

Drehwerkzeug-Auslegung

Harte Kante dem Verschleiß

Beim Hartdrehen lässt sich die Prozessleistung steigern, indem man die Schneidkanten der Werkzeuge präpariert, zum Beispiel durch Verrunden. Das jedoch erfordert zusätzliche Fertigungsschritte. Am IFW der Uni Hannover arbeitet man daran, diese Schritte zu eliminieren.

von Berend Denkena, Alexander Krödel und Arnd Heckemeyer

Die Drehbearbeitung von gehärteten Werkstoffen stellt hohe Anforderungen an den Schneidstoff. Deshalb werden dafür vornehmlich Werkzeuge aus polykristallinem kubischem Bornitrid (PcBN) verwendet, einem Schneidstoff, der sich durch eine hohe Warmhärte bei zugleich hoher chemischer Beständigkeit auszeichnet und deshalb konventionellem Hartmetall überlegen ist [1].

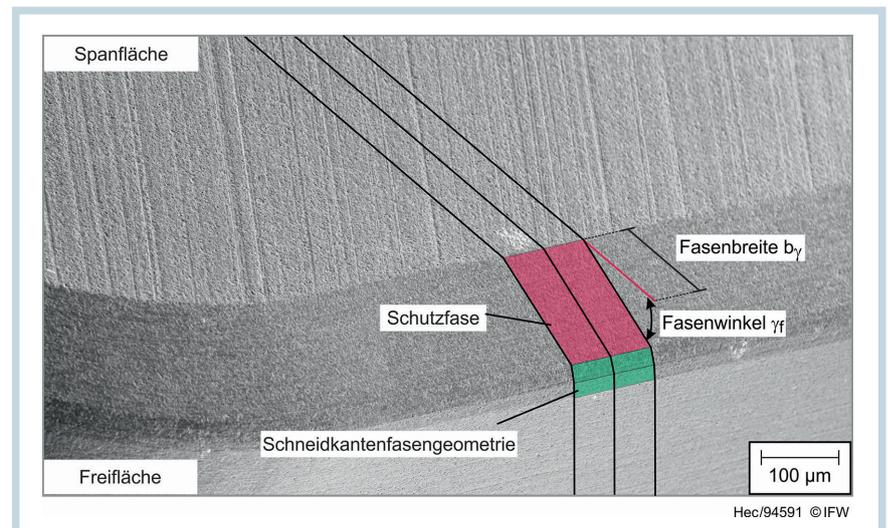
Außer vom Schneidstoff selbst wird die Leistungsfähigkeit eines Werkzeugs von der Werkzeuggeometrie definiert. Hierbei unterscheidet man zwischen der Makro- und der Mikrogeometrie der Schneidkante. Die Mikrogeometrie (Bild 1) definiert man als den Bereich der Schneidkante, an dem der effektive vom nominellen Spanwinkel des Werkzeugs abweicht [2]. Demnach gehören die bei der Hartbearbeitung üblichen Schutzfasen auf der Spanfläche sowie die Schneidkantenverrundung zur Schneidkanten-Mikrogeometrie.

Schneidkante möglichst schon beim Werkzeugschleifen verrunden

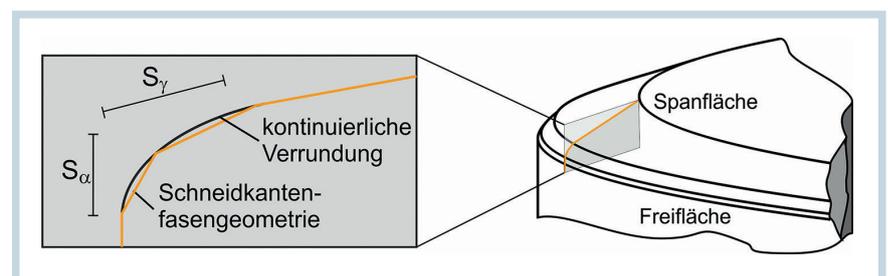
Die Schneidkantenverrundung wird dabei nach der von Denkena et al. entwickelten K-Methode durch die Schneidkantensegmente S_α und S_γ als Abstand zwischen einer ideal scharfen Schneidkante sowie den Ablösepunkten der Verrundung auf der Span- beziehungsweise Freifläche beschrieben (Bild 2). Mithilfe dieser Methode lässt sich nicht nur die Größe der Verrundung hinreichend genau beschreiben, sondern auch deren Symmetrie [3].

