

Magnetfinishtechnologie für Schneidwerkzeuge

Zur Leistungssteigerung von Präzisionswerkzeugen gewinnt deren gezielte Oberflächenbehandlung zunehmend an Bedeutung. Hier wird eines der neueren Verfahren und dessen Anwendung vorgestellt.

Verfahrensprinzip

Das Magnetfinishverfahren arbeitet mit zwei speziellen Komponenten:

- einem rotierenden Magnetfelderzeuger und
- einem mitbewegtem magnetabrasiven Pulver

Der Magnetfelderzeuger ist rotationssymmetrisch aus einem Array von Permanentmagneten aufgebaut. Das Korn 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 Pulver-

korn und der zu behandelnden Oberfläche übernehmen. Zur Bearbeitung von Schneidwerkzeugen wird der Magnetfelderzeuger als zylindrischer Körper (Magnetkopf) ausgeführt. Die Außenflächen des Zylinders sind durch einen Mantel aus einem unmagnetischen Stoff, z.B. Aluminium, umgeben, so dass die magnetischen Feldlinien nur an der inneren Flachseite des Zylinders austreten. Auf dieser Fläche haftet das permanentmagnetische Pulver in einer Schichtdicke von 5-7 mm. Zu dieser Fläche wird die zu bearbeitende Werkzeugoberfläche in einen definierten Abstand gebracht, so dass der Spalt zwischen Magnetfläche und Werkzeugoberfläche vollständig mit magnetabrasivem Pulver gefüllt ist. Das Pulver dient dabei als elastisches Poliermedium. Die Härte dieses Poliermediums kann durch Stellen der Prozessparameter gezielt verändert werden. So wird z.B. durch Vergrößerung des Bearbeitungsabstandes generell ein weicherer, elastischeres Poliermedium erzeugt. Bei Rotation

des Magnetkopfes entsteht eine Relativbewegung des Pulvers zur Werkstückoberfläche. Diese ermöglicht die gewünschte abrasive Bearbeitung. Durch den Einsatz von Permanentmagneten wird eine besonders intensive Pulverhaftung erzielt, die einen hohen Arbeitsdruck des Pulvers auf die zu bearbeitende Oberfläche ermöglicht. Die magnetische Haftung des Pulvers erlaubt zudem eine extrem hohe Bahngeschwindigkeit der Pulverkörner relativ zur behandelten Oberfläche, die um den Faktor 5 größer ist als z.B. beim Schleppscheifen. So werden Prozesszeiten im einstelligen Sekundenbereich erzielt. Mit dem Verfahren ist sowohl die Behandlung magnetischer Werkstoffe (z.B. HSS), schwach magnetischer Stoffe (z.B. HM), als auch nicht magnetischer Werkstoffe (z.B. Titan) möglich.

Spezifika für Schneidwerkzeuge

Bild 1 zeigt den Arbeitsablauf bei der Bearbeitung von Schaftwerkzeugen. Nur der obere der

Bild 1:
Arbeitsprinzip für
Schaftwerkzeuge

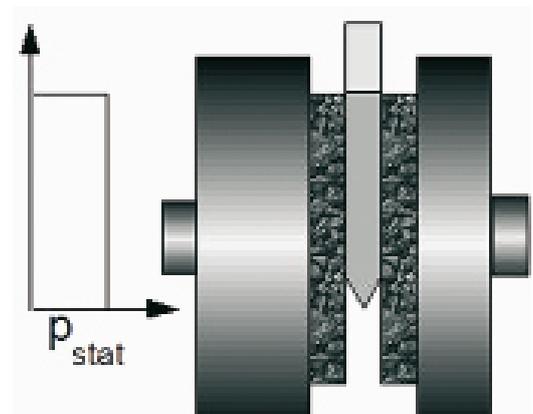
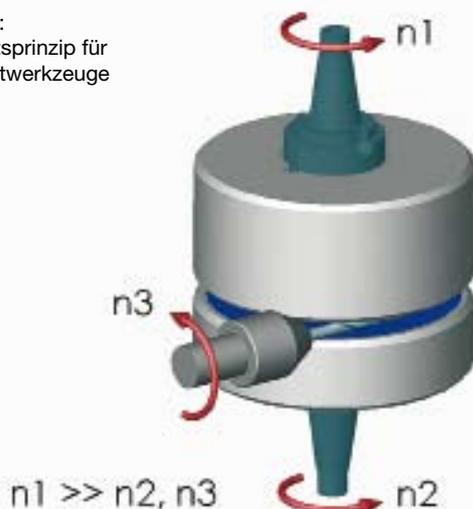


