

BEDARFSGERECHTE WERKZEUGPRÄPARATION DURCH POLIERSCHLEIFEN UND SCHNEIDKANTENPRÄPARATION



Abbildung 1: Polierschleifen der Spannuten und Präparation der Schneidkanten durch [Tool]Prep

Einleitung und Motivation

Die Möglichkeiten der Leistungssteigerungen für Zerspanungswerkzeuge stehen bereits seit einigen Jahren im Fokus verschiedener wissenschaftlicher sowie industrieller Entwicklungen und Untersuchungen. Besonders Stellenwert haben hierbei die Schneidkantenpräparation sowie geeignete Verfahren zur Einstellung und Beeinflussung der Oberflächentopographie an Zerspanungswerkzeugen. Hinsichtlich der Oberflächenfeinstbearbeitung kommen hierzu vermehrt Verfahren zum Einsatz, die hohe Oberflächengüten erreichen und somit die Leistungsfähigkeit der Werkzeuge nachweislich verbessern [1]. Die Motivation zur Oberflächenfeinstbearbeitung an Zerspanungswerkzeugen ergibt sich durch relevante Entwicklungen bei verschiedenen industriellen Anwendungsgebieten. Insbesondere bei tribologisch beanspruchten Bauteilen und Oberflächen hat sich gezeigt, dass eine angepasste Oberflächentopogra-

phie einen positiven Einfluss auf die Lebensdauer und das Verschleißverhalten dieser Bauteile hat [2]. Bei Zerspanungswerkzeugen stehen hinsichtlich einer Oberflächenfeinstbearbeitung verschiedene Bereiche des Werkzeuges im Fokus [3–5]. Ein wesentliches Funktionselement von Bohrwerkzeugen stellt die Spannute dar. Eine raue Oberflächentopographie der Spannute kann zu Spanklemmern während des Spanabtransportes führen, welche wiederum ursächlich für Werkzeugbruch sein können [6]. Dies motiviert eine Oberflächenfeinstbearbeitung der Spannuten nach dem Schleifprozess mit dem Ziel, die Prozesssicherheit beim Bohren zu verbessern. Neben den Spannuten lassen sich auch andere Funktionsflächen der Werkzeuge durch ein geeignetes Verfahren präparieren und somit für eine nachfolgende Beschichtung einstellen. Weiterhin können positive Einflüsse auf die mit den entsprechenden Funktionsflächen in Kontakt ste-

henden Werkstückoberflächen und den Verschleiß der Werkzeuge erzielt werden [3, 4]. Die Anpassung der Spannutttopographie kann z. B. durch einen Polierschleifprozess nach dem Schleifen erfolgen. Somit lässt sich diese Optimierungsmaßnahme gut in bestehende Prozessabläufe integrieren. Um jedoch das Leistungspotential von hochwertigen Bohr- und Fräswerkzeugen vollständig ausnutzen zu können, ist zumeist eine daran anschließende Schneidkantenpräparation erforderlich. Industriell eingesetzte Verfahren sind hierbei bspw. das abrasive Nassstrahlspanen und das Gleitschleppscheifen [7]. Beide Verfahren führen aber auch zu einer Veränderung der erzeugten Topographie. Beim Nassstrahlspanen resultiert dies durch den auf das Werkzeug auftreffenden Abrasivstrahl, wodurch die aufprallenden Abrasivkörner eine typische Grübchenstruktur auf dem Werkzeug hinterlassen. Der Strahldurchmesser beim Nassstrahlspanverfahren ist meistens deutlich größer als die zu bearbeitende Schneidkante. Somit kommt es zwangsläufig zu einer Beeinflussung der umliegenden Funktionsflächen. In den folgenden Untersuchungen soll daher eine geeignete Prozessabfolge vorgestellt werden, mit der neben der Feinstbearbeitung der Spannuten auch ein Verfahren zur Schneidkantenpräparation zum Einsatz kommt, welches eine nur minimale Beeinflussung der vorher erzeugten Spannutttopographie ermöglicht. Dies wird durch den Einsatz von elastisch gebundenen Diamantschleif-

scheiben zum Polierschleifen der Spannuten und dem Einsatz des [Tool]Prep-Verfahrens [8] erreicht.

