

Beim Drillpolishen sind insbesondere die einfache Umsetzung und Handhabung vorteilhaft, außerdem sind keine zusätzlichen Investitionskosten erforderlich, da die vorhandene Schleifmaschine zur Präparation genutzt wird

Drillpolishen als neuartiges Kantenpräparationsverfahren

Mit elastisch gebundenen Scheiben die Kanten verrunden

Das Verfahren Drillpolishen ermöglicht die Kantenpräparation von Zerspanungswerkzeugen nach dem Schleifprozess direkt in der Schleifmaschine. Hierzu kommen elastisch gebundene Schleifscheiben in neuartiger Verfahrenskinetik zum Einsatz.

VON JENS BRODBECK, STEFAN ROTHENAICHER, DIRK BIERMANN, TOBIAS HEYMAN UND MARK WOLF

→ Bei der Werkzeugherstellung ist die Schneidkantenpräparation ein etabliertes Verfahren zur Leistungssteigerung von Zerspanungswerkzeugen. Die Schneidkantenpräparation kommt nach dem Werkzeugschleifen zum Einsatz, um die aus diesem Prozess resultierenden Mikrodefekte der Schneide zu reduzieren und um eine an den nachfolgenden Zerspanprozess angepasste, definierte Schneidkantengestalt

zu erzeugen. Die etablierten Verfahren Strahlspanen, Bürsten und Schlepptschleifen werden fast ausschließlich auf separaten Maschinen durchgeführt, was ein Umspannen des zu fertigenden Werkzeugs erfordert [1, 2, 3, 4].

Zur Reduktion von Durchlauf- und Nebenzeiten bei der Werkzeugherstellung ist jedoch eine Präparation ohne Wechsel der Maschine von Vorteil. Der Ansatz zur

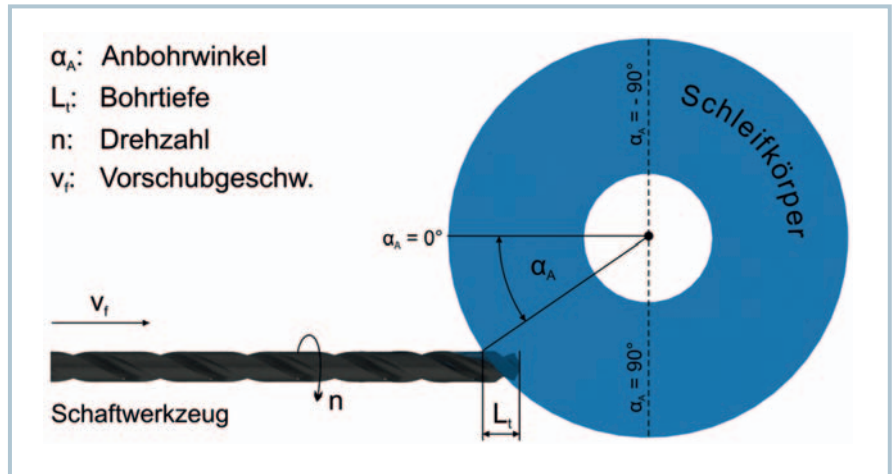
Präparation von Werkzeugschneiden mithilfe elastisch gebundener Schleifscheiben in derselben Maschine ist daher in letzter Zeit in den Fokus der Forschung gerückt. Diesem bekannten Ansatz liegt die Kinetik zum Fasenanschliff der Schneidkante zugrunde, das heißt, die rotierende Schleifscheibe wird mit definierter Zustellung entlang der Schneidkante verfahren. Die vergleichsweise hohe Nachgiebigkeit der elastischen Bindung erzeugt eine verrundete Kantengestalt [5, 6]. Eine grundlegend andere Prozesskinematik beim Einsatz elastisch gebundener Schleif-

scheiben wird durch den von den Firmen Rothenaicher Schneidwerkzeuge und Artifex Dr. Lohmann GmbH & Co KG (Artifex) entwickelten Ansatz verfolgt [7].