Schutzfasen zur Stabilisierung des Schneidkeils werden bei der Herstellung von Wendeschneidplatten aus PcBN im Zuge eines Werkzeugschleifprozesses hergestellt. Anschließend erzeugt man in einem weiteren Prozess die Schneidkantenverrundung der Zerspanungswerkzeuge, beispielsweise

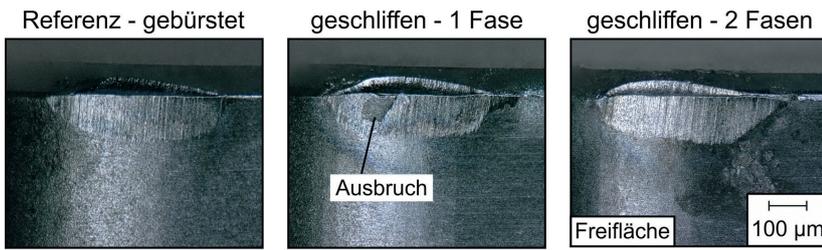
durch Nassabrasivstrahlen oder Bürstspanen. Derartige zusätzliche Operationen verlängern jedoch nicht nur die Prozesskette, sondern bedeuten auch einen zusätzlichen Raumbedarf in der Fertigung sowie zusätzliche Investitionen in Maschinen und Anlagen. Sie binden folglich Kapital und Personal.



1 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer neuartigen Schneidkanten-Mikrogeometrie für PcBN-Werkzeuge © IFW



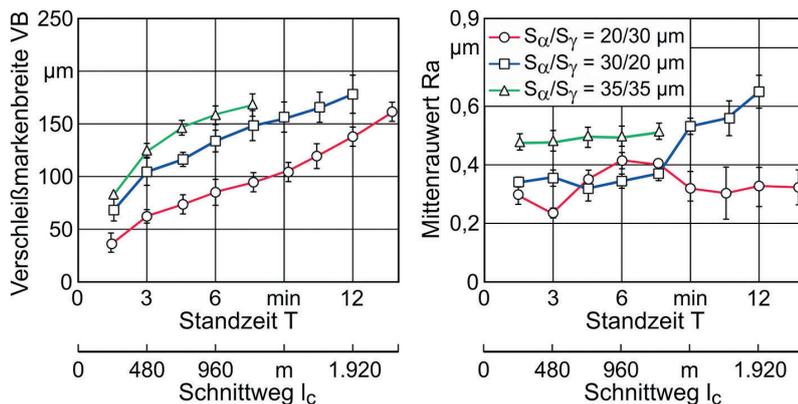
2 Kennzeichnung der Schneidkanten-Mikrogeometrie mithilfe der K-Methode und Approximation der Schneidkantenverrundung durch Fasen © IFW



Prozess	Schneidkanten­geometrie	Schneidstoff				
Außen­längsdrehen	Fasenzahl = var.	cBN-Gehalt 60-65 %				
$v_c = 160$ m/min	$S_\alpha \approx 20$ µm	Binder TiCN				
$f = 0,1$ mm	$S_\gamma \approx 20$ µm	Korngröße 2-3 µm				
$a_p = 0,1$ mm	<table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>γ</td> </tr> <tr> <td>6°</td> <td>-6°</td> </tr> </table>	α	γ	6°	-6°	
α	γ					
6°	-6°					