Polierschleifen der Spannuten und Schneidkantenpräparation an Wendelbohrwerkzeugen

Die Untersuchungen zur Präparation von Wendelbohrwerkzeugen wurden auf einer Werkzeugschleifmaschine der Fa. Schütte Schleiftechnik GmbH, Typ 305micro, durchgeführt. Als Anwendungsbeispiel dient ein Vollhartmetall-Wendelbohrwerkzeug mit einem \varnothing von $d = 8$ mm und einem Drallwinkel von $\delta = 30^\circ$. Substratmaterial der Werkzeugrohlinge ist ein Feinstkornhartmetall mit einem Cobaltanteil von 10%, bereitgestellt von der Fa. Arno Friedrichs Hartmetall GmbH & Co. KG. Sowohl die Schleifbearbeitung der Spannuten als auch der Freiflächengestalt wurden mit Schleifscheiben der Körnung D46 umgesetzt. Im direkten Anschluss an die Herstellung der Spannuten erfolgte die Oberflächenfeinstbearbeitung durch Polierschleifen. Zu diesem Zweck kam eine elastisch gebundene Diamantschleifscheibe zum Einsatz. Die Prozessstrategie und -parameter des Polierschleifprozesses der Spannuten sind aus dem IGF-Vorhaben „Polierschleifen von Hartmetall“ abgeleitet [9] und in Abbildung 1 zusammengefasst.

Im Anschluss an die Spannutenpolitur erfolgt eine Schneidkantenpräparation durch das sogenannte [Tool]Prep-Verfahren [8, 10]. Primäres Ziel ist es, durch die Verwendung dieses Verfahrens eine minimale und ausschließlich lokal begrenzte Beeinflussung der poliergeschliffenen Oberflächentopographie der Spanfläche zu erzielen. Durch die Integration eines Wechselements in die Schleifscheibenaufnahme besteht darüber hinaus die Möglichkeit, nach der Herstellung des Stirnanschliffes eine Schneidkantenpräparation auf der Werkzeugschleifmaschine durchzuführen. Beim [Tool]Prep-

Verfahren wird der in das Wechselement integrierte Abrasivkörper zerspannt. Die verwendete Prozesskinematik entspricht einem klassischen Bohrprozess, bei dem die Schnittgeschwindigkeit v_c durch die Werkzeug- oder Schleifspindelrotation erzeugt wird. Die gewählte Vorschubgeschwindigkeit v_f und der zurückgelegte Weg der Schneide bestimmen die Größe der Schneidkantenverrundung.

Bereiche sowohl auf der Frei- als auch auf der Spanfläche der ausschließlich geschliffenen Bohrwerkzeuge sind die deutlich ausgeprägten Schleifriefen. Durch den Polierschleifprozess der Spannuten können diese nahezu vollständig entfernt werden, und die Spanflächen zeichnen sich durch eine sehr gleichmäßige, homogene und nur noch von feinsten Riefen geprägte Oberflächentopographie aus.

