

Stahlzerspanung ■ Werkzeugauslegung ■ Hartmetall

Runde Kante, langes Leben

Wie effektiv ihre Verrundung die Stabilität einer Schneidkante erhöht, hängt stark vom Schneidstoff ab. Optimale Werkzeuggeometrien lassen sich nur dann gestalten, wenn man die Wechselwirkung zwischen Hartmetallsubstrat, Schneidkante und Einsatzverhalten kennt.

von Berend Denkena und Tobias Picker

Der Verschleiß eines Zerspanungswerkzeugs wird außer vom Schneidstoff und von der Beschichtung stark von dessen Geometrie beeinflusst, bestehend aus Makro- und Mikrogeometrie. Erstere umfasst im Wesentlichen das Durchmesser-Längen-Verhältnis, die Schneidkeilgeometrie bezüglich Span- und Freiwinkel, die Zähnezahl, den Drallwinkel sowie

Form und Größe der Spanräume [1]. Die Mikrogeometrie bezieht sich dagegen auf die Form der Schneidkante.

Die Werkzeugmikrogeometrie oder auch Schneidkantenmikrogeometrie beschreibt den Übergang zwischen der Span- und der Freifläche des Schneidkeils, der vereinfacht als Kreisbogen aufzufassen ist. Die Verrundungsgröße sowie die Symmetrie lassen sich nach

der K-Methode mithilfe der Schneidkantensegmente S_α und S_γ beschreiben (Bild 2). S_α ist die Länge von der ideal scharfen Schneidengeometrie bis zum Ablösepunkt der Verrundung auf der Freifläche, S_γ die Länge bis zum Ablösepunkt auf der Spanfläche [2].

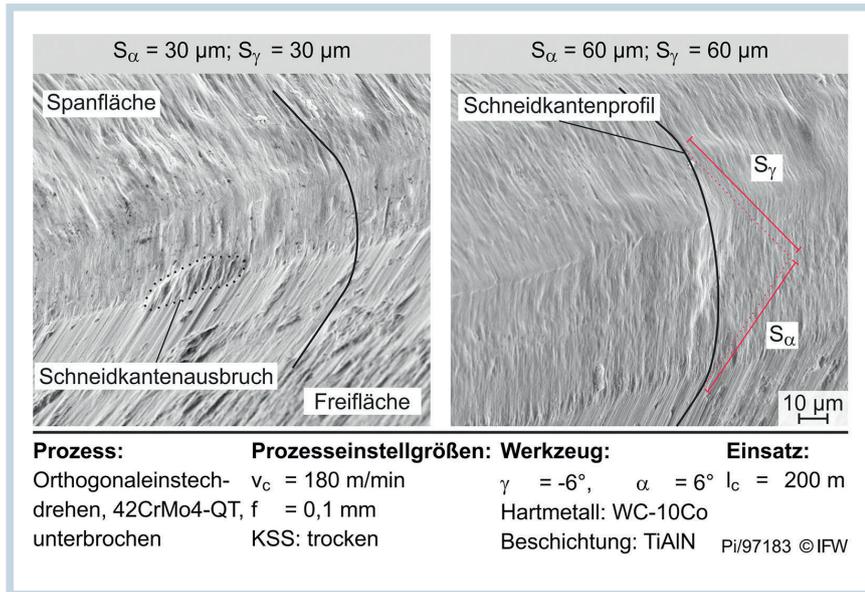
Die Mikrogeometrie hat einen signifikanten Einfluss auf das Verschleißverhalten der Zerspanungswerkzeuge. So ließ sich eine Standzeitsteigerung von bis zu 100 Prozent gegenüber schleifscharfen Werkzeugen durch die Verwendung von Schneidkantenverrundungen bei fast allen geometrisch bestimmten Zerspanprozessen nachweisen [2 bis 6]. Die Verrundung reduziert die lokalen Belastungen und somit Kantenausbrüche (Bild 2).