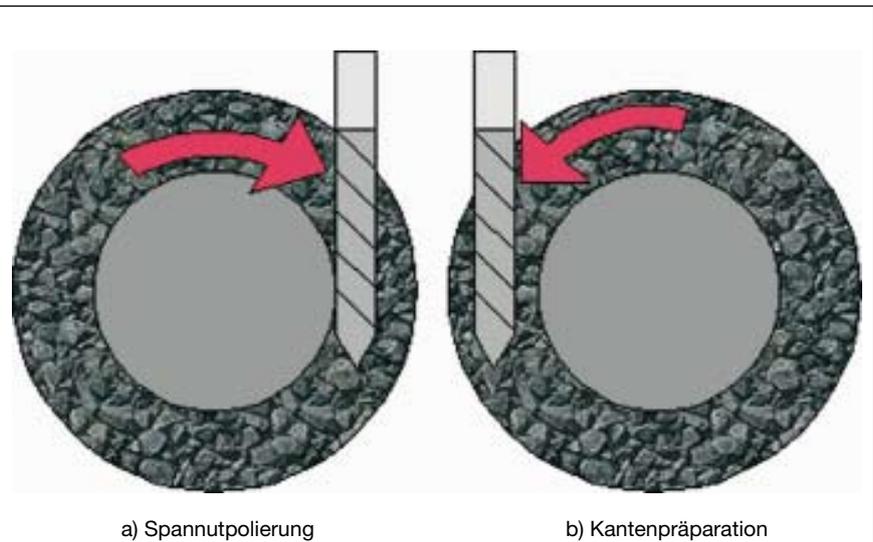
Bild 2: Gleichmäßiger Bearbeitungsdruck über die Länge des Werkzeuges

beiden Magnetköpfe (Arbeitskopf) leistet die Polierarbeit. Der zweite, schwächere Magnetkopf dient der Verteilung des magnetabrasiven Pulvers. Er wird deshalb nur mit 10 % der Drehzahl des Arbeitskopfes angetrieben. Das zu bearbeitende Schaftwerkzeug wird symmetrisch zwischen den beiden Magnetköpfen positioniert. Seine Drehung dient lediglich der gleichmäßigen Bearbeitung des Werkzeugumfangs und leistet keinen eigenen Beitrag zur Polierarbeit.

Das magnetabrasive Pulver wird über die gesamte Länge des Werkzeuges gleichmäßig auf dessen Oberflächen gepresst, Bild 2. So wird im Gegensatz zu allen Verfahren mit abrasivem Schüttgut eine konstante Bearbeitungsqualität von der Spitze des Werkzeuges bis zum Schaft erzielt. Durch die Steuerbarkeit der Eintauchposition des Werkzeuges gelingt mit dem Magnetfinishverfahren eine nahezu vollständige Separierung der zwei Aufgabenklassen:

- a) Spannutpolierung und
- b) Kantenpräparation.

