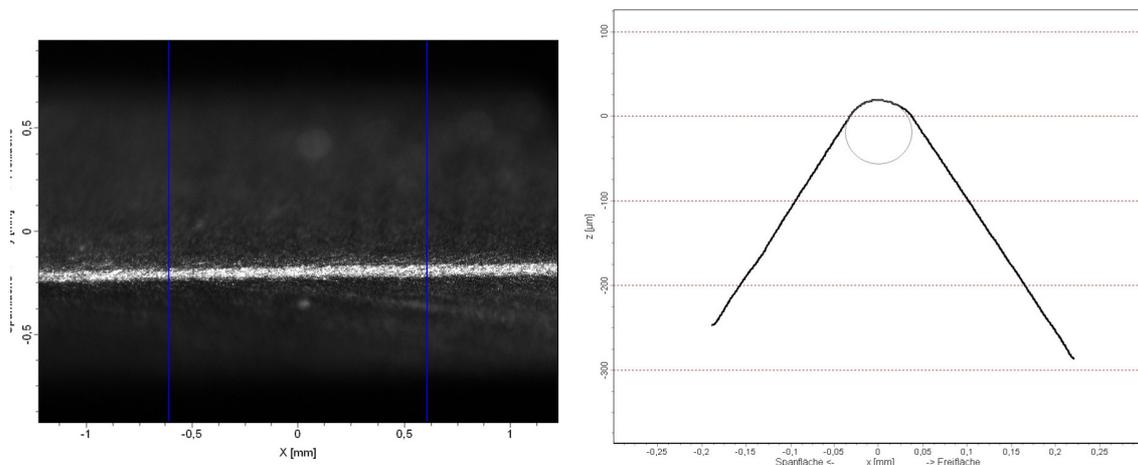


Abbildung 7: Foto mit Messbereich sowie zugehöriger Schnittdarstellung

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=3mm 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.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

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.

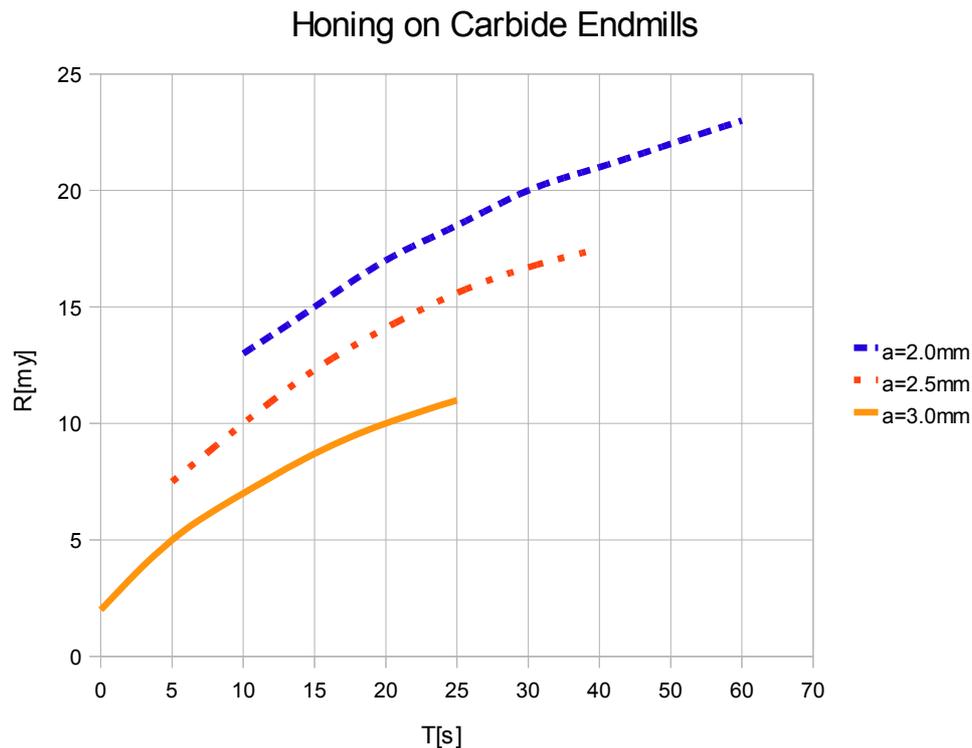


Abbildung 8: Abhängigkeit des Verrundungsradius von Zeit und Abstand

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

5. ERGEBNISSE VON SCHNEIDKANTENPRÄPARATIONEN

Abbildung 9 zeigt die Verrundung der Hauptschneide an einem 0.5mm Hartmetallfräser. Der Verrundungsradius von 4μm entspricht den Anforderungen an eine relativ scharfe aber schartenarme Schneidkante, wie sie beim Einsatz in zähem Material, wie z.B. Titan gewünscht wird.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

Messwert	Einh.	Mittel	Min	Max	StdAbw
-- Radiusmessung--					
Radius	μm	4,3	3,5	5,1	1,98
-- Schartigkeitsmessung--					
Schartigkeit	μm	0,8	0,0	2,0	