Verrundung verlängert die Standzeit einer Schneide um bis zu 100 Prozent

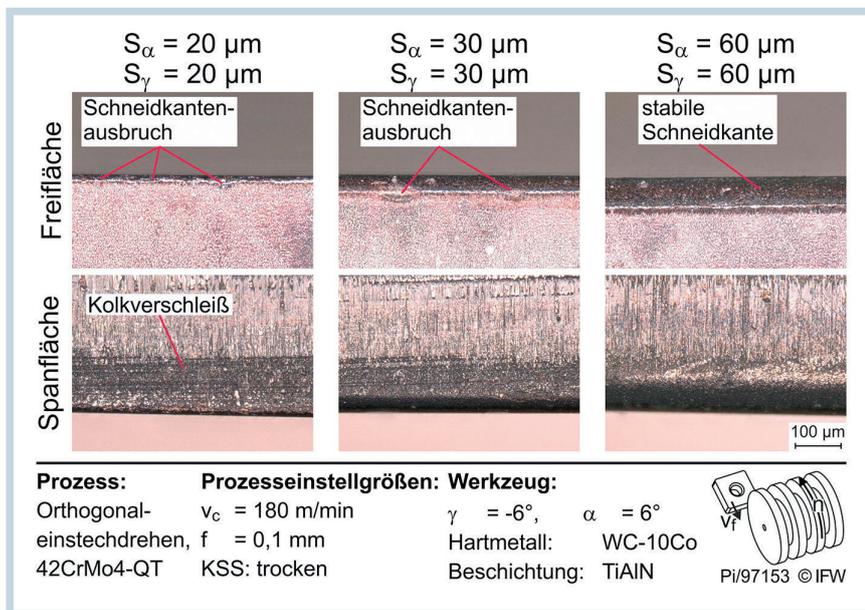
Ein großes Potenzial in puncto Schneidkantenverrundung besteht bei der Stahlzerspanung mit Hartmetallwerkzeugen. Die Kantenstabilität wird jedoch nicht nur von der Geometrie der Verrundung beeinflusst, sondern auch stark von den Eigenschaften des Hartmetalls. Die mechanische und die thermische Festigkeit des Schneidstoffes geben die Belastungsgrenzen des Werkzeugs vor. Deshalb wird in einem aktuellen Projekt gemeinsam mit Forschern des Fraunhofer Instituts für Keramische Technologien und Systeme (IKTS) in Dresden der Einfluss unterschiedlicher Hartmetalle auf das Einsatzverhalten verrundeter Drehwerkzeuge unter-



1 Versuchsaufbau zur Aufnahme des Verschleißes verrundeter Werkzeuge. Das Einsatzverhalten von Hartmetallwerkzeugen kann durch angepasste Schneidkantenverrundung optimiert werden (© IFW)



2 REM-Aufnahmen unterschiedlicher Schneidkantenverrundungen (© IFW)



3 Einfluss unterschiedlicher Schneidkantenverrundungen auf den Verschleiß (© IFW)

sucht. Dabei variiert man die Verrundungsgeometrien gezielt, um die Wechselwirkung zwischen Schneidstoff, Schneidkantengestalt und Verschleißmechanismen aufzunehmen.

In Orthogonaleinstech-Untersuchungen am Werkstoff 42CrMo4-QT auf einer Drehmaschine des Typs Gildemeister CTX520 Linear wurden vier unterschiedliche Hartmetalle eingesetzt (Bild 1). Zunächst präparierte man die Wellen, damit der Eckenradius der Wendeschneidplatten nicht im Eingriff ist und der Verschleiß relativ einfach mit einem Digitalmikroskop ausgewertet werden kann.

Verrundete Hartmetallwerkzeuge zum Einstechen verwendet

Alle Tests erfolgten mit einem konstanten Vorschub f von 0,1 mm, einer konstanten Stegbreite b von 2 mm und einer konstanten Schnittgeschwindigkeit v_c von 180 m/min. Der Spanwinkel γ war mit -6° ebenso wie der Freiwinkel α mit 6° stets unveränderlich.

Verwendet wurden Wendeschneidplatten der Geometrie SNMN120408 aus feinkörnigem Wolframcarbide mit einem Cobaltanteil von 10 und 20 Prozent sowie zwei feinkörnige Wolframcarbide mit 18 Prozent Cobalt sowie jeweils 4 und 13 Prozent Titancarbid –

hergestellt vom IKTS. Um die Verschleißveränderung infolge der Zusammensetzung aufnehmen zu können, hatten alle Hartmetalle eine vergleichbare Härte von $1165 \text{ HV}_{10} \pm 75 \text{ HV}_{10}$. Unterschiedliche Binder- oder Mischkarbidanteile führen nur zu einer Veränderung der thermischen Eigenschaften sowie der Bruchzähigkeit [7].