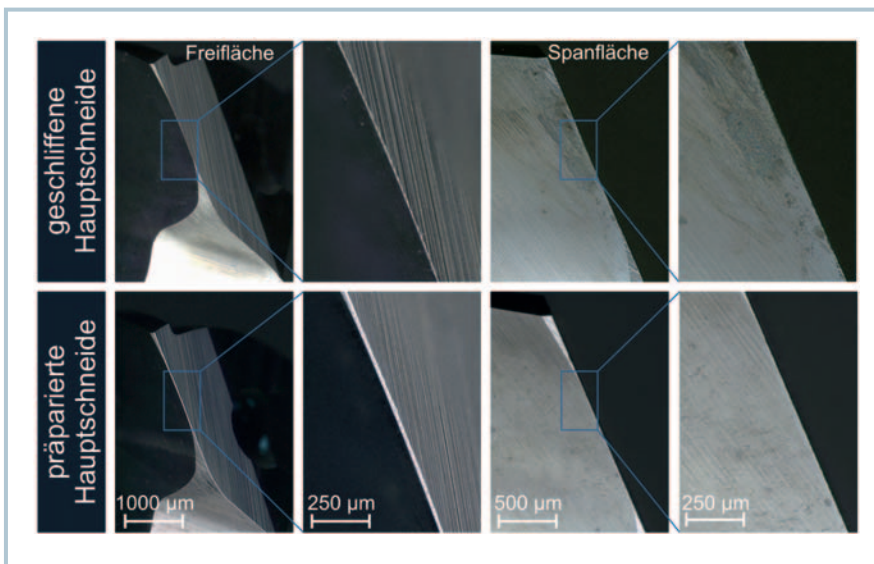
Das Verfahren Drillpolishen

Bei diesem als Drillpolishen bezeichneten Verfahren wird mit einem rotierenden Schaftwerkzeug in die Umfangsfläche einer nicht rotierenden, elastisch gebundenen Schleifscheibe gebohrt. Da die Schleifscheibe beim Drillpolishverfahren nicht entsprechend ihres eigentlichen Zwecks eingesetzt wird, wird im Folgenden die Bezeichnung ›Schleifkörper‹ bevorzugt.

Der Materialabtrag an der Schneidkante wird durch die Relativbewegung



1 Schematische Darstellung der Prozessparameter des Kantenpräparationsverfahrens Drillpolishen



2 Lichtmikroskopische Aufnahmen eines geschliffenen und eines präparierten Vollhartmetallwendelbohrers; Schleifkörper: SC-HDR, Form 1A1, Siliziumcarbid in Gummibindung, Hersteller Artifex; Prozessparameter: Drehzahl $n = 1650 \text{ min}^{-1}$, Vorschubgeschwindigkeit $v_f = 6 \text{ mm/min}$, Bohrtiefe $L_t = 1,5 \text{ mm}$, Anbohrwinkel $\alpha_A = 30^\circ$

zwischen dem Zerspanungswerkzeug und dem im Schleifkörper gebundenen sowie herausgelösten Abrasivmedium hervorgerufen. Aus der beschriebenen Verfahrenskinetik ergeben sich die in Bild 1 dargestellten Prozessparameter.

Relevant für den Materialabtrag sind vor allem die Drehzahl des zu präparierenden Werkzeugs n , die Bohrtiefe L_t , die Vorschubgeschwindigkeit v_f sowie der Anbohrwinkel α_A , unter dem der Bohrer auf den scheibenförmigen Schleifkörper trifft. Des Weiteren hat die Zusammensetzung des Schleifkörpers einen Einfluss auf die erzeugte Schneidkantengestalt.

Einfluss des Verfahrens auf die erzeugte Schneidkantenform

In Bild 2 ist der Einfluss der Präparation durch das Drillpolishverfahren auf die Schneidkantengestalt eines Vollhartmetallwendelbohrers vom Durchmesser $d = 8,5 \text{ mm}$ mit konstanten Prozessparametern dargestellt. Als Schleifkörper wurde eine Siliziumcarbidschleifscheibe mit einer speziellen Gummibindung der Firma Artifex eingesetzt. Das in Bild 2 dargestellte unpräparierte Bohrwerkzeug zeigt mit kleineren Ausbrüchen entlang der Hauptschneide die typischen Mikrodefekte nach dem Schleifprozess. Diese