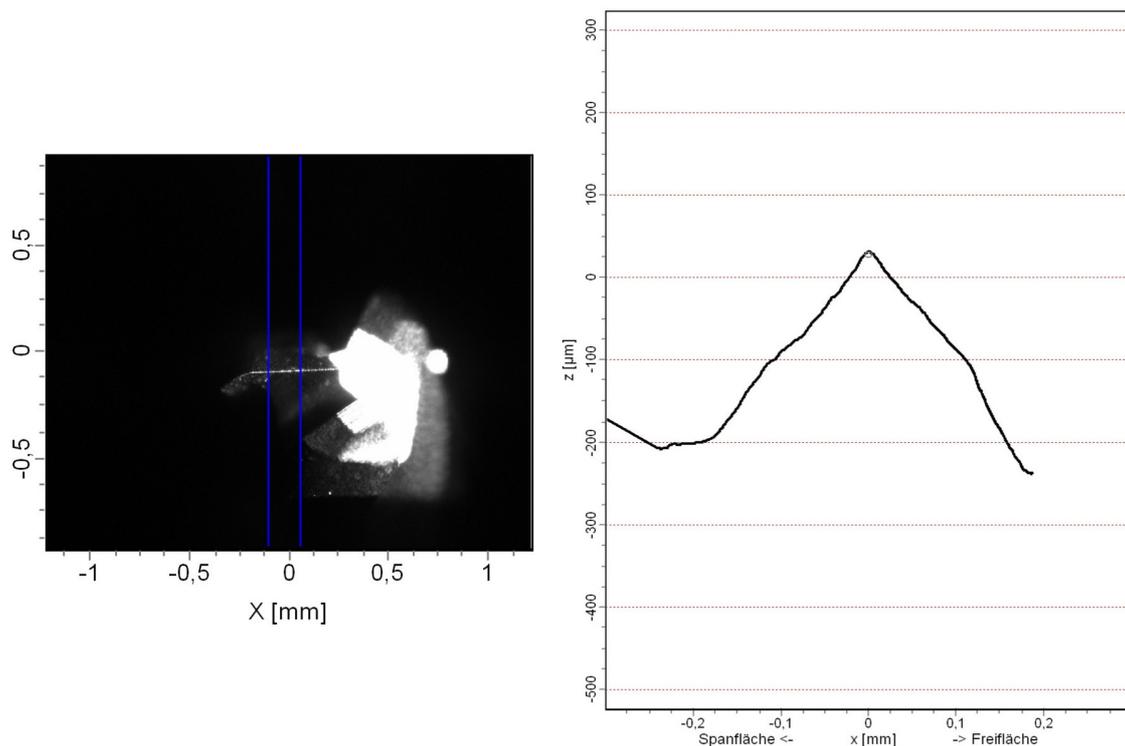


Abbildung 9: Fräser $D=0.5\text{mm}$, Werkzeugspitze verrundet mit 4my , Foto mit Messbereich sowie zugehörige Schnittdarstellung

Die Grenzen der herkömmlichen Messtechnik werden hier erreicht. Die kurzen Schneidkanten lassen nur noch wenige Messpunkte zu, da die Auflösung des Messsystems begrenzt ist.

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.

1. IMSAS-Treffen: Kanten und Radien

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	

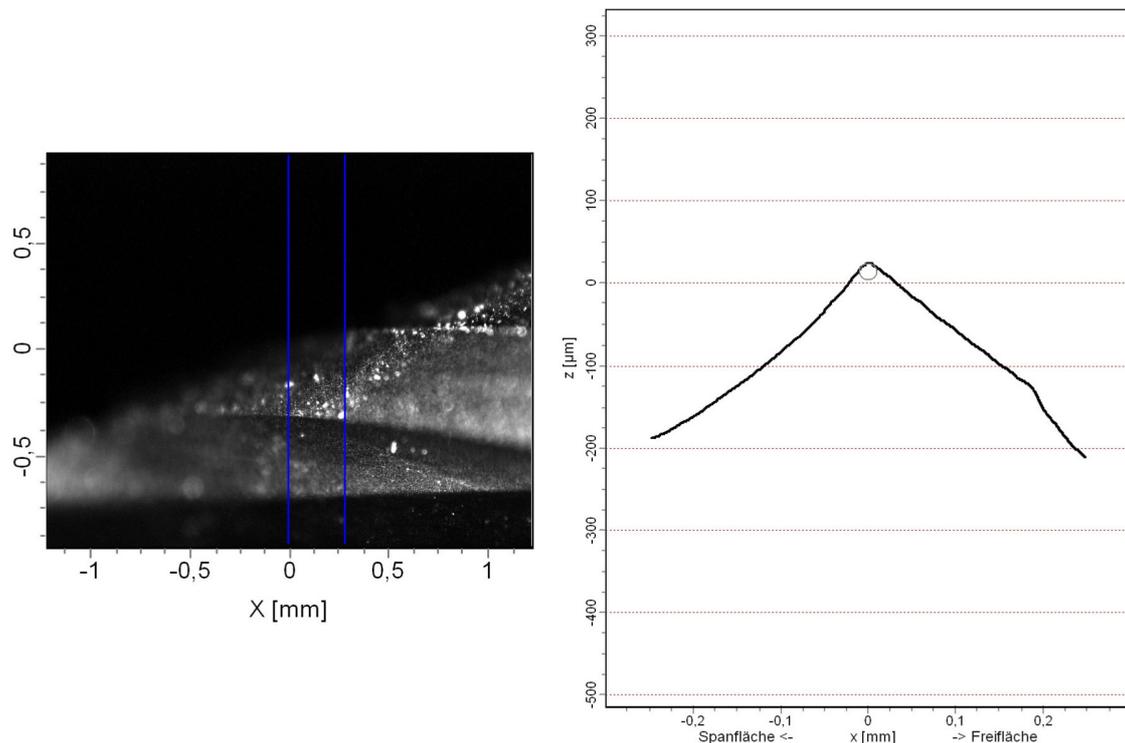


Abbildung 10: Kugelkopfräser $D=1.5\text{mm}$, Umfangsschneide verrundet mit 10my , Foto mit Messbereich sowie zugehörige Schnittdarstellung

QUELLEN

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

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

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