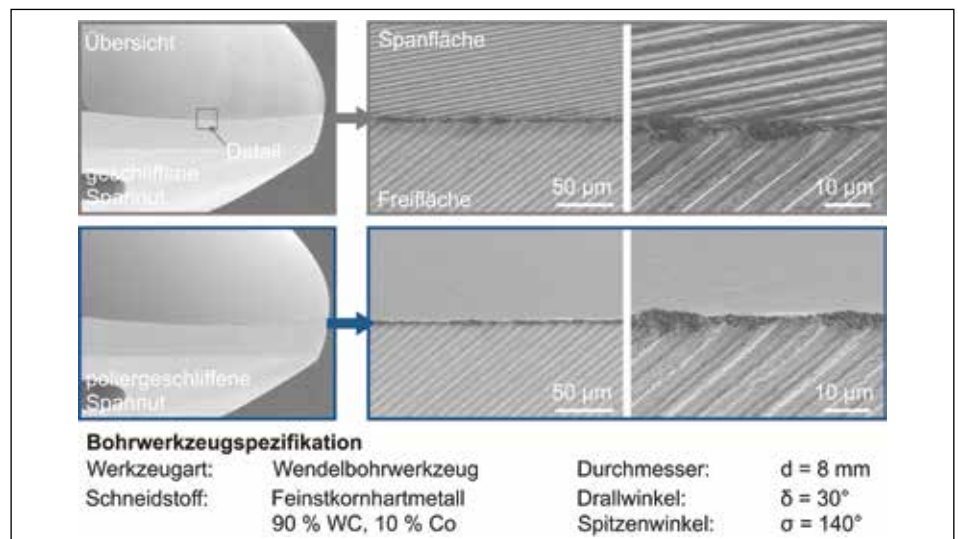


Abbildung 2: Initialzustand der Wendelbohrwerkzeuge

Polierschleifen von Hartmetall

Der Ausgangszustand der Wendelbohrwerkzeuge vor der Schneidkantenpräparation ist in Abbildung 2 auf Basis von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen der Hauptschnitten dargestellt.

Verglichen werden Werkzeuge mit ausschließlich geschliffenen Spannuten sowie Werkzeuge mit poliergeschliffenen Spannuten. Bei beiden Werkzeugvarianten sind die Schneidkanten im schliffscharfen Initialzustand vor der Schneidkantenpräparation geprägt von Mikroausbrüchen. Insbesondere die Detailaufnahmen der Hauptschnitten verdeutlichen dies durch die Sichtbarkeit einzelner Wolframcarbidkörner. Charakteristisch für die schneidennahen

Schneidkantenpräparation durch [Tool]Prep

Die hohe Oberflächengüte der poliergeschliffenen Werkzeuge legt nahe, dass die Verwendung von industriell verbreiteten Verfahren zur Schneidkantenpräparation einen wesentlichen Einfluss auf die Oberflächentopographie ausüben würde. Mit dem Ziel, eine möglichst lokale Beeinflussung der Oberflächenbeschaffenheit der Spannute zu erreichen, ist das [Tool]Prep-Verfahren für die Schneidkantenpräparation der Wendelbohrwerkzeuge zum Einsatz gekommen.

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte die Schneidkantenpräparation sowohl an Bohrwerkzeugen mit geschliffener als auch im Anschluss poliergeschliffener Spannute. Somit kann aufgezeigt werden, welche Ein-

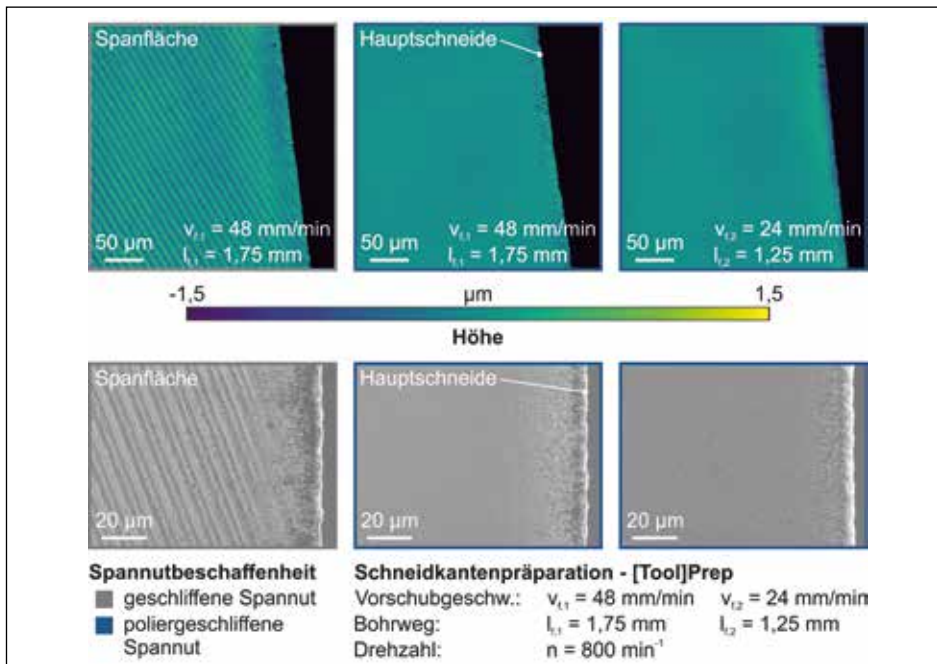


Abbildung 3: Veränderung der Spanflächentopographie in Abhängigkeit von der Schneidkantenpräparation