Die Werkzeuge wurden anschließend am IFW Hannover geschliffen und mittels Bürsten verrundet. Dabei erzeugte man eine breite Variation der Verrundungsgröße. Dann erhielten die Werkzeuge eine rund $3 \mu\text{m}$ dicke PVD-TiAlN-Schicht. Schließlich wurden die Schneidkantengeometrien mit einem GFM Mikrocad gemessen und ausgewertet, um die auftretenden Verschleißmechanismen den tatsächlich vorhandenen Schneidkantenverrundungen zuordnen zu können. Zudem ermöglicht das eine Bewertung des Präparationsprozesses aus Bürsten und PVD-Beschichtung, bei dem maximal eine Abweichung von +10 Prozent zur Sollgeometrie auftritt.

Das Hartmetall und die Verrundung bestimmen den Verschleiß

Der Verschleiß wird trotz Beschichtung maßgeblich vom Hartmetall beeinflusst. Vorrangig dessen Bruchzähigkeit und Warmhärte führen zu unterschiedlichen Verschleißmechanismen. Beide verwendeten Substrate besitzen eine symmetrische Verrundung von $30 \mu\text{m}$.

Das Hartmetall mit einem TiC-Anteil von vier Prozent hat eine geringe Warmhärte bei zugleich hoher Bruchzähigkeit, sodass kein sprödes Materialversagen der Schneidkante auftritt und eine Mikrogeometrie mit $30 \mu\text{m}$ schon zu einer stabilen Schneide führt. Von Nachteil ist aber der diffusionsbedingte abrasive Verschleiß auf der Spanfläche (Kolk). Wegen der Reibung des abfließenden Spans ist die thermische Belastung an der Spanfläche maximal [3]. Die geringe Warmhärte des Werkzeugs führt zu dessen starker Abnutzung in Form eines ausgeprägten Kolkverschleißes mit einer Kolkbreite KB von $110 \mu\text{m}$.

Beim Hartmetall mit einem TiC-Anteil von 13 Prozent wirkt sich die Erhöhung des Titancarbidanteils positiv auf die Warmhärte aus, sodass der Kolkverschleiß deutlich kleiner ausfällt. Die Beständigkeit gegenüber erhöhten

INFORMATION & SERVICE

LITERATUR

- [1] M. Groppe: Prozessauslegung für die Hochleistungsfärbearbeitung von Aluminium-Strukturbauteilen. Dissertation Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, 2005
- [2] B. Denkena und D. Biermann: Cutting edge geometries. Annals of the CIRP, Vol. 93/2, 2014, S. 631–653
- [3] E. Bassett: Belastungsspezifische Auslegung und Herstellung von Schneidkanten für Drehwerkzeuge. Dissertation Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, 2014
- [4] B. Bergmann: Grundlagen zur Auslegung von Schneidkantenverrundungen. Dissertation Dr.-Ing, Leibniz Universität Hannover, 2017
- [5] D. Biermann, R. Aßmuth, S. Hess und M. Tiffe: Simulation base analysis and optimisation of the cutting edge micro shape for machining of nickel-base alloys. Procedia CIRP, Vol. 67, 2018, S. 284–289
- [6] M. Rehe: Herleitung prozessbezogener Kenngrößen der Schneidkantenverrundung im Fräsprozess. Dissertation Dr.-Ing., Leibniz Universität Hannover, 2015
- [7] A. Vornberger, J. Pöttchke, T. Gestrich und M. Herrmann: Mechanical and Thermophysical Properties of Hardmetals at Room and Elevated Temperatures. European Powder Metallurgy Association Congress & Exhibition, Bilbao/Spanien, 2018