i INSTITUT / HERSTELLER

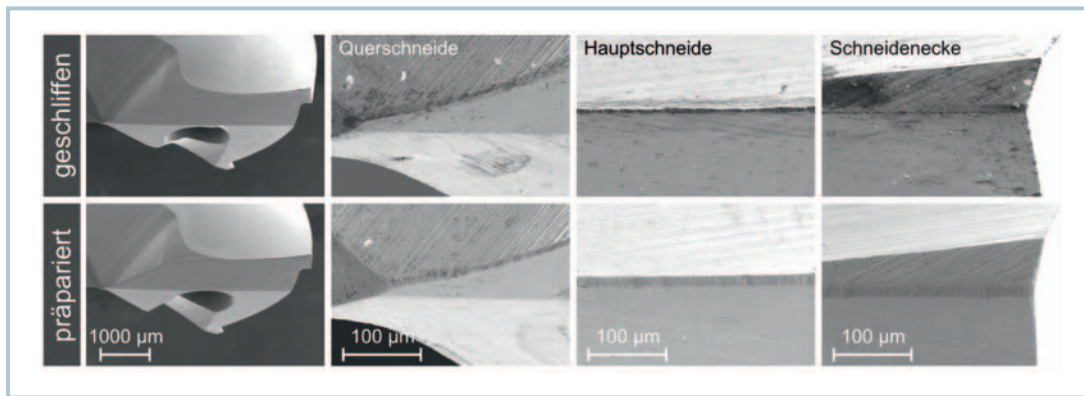
Institut für Spanende Fertigung (ISF)
 der TU Dortmund
 44227 Dortmund
 Tel. +49 231 7552784
www.isf.de
 GrindTec Augsburg Halle 6-606

Artifex Dr. Lohmann GmbH & Co KG
 24568 Kaltenkirchen
 Tel. +49 4191 9350
www.artifex-abrasives.de
 GrindTec Augsburg Halle 3-3002

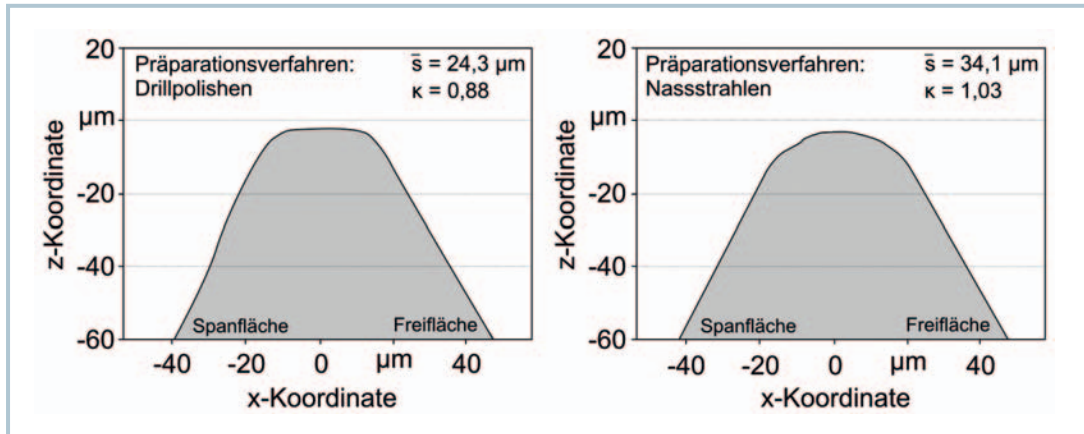
Rothenaicher Schneidwerkzeuge
 87746 Erkheim
 Tel. +49 8336 80876
www.rothenaicher-tools.de

können über das Präparationsverfahren komplett geglättet werden. Hierzu reicht bereits die sich aus den Prozessparametern ergebende Kontaktzeit zwischen Schleifkörper und Werkzeug von $t = 15 \text{ s}$. Aufgrund des gewählten Anbohrwinkels von $\alpha_A = 30^\circ$ und der geringen Bohrtiefe von $L_t = 1,5 \text{ mm}$ sind bei einer Umdrehung des Bohrers die Hauptschneiden nicht zeitgleich im Eingriff.

Die durch die gewählten Werte der Prozessparameter erzeugte moderate Verrundungsgröße an der Schneidkante von $\bar{s} = 24,3 \mu\text{m}$ mit einem Formfaktor von $\kappa = 0,88$ wirkt über den Bohrerradius des Werkzeugs sehr gleichmäßig. Die geringe Bohrtiefe ermöglicht dabei ein mehrmaliges Abrichten des scheibenförmigen



3 Einfluss der Präparation auf die Schneidkantengestalt und die Schneidkantentopografie; Prozessparameter: Drehzahl $n = 1650 \text{ min}^{-1}$, Vorschubgeschwindigkeit $v_f = 6 \text{ mm/min}$, Bohrtiefe $L_t = 1,5 \text{ mm}$, Anbohrwinkel $\alpha_A = 30^\circ$



4 Vergleich der Profilquerschnitte einer durch das Drillpolishverfahren präparierten und einer nassgestrahlten Schneidkante; Prozessparameter (Drillpolishen): Drehzahl $n = 1650 \text{ min}^{-1}$, Vorschubgeschwindigkeit $v_f = 6 \text{ mm/min}$, Bohrtiefe $L_t = 1,5 \text{ mm}$, Anbohrwinkel $\alpha_A = 30^\circ$

» Schleifkörpers, sobald die komplette Umfangsfläche mit Bohrungen bedeckt ist. Mit nur einem Schleifkörper kann so eine Vielzahl an Werkzeugen präpariert werden.