Hec/94565b © IFW

3 Kantenverschleiß an einem der untersuchten PcBN-Werkzeuge nach 7 min Einsatzzeit © IFW



Prozess	Schneidkanten­geometrie	Schneidstoff				
Außen­längsdrehen	Fasenzahl = var.	cBN-Gehalt 60-65 %				
$v_c = 160$ m/min	$S_\alpha \approx 20$ µm	Binder TiCN				
$f = 0,1$ mm	$S_\gamma \approx 20$ µm	Korngröße 2-3 µm				
$a_p = 0,1$ mm	<table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>γ</td> </tr> <tr> <td>6°</td> <td>-6°</td> </tr> </table>	α	γ	6°	-6°	
α	γ					
6°	-6°					

Hec/94564g © IFW

4 Verschleißmarkenbreite und resultierende Oberflächenrauheit des Werkstoffs © IFW

In einem am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover (IFW) entwickelten Ansatz wird erforscht, ob auf den zusätzlichen Präparationsprozess verzichtet werden kann, indem man das Erzeugen der definierten Schneidkantenverrundung in den Werkzeugschleifprozess integriert.

Aufgrund der besonderen Kinematik des Querseiten-Planschleifens lässt sich im Eckenradius einer Wendschneidplatte keine kontinuierliche Verrundung erzeugen. In dem neuen Ansatz wird deshalb die Strategie verfolgt, die Verrundung durch einen Facettenschliff zu approximieren. Dazu wird der konventionelle Werkzeugschleifprozess um die Erzeugung zusätzlicher Fasen an der Schneidkante erweitert (Bild 2).

Die schleiftechnische Herstellung dieser Schneidkanten-Mikrogeometrie

wurde bereits am IFW erforscht. Wesentlich für diesen Ansatz der Schneidkantenpräparation ist die Wahl des Schleifmittels. Hier hat sich herausgestellt, dass keramisch gebundene Diamantschleifscheiben mit feiner

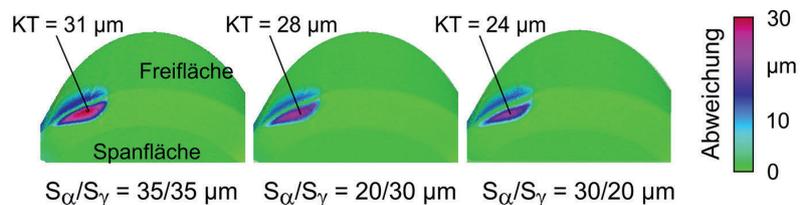
Diamantkörnung ($d_g < 15$ µm) hinsichtlich der Prozesssicherheit und Qualität der Schneidkanten benötigt werden [4].

Die mit der neuartigen Methode hergestellten Schneidkanten-Mikrogeometrien wurden beim Außen­längsdrehen von 100Cr6 mit einer Härte von 58 bis 60 HRC eingesetzt. Als Werkzeuge verwendete man PcBN-bestückte Wendschneidplatten CNMA120408, die zuvor gemäß dem neuen Ansatz auf einer Umfangsschleifmaschine Wendt WAC 715 Centro präpariert worden waren. Dabei wurden auf den Werkzeugen eine Spanflächenfase (Fasenwinkel $\gamma_f = 20^\circ$, Fasenbreite $b_{\gamma_f} = 0,2$ mm) sowie die neuartige Schneidkanten-Mikrogeometrie appliziert.

Einsatz beim Außen­längsdrehen von gehärtetem 100Cr6

Schon in einem ersten Schritt ließ sich nachweisen, dass die Annäherung der Schneidkantenverrundung durch zwei Fasen zu einem Einsatzverhalten führt, das mit dem eines Werkzeugs vergleichbar ist, das mittels Bürstspanen präpariert wurde. Hierzu stellte man das Einsatzverhalten eines mittels Bürstspanen präparierten Referenzwerkzeugs demjenigen von Werkzeugen gegenüber, die mithilfe des neuartigen Ansatzes (Schleifen) präpariert worden waren. Die Untersuchungen wurden auf einer Drehmaschine Hemburg Mikroturn 100 durchgeführt. Vorschub, Schnitttiefe und Schnittgeschwindigkeit ($f = a_p = 0,1$ mm, $v_c = 160$ m/min) blieben in den Untersuchungen konstant.