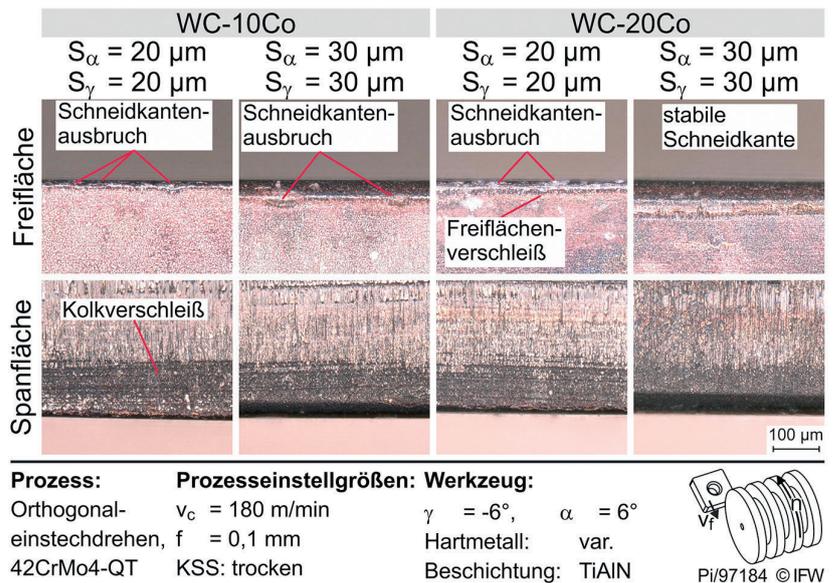
INSTITUT

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

M. Sc. Tobias Picker ist wissenschaftlicher Mitarbeiter Zerspanung am IFW
picker@ifw.uni-hannover.de



4 Hartmetallspezifische Schneidkantenverrundungen verhindern frühzeitige Ausbrüche und ermöglichen eine prozesssichere Bearbeitung (© IFW)

Temperaturen führt zu einer geringeren ausgeprägten Kolkbreite ($KB = 89 \mu\text{m}$); die Erhöhung des Mischkarbidanteils senkt hingegen die Bruchzähigkeit. Es resultieren Ausbrüche entlang der Werkzeugschneide, die eine direkte Beeinflussung der Oberflächengüte und somit einen frühen Werkzeugaustausch erfordern.

Trotz der Verwendung von Beschichtungen und angepassten Prozessparametern darf also der Einfluss der Schneidstoffeigenschaften nicht vernachlässigt werden. Besonders bei einer PVD-Beschichtung mit geringer Schichtdicke sind diese schon nach wenigen Einsatzminuten im Bereich der Schneidkante nicht mehr vorhanden; deshalb ist das Hartmetallsubstrat für das Einsatzverhalten verantwortlich.

Es gilt also stets, den Schneidstoff an die Bearbeitung anzupassen. Ist das nicht möglich, kann der Verschleiß durch eine gezielte Schneidkantenpräparation dennoch optimiert und eine prozesssichere Bearbeitung ermöglicht werden. Die Schneidkantenverrundung verändert signifikant die Kontaktlängen zwischen Werkzeug und Werkstück und hat Auswirkungen auf die Spanbildung, die Temperaturen, die Prozesskräfte und somit auf den Werkzeugverschleiß [2 bis 6].

Bild 3 zeigt Verschleißaufnahmen des Hartmetallsubstrats (WC-10Co) mit symmetrischen Verrundungen der Größe 20, 30 und 60 μm . Die Aufnahmen der Spanflächen zeigen eine marginale Beeinflussung des Kolkverschleißes

durch die Erhöhung der Mikrogeometrie. Die Kolkbreite von 120 μm bildet sich über alle Verrundungen vergleichbar aus. Ursache ist die nur geringfügige Änderung der Kontaktlänge an der Spanfläche bei einer Vergrößerung des Schneidkantenradius.

Im Bereich der Spanbildungszone sowie der Freifläche beeinflussen die unterschiedlichen Schneidkantenverrundungen hingegen signifikant die Kontaktlängen zwischen Werkzeug und Werkstoff. Weil die Belastungen bei größeren Rundungen auf eine größere Bogenlänge verteilt werden, nehmen die Spannungen im Schneidstoff ab, und lokale Spannungsspitzen werden vermieden.

Bei einer Verrundung von 60 μm stabilisiert sich die Schneidkante

Je nach Werkstoff-Schneidstoff-Paarung und gewählten Prozessparametern können die Spannungsspitzen die Festigkeit des Hartmetalls überschreiten, was lokale Schneidkanten ausbrüche zur Folge hat. Bei den Verrundungen mit nur 20 und 30 μm kam es zu lokalen Überlastungen der Schneidkante und zu solchen Ausbrüchen (Bild 3).