flüsse und Effekte bei unterschiedlichen Vorbearbeitungszuständen durch das Verfahren resultieren. Die bereits dargestellten und diskutierten Oberflächentopographien (vgl. Abbildung 2) zeigen, dass sich durch den Polierschleifprozess deutliche Unterschiede bei den erzeugten Spannuten ergeben. Um den Einflussbereich der Schneidkantenpräparation durch [Tool]Prep auf der Spanfläche quantifizieren zu können, wurden die Bohrwerkzeuge nach der Präparation mikroskopisch analysiert. In Abbildung 3 sind neben den Darstellungen zur Topographie der Spanflächen, ermittelt mit einem konfokalen Weißlichtmikroskop, zugehörige rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Hauptschneiden und Spanflächen aufgeführt.

Die Topographieaufnahmen verdeutlichen noch einmal die sehr glatten und gleichmäßigen Spanflächen nach dem Polierschleifen gegenüber den ausschließlich geschliffenen Spanflächen. Bedingt durch die nachfolgende Schneidkantenpräparation kommt es zu einer geringfügigen Veränderung der Topographie. Die Untersuchungen zeigen, dass bei beiden Varianten der Bohrwerkzeuge diese Veränderung der Spannut-

topographie im Bereich des Zahnvorschubes f_z des Schneidkantenpräparationsprozesses festzustellen ist. Bei den Werkzeugen, deren Präparation mit einer Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 48 \text{ mm/min}$ durchgeführt wurde, beträgt der Zahnvorschub $f_z = 30 \mu\text{m}$. Im Bereich der Schneidkante der Bohrwerkzeuge mit geschliffener Spannut kommt es in diesem Bereich zu einer Einebnung der Schleifriefen. Gegenüber den poliergeschliffenen Oberflächen wirkt der Einflussbereich durch die Schneidkantenpräparation rauer und unregelmäßiger. Eine weitere Reduktion der Vorschubgeschwindigkeit auf $v_f = 24 \text{ mm/min}$ hat ebenfalls eine Reduktion des Einflussbereichs auf der Spanfläche durch die Schneidkantenpräparation zur Folge. Die Zielsetzung einer ausschließlich lokalen Beeinflussung der Spannuttopographie kann durch die durchgeführten Untersuchungen bestätigt werden.

Aus vorherigen Untersuchungen [8, 10] ist bekannt, dass durch eine Änderung der Vorschubgeschwindigkeiten auch Veränderungen der Verrundungsgröße und -form re-

sultieren. Um diese Einflüsse auch vor dem Hintergrund einer möglichst geringen Beeinflussung der Oberflächentopographie näher zu betrachten, sind im Folgenden die präparierten Schneidkanten der unterschiedlichen Varianten dargestellt (Abbildung 4).

Es zeigt sich, dass die Schneidkante im Initialzustand eine durch den Schleifprozess verursachte Schartigkeit, Mikroausbrüche entlang der Schneide, aufweist. Unter Einsatz des [Tool]Prep-Verfahrens bildet sich bei einer Vorschubgeschwindigkeit $v_f = 48 \text{ mm/min}$ eine homogene Schneidkantenverrundung aus. In beiden Fällen werden durch das Verfahren die Mikroausbrüche entlang der Schneidkante entfernt. Der Materialabtrag ist in diesem Fall als symmetrische Verrundung zu beschreiben. Dies lässt sich auch durch den in den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen erkennbaren gleichmäßigen Materialabtrag auf der Span- und Freifläche erkennen. Die REM-Aufnahmen zeigen, dass es bezüglich der Verrundungsgröße keinen Einfluss durch den Vorbehandlungszustand der Spannut gibt. Um die Beeinflussungen auf der Spanfläche weiter zu verringern, erfolgten Versuche mit reduzierter Schnittgeschwindigkeit. Hierdurch sollte die kinetische Energie der eingebetteten Partikel reduziert werden. Die Auswertung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen lässt jedoch keinen Rückschluss auf eine reduzierte Beeinflussung der Oberflächentopographie zu. Durch eine Reduzierung des Zahnvorschubes verringert sich der beeinflusste Bereich (vgl. Abbildung 3). Jedoch führt der reduzierte Zahnvorschub im Falle der eingesetzten Wendelbohrer zu einem vermehrten Abtrag auf der Freifläche des Werkzeuges, was in den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen ersichtlich ist. Dies lässt sich durch die reduzierte Spannungsdicke bei verringerter Vorschubgeschwindigkeit erklären. Auch bei diesem