Zur detaillierten Analyse der Schneidkantenform und der Schneidkantentopografie sind in Bild 3 Aufnahmen aus dem Rasterelektronenmikroskop gegenübergestellt. In diesen Aufnahmen ist ebenfalls die über den Werkzeugradius sehr gleichmäßige Verrundungsgröße des präparierten Werkzeugs zu erkennen, die im Bereich der sekundären Hauptschneide im Übergang zur Querschnitte nur minimal abnimmt. Diese leichte Abnahme ist aufgrund der hohen mechanischen Belastung im Bohrerzentrum als positiv für den Zerspanungsprozess einzustufen [8].

Auffällig ist, dass der Einfluss der Präparation bei den betrachteten Prozessparametern lokal auf den Bereich der Hauptschneide und der Querschnitte begrenzt ist. So ist auch in den direkt an die Schneide angrenzenden Bereichen der Frei- und Spanfläche kein Materialabtrag zu erkennen, der über die eigentliche Verrundung hinausgeht. Ebenso ist der Materialabtrag an der Nebenschneide sehr gering. Hier weist nur der Bereich nahe der Schneidenecke eine leichte Abrundung der Kante auf.

Die erzeugte Topografie der Schneide wird maßgeblich durch die Oberflächen-gestalt des Schleifkörpers bestimmt. Zu erkennen ist eine riefenartige Struktur mit einer Vorzugsrichtung orthogonal zur Kante. Ähnlich wie bei einem konventionellen Schleifprozess mit rotierender Schleifscheibe bilden sich auch beim Drillpolishen die einzelnen Abrasivkörner in der Oberfläche des zu fertigenden Zerspanungswerkzeugs ab. Die hierdurch erzeugte Schartigkeit der Schneidkante fällt mit einem Wert von $R_s = 1,2 \text{ µm}$ sehr gering aus, sodass eine relativ glatte Schneidkante entsteht.

Die Analyse der erzeugten Profilform erfolgt anhand eines Profilschnitts der Hauptschneide. Zum Vergleich mit einem bekannten Präparationsverfahren ist das durch das Drillpolishverfahren erzeugte Profil einer nassgestrahlten Schneidkante gegenübergestellt. Diese in Bild 4 dargestellten Profilschnitte wurden mit einem Streifenprojektionsmikroskop ermittelt.

Das über das Nassstrahlverfahren präparierte Werkzeug weist eine kreisförmige Verrundung der Schneidkante auf. Die mit elastisch gebundenem Schleifkörper präparierte Kante zeigt hingegen ein deutlich flacheres Profil mit ausgeprägtem Plateau. Die Übergänge von Span- und Freifläche in dieses Plateau sind deutlich

verrundet. Obwohl dieses Werkzeug eine faserähnliche Gestalt aufweist, wird von einer Beschreibung der Schneidkante mit Fasenkenngrößen abgeraten, da durch die verrundeten Einläufe hierbei deutliche Messfehler entstehen können.

Einfluss der Prozessparameter auf die Schneidkantengestalt

Der Einfluss der variablen Prozessparameter Drehzahl, Bohrtiefe und Vorschubgeschwindigkeit auf die Verrundungsgröße ist in Stichversuchen qualitativ bei einem Anbohrwinkel von $\alpha_A = 30^\circ$ untersucht worden. Hierbei war zu erkennen, dass sowohl mit steigender Kontaktlänge als auch mit steigender Kontaktzeit zwischen Zerspanungswerkzeug und Schleifkörper, die durch die genannten Einstellgrößen gesteuert werden, ein degressiver Materialabtrag erfolgt. Eine erkennbare Abrundung der Kanten kann so schon mit geringen Werten für die Einstellgrößen erzeugt werden.

Hohe Verrundungsgrößen erfordern deutlich größere Kontaktzeiten- und Kontaktlängen. Ein Grund hierfür liegt in der Form der erzeugten Verrundung. Durch das flache Schneidkantenprofil übt das umgebende Hartmetallsubstrat eine hohe Stützwirkung auf den exponierten Bereich

der Schneide aus und erschwert so das Herauslösen einzelner Hartmetallkörner. Weiterhin steigt mit dem Materialabtrag auch die Kontaktfläche zwischen Schneide und Schleifkörper. Durch diesen beobachteten degressiven Anstieg der Verrundungsgröße ergibt sich beim untersuchten Anbohrwinkel von $\alpha_A = 30^\circ$ ein sicherer und robuster Prozess in Bezug auf die zu erzeugende Verrundungsgröße.