Eine weitere Erhöhung der Verrundung auf 60 μm führt zu einer besseren Belastungsverteilung und reduzierten Spannungen, sodass eine stabile Schneidkante vorliegt. Des Weiteren ist in Bild 3 gemäß der Erkenntnisse von Rehe und Bergmann [4 und 6] eine Vergrößerung des Freiflächenverschleißes infolge der steigenden Schneidkanten-

verrundungen erkennbar. So steigt die Verschleißmarkenbreite VB_B von 9 bei der Mikrogeometrie mit 20 μm auf 25 μm bei der 60- μm -Geometrie an. Allerdings ist der kontinuierliche Verschleiß einfacher zu überwachen, und der Ausschuss nimmt ab. Dennoch liegt die optimale Verrundung an der Grenze zwischen Kantenstabilität und minimalem kontinuierlichen Verschleiß.

Substratspezifische Verrundung zur optimalen Leistungssteigerung

Die Tests konnten also die schneidstoffspezifischen Verschleißmechanismen sowie die Veränderung dieser durch die Schneidkantenverrundung aufzeigen. Infolge der Prozess- und Werkzeugentwicklung benötigt man systematische Vorgehensweisen, mit denen schon vor der Bearbeitung das optimale Werkzeug inklusive angepasster Schneidkantenverrundung gestaltet werden kann. Mit solchen Modellen lässt sich die Wahl unzutreffender Parameter oder einer ungeeigneten Schneidkantenverrundung, die zu initialem Kantenbruch führt, vermeiden.

Deutlich wird das in Bild 4 mit zwei Verrundungen bei zwei unterschiedlichen Hartmetallen. Die Hartmetalle bestehen aus Wolframcarbid mit einem Cobaltanteil von 10 und 20 Prozent. Folglich ist die Bruchzähigkeit des WC-20Co deutlich erhöht und die Neigung zum Sprödbrech reduziert. So reicht eine Steigerung der Schneidkantenverrundung von $S_\alpha = S_\gamma = 20$ auf 30 μm aus, um die Schneidkante zu stabilisieren. Die größere Verrundung erhöht gleichzeitig den Freiflächenverschleiß von 23 ($S_\alpha = S_\gamma = 20$ μm) auf 40 μm ($S_\alpha = S_\gamma = 30$ μm), bedingt durch die geringste Härte aller eingesetzten Hartmetalle von nur 1175 HV10.