Wird die Verrundung nur durch eine Fase angenähert, fällt das Werkzeug schon nach einer Einsatzzeit von 7 min aus. Demgegenüber ist die Schneid-



Prozess	Schneidkanten­geometrie	Schneidstoff				
Außen­längsdrehen	Fasenzahl = var.	cBN-Gehalt 60-65 %				
$v_c = 160$ m/min	$S_\alpha \approx 20$ µm	Binder TiCN				
$f = 0,1$ mm	$S_\gamma \approx 20$ µm	Korngröße 2-3 µm				
$a_p = 0,1$ mm	<table border="1"> <tr> <td>α</td> <td>γ</td> </tr> <tr> <td>6°</td> <td>-6°</td> </tr> </table>	α	γ	6°	-6°	
α	γ					
6°	-6°					

Hec/94592 © IFW

5 Werkzeugverschleiß bei unterschiedlichen Mikrogeometrien nach 7,5 min Einsatzzeit © IFW

INFORMATION & SERVICE



LITERATUR

- [1] L. Vel, G. Demazeau und J. Etourneau: Cubic boron nitride: synthesis, physicochemical properties and applications. *Materials Science and Engineering B* 10(2), S. 149-164, 1991
- [2] B. Denkena und D. Biermann: Cutting edge geometries. *CIRP Annals* 63(2), S. 631-653, 2014
- [3] B. Denkena, M. Reichstein, J. Brodehl und L. de León-García: Surface Preparation, Coating and Wear Performance of geometrically defined cutting edges. *Proceedings of the 5th International Conference ›The Coatings‹ in Manufacturing Engineering*, 2005
- [4] C.E.H. Ventura: Herstellung von Schneidkantengeometrien an PKB-Wendeschneidplatten durch Querseiten-Planschleifen. Dissertation Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, 2014
- [5] B. Bergmann: Grundlagen zur Auslegung von Schneidkantenverrundungen. Dissertation, 2017
- [6] E. Bassett: Belastungsspezifische Auslegung und Herstellung von Schneidkanten für Drehwerkzeuge. Dissertation Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, 2014
- [7] T. Özel: Computational modelling of 3D turning: Influence of edge microgeometry on forces, stresses, friction and tool wear in PcBN tooling. *Journal of Materials Processing Technology* 209(11), S. 5167-5177, 2009

INSTITUT

IFW – Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Leibniz Universität Hannover
30823 Garbsen
Tel. +49 511 762-2533
www.ifw.uni-hannover.de

DIE AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Berend Denkena ist Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover
denkena@ifw.uni-hannover.de

Dr.-Ing. Alexander Krödel ist Bereichsleiter Fertigungsverfahren und **M. Sc. Arnd Heckemeyer** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter Zerspanung am IFW
kruedel@ifw.uni-hannover.de
heckemeyer@ifw.uni-hannover.de

kante des Werkzeugs mit zwei Fasen stabil und zeigt ein ähnliches Verschleißverhalten wie das gebürstete Referenzwerkzeug (Bild 3).

Folglich kann auf eine genauere Approximation der Schneidkantenverrundung durch weitere Fasen verzichtet werden. Dieser Verzicht kommt der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zugute, weil hierdurch die Prozesszeiten zur Herstellung der Schneidkanten-Mikrogeometrie auf der Schleifmaschine direkt beeinflusst werden.

Nachdem sich also die Herstellbarkeit und die generelle Anwendbarkeit der neuartigen Schneidkanten-Mikrogeometrie nachweisen ließen, kann nun erforscht werden, wie die Schneidkantengestalt für ein optimales Einsatzverhalten beim Hartdrehen beschaffen sein muss. Durch eine Optimierung der Schneidkanten-Mikrogeometrie lässt sich das Potenzial der Werkzeuge im Einsatz ausschöpfen. Hierzu wurden Schneidkanten neben der üblichen Schutzfase an der Spanfläche entsprechend dem neuen Ansatz mit einer Doppelfase versehen, und diese Verrundungsgröße wurde innerhalb von drei Stufen variiert.