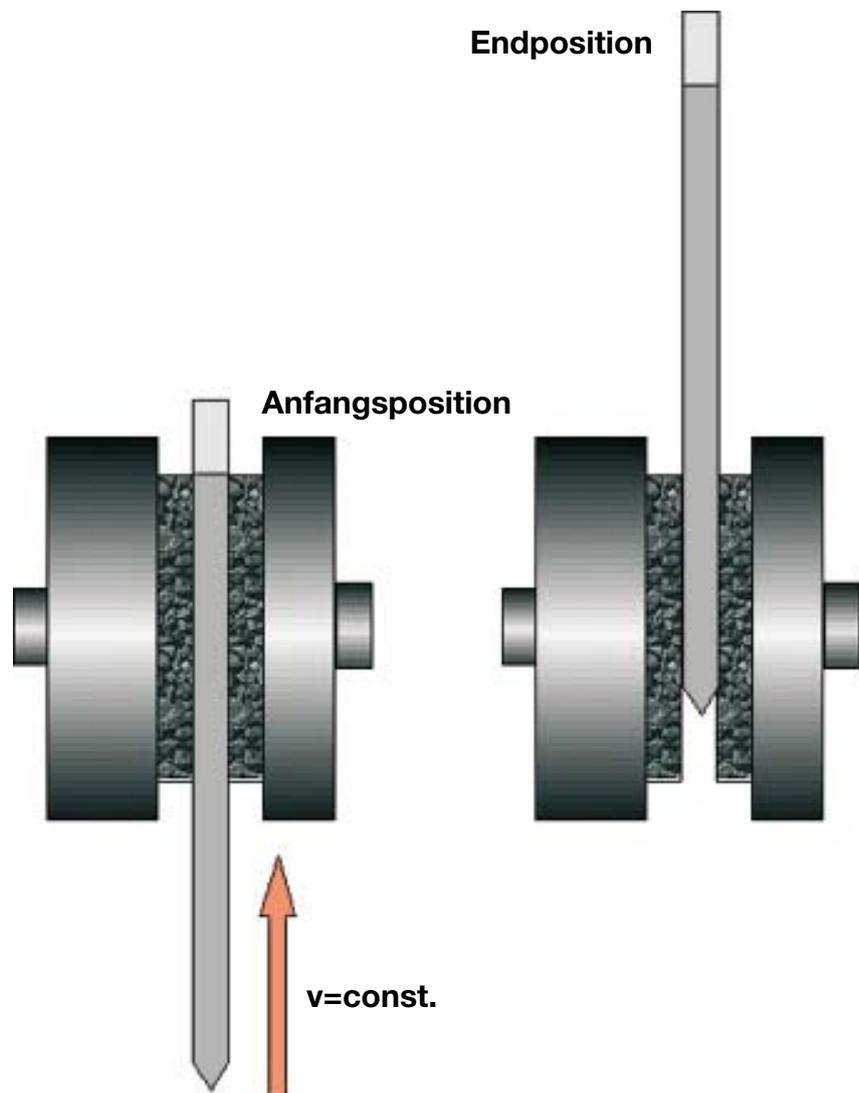
Bild 3 zeigt die Einstellung der zwei kinematischen Prozessparameter, Drehrichtung des Arbeitskopfes und Eintauchposition, für die jeweilige Aufgabe. In der Variante a) läuft das magnetabrasive Pulver durch die Spannut. In der Variante b) gegen die Schneidkante. Eine besondere Bedeutung kommt der Spannutpolierung bei Tieflochbohrern zu. Diese müssen auf ihrer gesamten Spannutlänge die entstehenden Späne schnell und reibungsarm abtransportieren. Adhäsion zwischen Span und Spannut kann schnell zum Versiegen des Spantransportes und in der Folge zum Bruch des Tieflochbohrers führen. Insbesondere beim Bohren von Stoffen großer Zähigkeit wie Aluminium und Titan ist eine Spannutpolierung für den High Speed Cutting Einsatz