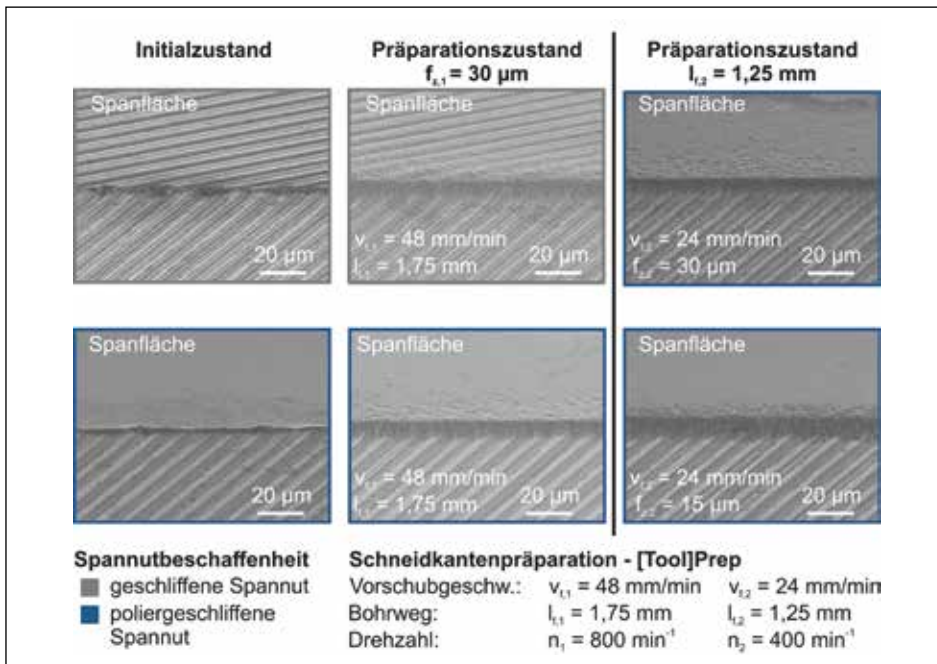


Abbildung 4: Gegenüberstellung der Schneidkantenbildung in unterschiedlichen Präparationszuständen

Bohrprozess führt eine Unterschreitung der Mindestspannungsdicke zu einem ähnlichen Verhalten, wie es aus der Stahlzerspanung beim sogenannten Ploughing-Effekt [11] bekannt ist. Bei der Werkzeugpräparation kleiner Schneidkantenverrundungen stellt dies keine Nachteile dar, da dieser Materialabtrag wie eine Beruhigungsphase fungieren kann. Bei größer werdenden Verrundungen ist dies jedoch zu vermeiden, da die Spanbildung und Entwicklung von Passivkräften beim Bohren mit Formfaktoren $\kappa < 0,8$ zu deutlich höheren Werkzeugbelastungen führt [12].

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass es durch eine angepasste Prozesskette neue Möglichkeiten gibt, um Werkzeuge mit poliergeschliffenen Spannuten erfolgreich einer lokalen Schneidkantenpräparation zu unterziehen. Dies ermöglicht weitere Verbesserungspotenziale der Zerspanungswerkzeuge. Gegenüber den ausschließlich geschliffenen Spannuten ist eine glatte und gleichmäßige Oberflächentopographie charakteristisch für die poliergeschliffenen Hartmetalloberflächen. Hinsichtlich der Schneidkantenpräparation durch [Tool]Prep zeigt sich, dass

sowohl bei geschliffenen als auch poliergeschliffenen Werkzeugen eine homogene Schneidkantenverrundung erzielt wird. Dies ist jedoch nicht ohne eine geringfügige Beeinflussung der Oberflächentopographie möglich. Die Beeinflussung der Spannuttopographie beschränkt sich jedoch lediglich auf den Bereich des Zahnvorschubes. Da dieser auf einen Bereich von circa 15 bzw. 30 μm begrenzt ist, sind nachhaltige Beeinflussungen der Spanbildung aufgrund der geänderten Topographie nicht zu erwarten, da diese beschriebenen Bereiche von der Spannungsdicke im Bohrprozess deutlich überschritten werden. ■

AUTOREN

Monika Kipp M.Sc.