Versuchsbegleitend wertete man den Verschleiß mithilfe der Videomikroskopie sowie auf Basis der Fokusvariation aus. Als Standzeitkriterium galt eine mittlere Verschleißmarkenbreite $VB_B = 160 \mu\text{m}$. Die Oberfläche der bearbeiteten Werkstücke wurde parallel dazu durch taktile Rauheitsmessungen charakterisiert.

Die Größe der Schneidkantenverrundung übt einen deutlichen Einfluss auf den resultierenden Werkzeugverschleiß sowie auf die Oberflächentopologie der bearbeiteten Werkstücke aus (Bild 4). Dabei ist vor allem das Schneidkantensegment an der Freifläche (S_a) herauszustellen, das die Kontaktlänge zwischen Werkstoff und Werkzeug an der Freifläche bestimmt. Eine vergrößerte freiflächenseitige Kontaktlänge, äquivalent zu einem großen Segment S_a , steigert die Mindestspannungsdicke, und es kommt vermehrt zu Quetsch- und Reibvorgängen zwischen Werkzeug und Werkstoff [5]. In der Folge wird die erzeugte Oberflächenqualität deutlich reduziert.

Außer der Oberflächenqualität wird die Prozesstemperatur von dem vergrößerten Schneidkantenabschnitt S_a be-

einflusst [6]. Auch hier ist die vermehrt auftretende Reibung infolge des vergrößerten Kontaktbereichs zwischen Werkzeug und Teile-Oberfläche als Ursache zu nennen. Die gesteigerten Temperaturen in Kombination mit der erhöhten Kontaktlänge sind die Ursache für den zunehmenden Freiflächenverschleiß. Neben dem Freiflächenverschleiß ist der für die Hartbearbeitung typische Kolkverschleiß standzeitlimitierend. Ferner wird dieser, wie der Freiflächenverschleiß, von der Schneidkanten-Mikrogeometrie beeinflusst (Bild 5).

Die Vergrößerung des Schneidkantenabschnitts S_a von 20 auf 35 μm führt zu einer Zunahme der Kolktiefe KT um 30 Prozent. Zurückzuführen ist dieser Zusammenhang auf die steigenden Temperaturen in der sekundären Scherzone und die folglich zunehmenden tribochemischen Reaktionen auf der Spanfläche des Werkzeugs [7].

Kantenpräparation hat noch Potenzial

Der hier vorgestellte Ansatz zur Präparation der Schneidkanten-Mikrogeometrie während des Schleifens bietet ein großes Potenzial zur Leistungssteigerung von PcBN-Werkzeugen. Der Wegfall eines kompletten Prozessschrittes senkt die Kosten und verbessert gleichzeitig das Werkzeug-Einsatzverhalten.

In zukünftigen Arbeiten werden die Erkenntnisse auf weitere Werkstoffe sowie auf eine unterbrochene Schnittführung übertragen. Zudem ist ein Transfer in die Praxis geplant, bei der die Herstellung der neuartigen Mikrogeometrie unter seriennahen Bedingungen beim Schweizer Schleifmaschinen-Hersteller Agathon AG realisiert wird.

Die Autoren dieses Beitrags danken dem VDW-Forschungsinstitut e.V. sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) für die organisatorische und finanzielle Unterstützung des Projekts ›Neue Fasengeometrie für cBN-Werkzeuge begünstigt Standzeit und Herstellkosten‹ (IGF 19890 N). Des Weiteren gilt der Dank den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses, besonders denen der Gühring KG, sowie der Agathon AG für die Bereitstellung von Werkzeugen und Maschinenzeit. Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. ■