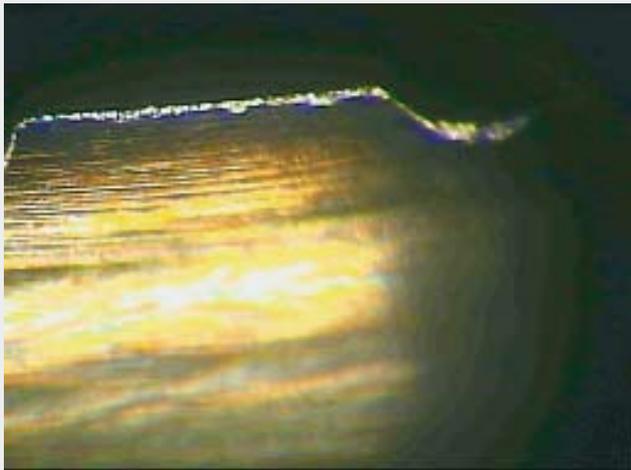
a) Spannutpolierung

b) Kantenpräparation

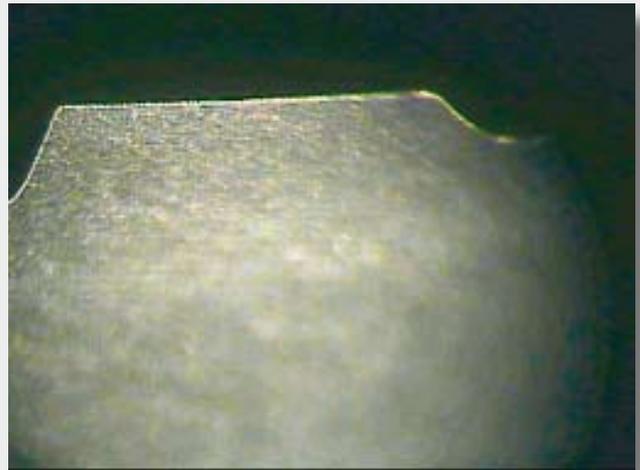
Bild 3: Selektive Auswahl der Bearbeitung

Bild 4:
Arbeitsprinzip für Tieflochbohrer

HSS-Gewindebohrer M6, 2. Zahn; 80-fach vergrößert



Nach dem Schleifen: schartig u. grathaltig



Nach MF-Bearbeitung: Schartigkeit u. Grat beseitigt, Politur der Schleifriefen, 15s, mittelfeines Pulver

Bild 5: Beseitigung von Schleifgrat an einem Gewindebohrer

des Tieflochbohrers unabdingbar. Die Politur der Spannuten von Tieflochbohrern mit reproduzierbarem Ergebnis ist eine besondere Herausforderung. Die Fa. Magnetfinish hat hierzu eine spezielle Kinematik entwickelt, welche in Bild 4 illustriert ist. Tieflochbohrer überragen i.d.R. den optimalen Bearbeitungsbereich zwischen den Magnetköpfen. Um dennoch eine gleichmäßige Bearbeitung auf

der gesamten Funktionslänge sicher zu stellen, wird das Werkzeug kontinuierlich zwischen den beiden Magnetköpfen hindurchgezogen. Die Vorschubgeschwindigkeit dieser linearen Werkzeugbewegung wird von der gewünschten Intensität der Bearbeitung gesteuert. Ein Limit für die Länge des zu bearbeitenden Werkzeuges existiert bei dieser Methode nicht. Die genannten speziellen Eigen-

schaften des Magnetfinishverfahrens prädestinieren dieses für die Bearbeitung unterschiedlichster schneidender Werkzeuge. Im Folgenden werden die Hauptanwendungen näher vorgestellt.

Applikation Feinstentgratung

Grate an den Schneidkanten hervorgerufen vom Schleifprozess müssen beseitigt werden. Sie können anderenfalls schon

VHM-Kugelfräser D = 1,0 mm; 60-fach vergrößert



Vor MF-Bearbeitung: scharfe Kanten nach dem Schleifen



Nach MF-Bearbeitung: gleichmäßige Kantenverrundung, R=5 µm, 20s, grobes Pulver

Bild 6: Kantenpräparation an einem Mikrowerkzeug



Bild 7:
Magnetfinishmaschine für
Schaftwerkzeuge (Hersteller:
Magnetfinish GmbH,
www.magnetfinish.com)

Magnetfinishverfahren ist geeignet, derartige Schleifgrate zu entfernen, weil es bei Wahl der entsprechenden Prozessparameter die an der Schneidkante überstehenden Grate abbricht, ohne dabei die Frei- und Spanfläche zu bearbeiten. Bild 5 zeigt das Ergebnis einer

beim Ersteinsatz des Werkzeuges zu Kantenausbrüchen und in der Folge zu beschädigten Oberflächen bzw. vorzeitigem Werkzeugausfall führen. Das

Entgratung, bei der gleichzeitig die Schartigkeit, die ebenfalls vom Schleifprozess herrührte, deutlich reduziert werden konnte. Die Feinstentgratung von Schneid-

kanten mit dem Magnetfinishverfahren geht bei länger gewählter Prozesszeit in eine Verrundung der Schneidkante im einstelligen Mikrometerbereich über.