Neben Drehzahl, Bohrtiefe und Vorschubgeschwindigkeit ist auch der Anbohrwinkel eine für den Materialabtrag entscheidende Größe. Mit kleineren Werten ist tendenziell ein höherer Materialabtrag zu erzielen. Dies wird dadurch hervorgerufen, dass bei identischer Bohrtiefe ein höheres Volumen des scheibenförmigen Schleifkörpers zerspannt wird. Bei einem Anbohrwinkel von $\alpha_A = 0^\circ$ wird so beispielsweise der größte Materialabtrag realisiert, da alle stirnseitigen Schneiden eines Schaftwerkzeuges symmetrisch im Eingriff sind. Dieser Effekt relativiert sich allerdings mit dem vollständigen Eintauchen der Schneidenecken in den scheibenförmigen Schleifkörper. Da infolge einer Variation des Anbohrwinkels deutliche Wechselwirkungen mit den anderen Prozessparametern entstehen, sind zum Aufbau eines detaillierten Prozessverständnisses weitere Untersuchungen nötig.

Fazit

Das Präparationsverfahren Drillpolishen zeichnet sich vor allem durch seine inno-

vative Verfahrenskinetik aus und die Möglichkeit, das Zerspannungswerkzeug direkt in der Schleifmaschine zu präparieren. Für den Anwender sind insbesondere die einfache Umsetzung und Handhabung von Vorteil. Weiterhin sind keine zusätzlichen Investitionskosten erforderlich, da die vorhandene Schleifmaschine zur Präparation genutzt wird. Die erzeugten Schneidkanten weisen ein über den Radius gleichmäßiges, sehr flaches Verrundungsprofil bei geringer Kantenscharftigkeit auf. Dabei ist die Präparation fast ausschließlich auf den Bereich der stirnseitigen Schneiden begrenzt. Der beschriebene, degressiv verlaufende Materialabtrag an der Schneidkante begünstigt ein reproduzierbares Präparationsergebnis. ■

→ **WB110909**

Jens Brodbeck ist F&E-Leiter bei Artifex Dr. Lohmann in Kaltenkirchen
brodbeck@artifex-abrasives.de

Stefan Rothenaicher ist Geschäftsführer von Rothenaicher in Erkheim
s.rothenaicher@rothenaicher-tools.de

Prof. Dr.-Ing. Dirk Biermann ist Leiter des ISF an der TU Dortmund
biermann@isf.de

Dipl.-Wirt.-Ing. Tobias Heymann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF
heyman@isf.de

Dipl.-Wirt.-Ing. Mark Wolf ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am ISF
wolf@isf.de

LITERATUR

- 1 B. Denkena, L. de León, E. Bassett, E., M. Rehe: Cutting Edge Preparation by Means of Abrasive Brushing. *Key Engineering Materials*, 438 (2010), S. 1-7
- 2 I. Terwey: Steigerung der Leistungsfähigkeit von Vollhartmetallwendelbohrern durch Strahlspanen. Dissertation, Technische Universität Dortmund, Vulkan Verlag, Essen 2011
- 3 H. Gegenheimer: Verbesserte Finishbearbeitung von Werkzeugen und Werkstücken. *MM – Maschinenmarkt*, (2012) 8, S. 78-81
- 4 C.-F. Wyen: Rounded cutting edges and their influence in machining titanium. Dissertation, ETH Zürich, 2011
- 5 D. Biermann, R. Aßmuth, M. Wolf, M. Kipp: Der letzte Schliff formt die Mikrogestalt – Neue Potenziale in der Schneidkantenpräparation mittels elastisch gebundener Diamantschleifscheiben. *Forum Schneidwerkzeug- und Schleiftechnik*, 26 (2013) 2, S. 76-83
- 6 C. Effgen, B. Kirsch: A new method for the preparation of cutting edges via grinding. *Advanced Materials Research*, 769 (2013), S. 85-92
- 7 N.N.: Der Trick mit der Scheibe – Werkzeugschleifen: Kontrollierte Schneidkantenverrundung von Rothenaicher zusammen mit Artifex. *Fertigung*, (2012) März, S. 34
- 8 D. Biermann, I. Terwey, M. Wolf: Einfluss der Mikrogestalt auf die mechanische Belastung – Beschaffenheit der Schneide bestimmt das Bohrmoment und die Zerspankräfte beim Bohren. *WB Werkstatt und Betrieb*, 144 (2011) 10/11, S. 57-59