Institut für Spanende Fertigung
TU Dortmund

Dr.-Ing. Timo Bathe

Institut für Spanende Fertigung
TU Dortmund

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Dirk Biermann

Institut für Spanende Fertigung
TU Dortmund

LITERATUR

- [1] Schultheiss, F.; Fallqvist, M.; M'Saouli, R.; Olsson, M.; Ståhl, J.-E.: Influence of the tool surface micro topography on the tribological characteristics in metal cutting – Part II Theoretical calculations of contact conditions. *Wear*, 298-299 (2013), S. 23–31
- [2] Hashimoto, F.; Yamaguchi, H.; Krajnik, P.; Wegener, K.; Chaudhari, R.; Hoffmeister, H.-W.; Kuster, F.: Abrasive fine-finishing technology. *CIRP Annals*, 65 (2016) 2, S. 597–620. doi:10.1016/j.cirp.2016.06.003
- [3] Bathe, T.: Untersuchungen zur Topographie- und Umfangsgestaltoptimierung von Einlippentiefbohrwerkzeugen. Dissertation. Schriftenreihe des ISF, Bd. 104. Vulkan-Verlag GmbH, Essen 2020
- [4] Biermann, D.; Abrahams, H.; Goeke, S.: Optimization of guide pads for the BTA deep hole drilling of high alloyed steels by microfinishing. *Production Engineering*, 8 (2014) 1-2, S. 33–40. doi:10.1007/s11740-013-0505-z
- [5] Heymann, T.: Schleifen und Polierschleifen von wendelförmigen Spannuten an Vollhartmetallbohrwerkzeugen. Dissertation. Schriftenreihe des ISF, Bd. 77. Vulkan-Verlag GmbH, Essen 2015
- [6] Biermann, D.; Wolf, M.; Barthelmä, F.; Preiß, P.: Vor- und Nachbehandlung beschichteter Einlippenbohrer. *WB Werkstatt und Betrieb*, (2015) 1-2, S. 16–19
- [7] Abmuth, R.: Schneidkantenpräparation durch Druckluft-Nassstrahlspanen mit Industrierobotern. Dissertation. Schriftenreihe des ISF, Bd. 99. Vulkan-Verlag GmbH, Essen 2019
- [8] Bathe, T.; Ott, A.; Biermann, D.: Integrierte Schneidkantenpräparation auf Werkzeugschleifmaschinen durch [Tool]Prep. *FORUM Schneidwerkzeug- und Schleiftechnik*, 33 (2020) Messesonderausgabe GrindTec 2020, S. 123–129
- [9] Kipp, M.; Biermann, D.: Polierschleifen von Hartmetall mit elastisch gebundenen Schleifscheiben am Beispiel von Spannuten. Schlussbericht zu IGF-Vorhaben Nr. 19155 N 2019
- [10] Bathe, T.; Ott, A.; Biermann, D.: Schneidkantenpräparation von Wendelbohrwerkzeugen auf Werkzeugschleifmaschinen. *FORUM Schneidwerkzeug- und Schleiftechnik*, 33 (2020) 3, S. 96–99
- [11] Albrecht, P.: New Developments in the Theory of the Metal-Cutting Process: Part I. The Ploughing Process in Metal Cutting. *Journal of Engineering for Industry*, 82 (1960) 4, S. 349–358. doi:10.1115/1.3664242
- [12] Wolf, M.: Abstimmung der Präparationsprozesse in der Herstellungskette von PVD-beschichteten Vollhartmetall-Wendelbohrern. Dissertation. Schriftenreihe des ISF, Bd. 98. Vulkan-Verlag GmbH, Essen 2019