Applikation Schneidkantenverrundung

Neuere Forschungsergebnisse [1] zeigen, dass durch eine anwendungsorientierte Kantenpräparation relevante Standwegehöhungen bis zum Faktor vier realisiert werden können. Mit dem Magnetfinishverfahren ist es möglich, auch die Schneidkanten von Mikrowerkzeugen gezielt zu präparieren. Bild 6 zeigt die umlaufende gleichmässige Verrundung der Schneidkante eines 1 mm Kugelfräasers.

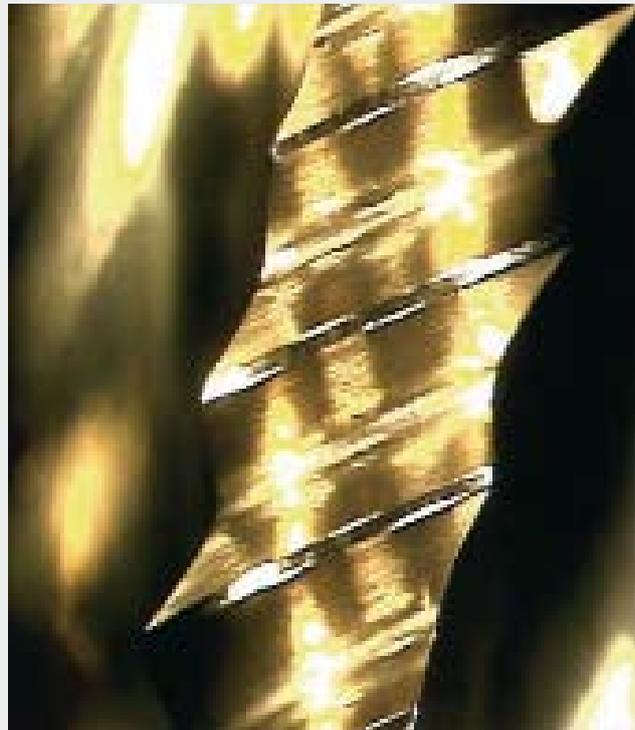
Bei der Schneidkantenverrundung kommt beim Magnetfinishverfahren die Feinkörnigkeit des magnetabrasiven Pulvers zum tragen (wählbar zwischen 20 und 180 μm). Dadurch wird neben der

TiN-beschichteter M8 Gewindebohrer



Nach Beschichtung: Droplets und Rauigkeit

Bild 8: Schichtnachbehandlung an einem Gewindebohrer



Nach MF-Bearbeitung: Droplets entfernt und Rauigkeit reduziert

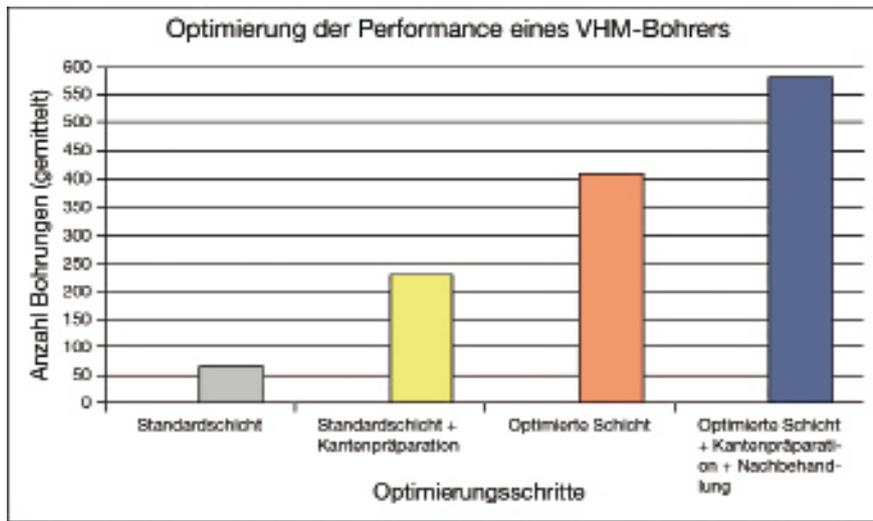


Bild 9:

Standwegverlängerung durch kombinierte Schicht- u. Oberflächenbehandlung für den Einsatz in austenitischem Stahl 1.4301 [3] (Werkbilder: Magnetfinish GmbH, CH- Oberdorf NW)

erzielten Verrundung auch die Schartigkeit der Schneidkante eliminiert. Dieser Effekt stabilisiert die Schneidkante und minimiert Mikroausbrüche beim Ersteinsatz des Werkzeuges. Bei einer nachfolgenden Beschichtung werden durch Kantenpräparation Eigenspannungen der Beschichtung besser verteilt und dadurch die Schichthaftung erhöht [2]. Die erreichbaren Standwegverlängerungen differieren stark mit dem zu spanenden Material. Oftmals erbringt eine auf den Einsatzfall zugeschnittene Kantenpräparation kombiniert mit einer Standardbeschichtung eine größere Leistungssteigerung als die Wahl einer aufwändigeren Beschichtung ohne vorherige Kantenpräparation. Bild 7 zeigt die Standwegverlängerung an TiN-beschichteten HSS-Bohrern, einmal ohne Kantenpräparation und einmal mit. Die Exemplarstreuungen resultierten aus ungenügender Ausgangsqualität. Mit dem Magnetfinishverfahren ist durch gezielte Steuerung der Prozessparameter eine Kantengeometrie in weiten Grenzen einstellbar und sicher reproduzierbar. Welche Schneidkantengeometrie für welchen Anwendungsfall das größte Leistungspotential bietet, ist aus industrieller Sicht noch nicht vollständig beantwortet und bleibt Gegenstand weiterer wis-

senschaftlicher Untersuchungen.

Applikation Polieren von Oberflächen

Ein weiteres Anwendungsgebiet für das MF-Verfahren ist das Polieren der Frei- und Spanflächen. Bei Auswahl der entsprechenden Prozessparameter durchströmt das magnetabrasive Pulver die Spannt. Die Glättung der Spannt führt beim Werkzeugeinsatz zu geringeren Bearbeitungskräften, sowie reduziertem Adhäsionsrisiko. Diese Vorteile kommen besonders beim Bohren von Werkstoffen wie Titan und Aluminium zum Tragen. Die Elastizität des magnetabrasiven Pulvers prädestiniert das Verfahren zur Behandlung sowohl vor, als auch nach dem Beschichten. Bei Schichtnachbehandlung werden auch die für das PVD-ARC-Beschichtungsverfahren typischen Droplets entfernt [1]. Besonders vorteilhaft haben sich Nachbehandlungen von Schichten für Tieflochbohrer erwiesen. Hier können große Performance-sprünge erzielt werden. Speziell bei Anwendungen, in denen Materialien zum Verschweissen mit dem Werkzeug neigen, wird eine Nachbehandlung der Beschichtung den sicheren Werkzeugeinsatz ermöglichen. Bild 9 zeigt ein Beispiel für das Bohren

von rostfreiem Stahles. Gegenüber dem Werkzeug mit der Standardbeschichtung erbrachte bereits die Kantenpräparation im Mittel eine Standwegverlängerung um den Faktor 3. Das maximale Ergebnis wurde durch Kombination einer geeigneten Beschichtung mit der Vor- und Nachbehandlung der Oberfläche erzielt. Dies ergab schließlich eine Verlängerung des Standweges im Vergleich zur Standardlösung um den Gesamtfaktor 9.

Komplette Maschinen, die das Magnetfinishverfahren auf Werkzeugoberflächen realisieren, werden auf der AMB in Stuttgart von der Fa. Magnetfinish GmbH ausgestellt (Halle 8, A74)

Literatur

- [1] Denkena, B.; Kramer, N.; Siegel, F.; Kästner, J.: *Leistungsoptimierung an der Schneidkante. VDI-Z Special Werkzeuge, August 2007*
- [2] Morstein, M. (Platit AG): *Siliziumhaltige Nanokomposit-Schichten für anspruchsvolle Zerspanungsaufgaben. IAK CVD-Diamant-Werkzeuge, Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik, Braunschweig, Februar 2008*
- [3] Reich, S.; Möller, S.: *Untersuchungen zur spanenden Bearbeitung rostfreier Stähle, GFE – Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V., Dezember 2007*