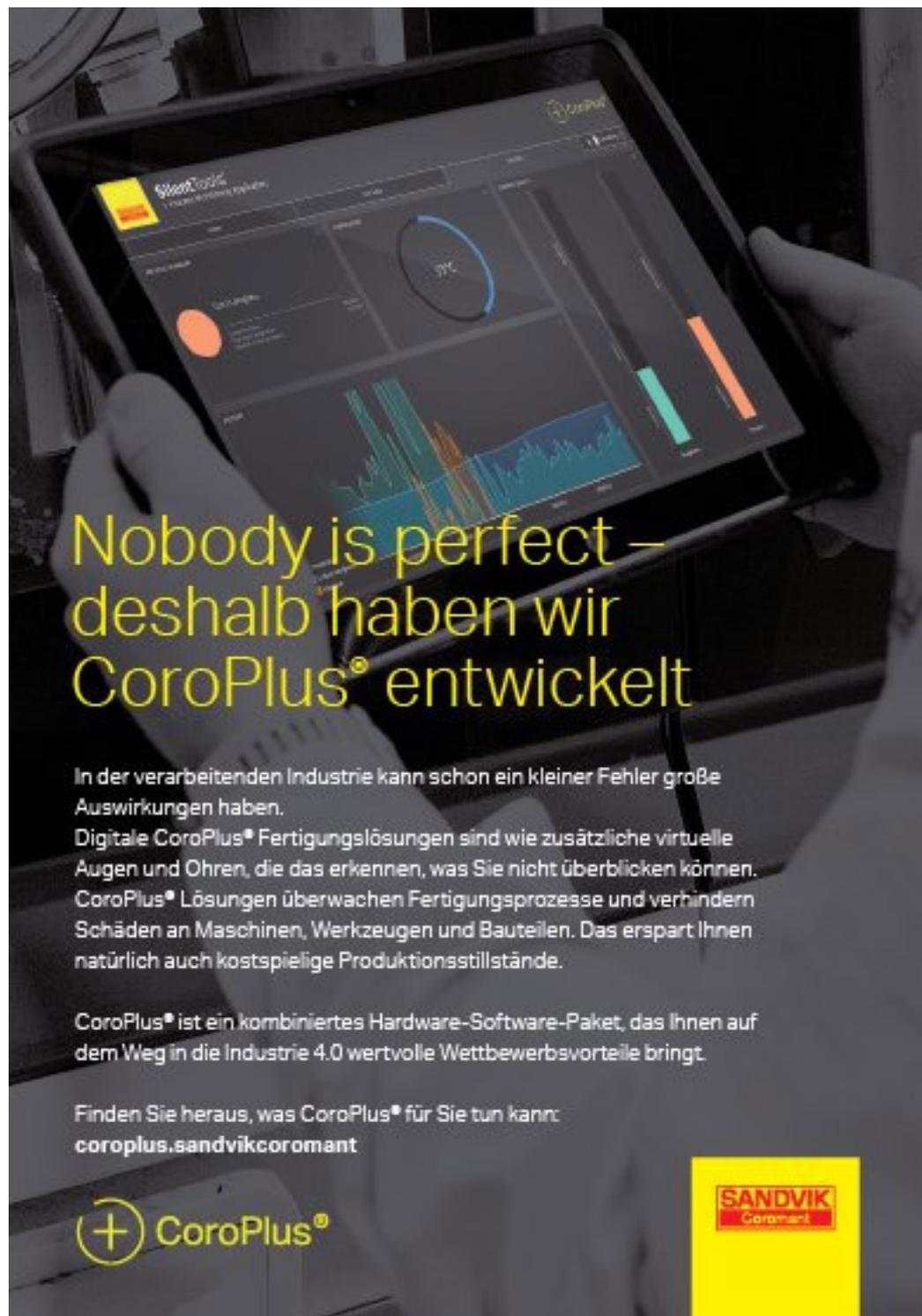
Eine weitere Erhöhung der Verrundung verursacht weiteren abrasiven Verschleiß, sodass die Mikrogeometrie mit einem Verrundungsbogen von 30 μm bei der vorliegenden Kombination aus Werkzeug, Werkstoff und Parametern den geringsten Verschleiß hervorruft. Demgegenüber erzeugt diese Mikrogeometrie beim Substrat mit 10 Prozent Cobalt weiterhin Schneidkantenausbrüche. Grund ist die ge-

ringere Bruchzähigkeit und die somit höhere Neigung zum Sprödbrech. Bei der Anwendung dieses Schneidstoffes sollte die Verrundung demnach auf etwa 60 μm vergrößert werden (Bild 3). Sie darf aber nicht nur an die Prozessstellgrößen und den Werkstoff angepasst werden [3, 4 und 6], sondern es sind auch die Eigenschaften des Schneidstoffes zu berücksichtigen.

Die Untersuchungen am IFW gehen weiter. So werden im Rahmen des geförderten Projekts ›Substratspezifische Gestaltung der Schneidkantenverrundung‹ bis Ende des Jahres 2020 die

Wechselwirkungen zwischen Hartmetall, Schneidkantenverrundung und Prozessstellgrößen aufgenommen. Ziel ist die Bereitstellung einer allgemeinen Methodik, die im Bereich der Werkzeug- und Prozessauslegung anwendbar ist. Eine solche Methodik reduziert den Planungsaufwand der Werkzeughersteller bei gleichzeitiger Maximierung der Werkzeugstandzeit.

Die Autoren dieses Fachartikels danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Förderung innerhalb des Projektes ›DE447/150-1‹. ■



Nobody is perfect – deshalb haben wir CoroPlus® entwickelt

In der verarbeitenden Industrie kann schon ein kleiner Fehler große Auswirkungen haben. Digitale CoroPlus® Fertigungslösungen sind wie zusätzliche virtuelle Augen und Ohren, die das erkennen, was Sie nicht überblicken können. CoroPlus® Lösungen überwachen Fertigungsprozesse und verhindern Schäden an Maschinen, Werkzeugen und Bauteilen. Das erspart Ihnen natürlich auch kostspielige Produktionsstillstände.

CoroPlus® ist ein kombiniertes Hardware-Software-Paket, das Ihnen auf dem Weg in die Industrie 4.0 wertvolle Wettbewerbsvorteile bringt.

Finden Sie heraus, was CoroPlus® für Sie tun kann:
coroplus.sandvikcoromant

+ CoroPlus®

SANDVIK
Coromant