

Miniaturbohrer ■ Spanflächengestaltung ■ Massenbohrbilder

Optimierte Spannuten steigern die Leistung von Kleinstbohrern

Immer kleiner und filigraner werden die Bauteile, immer zahlreicher die Bohrungen – nicht nur in Hightech-Branchen. Eine Möglichkeit, die Zerspanleistung zu steigern und die Bohrerstandzeit zu verlängern, ist eine Nachbehandlung der Spanfläche. Versuche bestätigten das.

von Gerhard Petuelli und Jan Philipp Jaeger

Auf vielen Sektoren der Produktionstechnik ist eine fortschreitende Entwicklung hin zu kleineren Bauteilen mit zunehmend filigranen Strukturen feststellbar. Dabei wird mit steigendem Verhältnis der Bohrungstiefe zum Bohrungsdurchmesser (L/D-Verhältnis) die Technologie hochproduktiver Miniaturbohrprozesse in der Massenproduktion immer mehr zur Herausforderung. Ein Beispiel dafür sind sogenannte Lochscheiben, die in der Lebensmittelindustrie benötigt werden. Bild 2 zeigt ein Segment einer solchen Lochscheibe und die zu ihrer Herstellung benötigten Bohrerwerkzeuge. Letztere bedürfen einer stetigen Optimierung.

Die Oberflächengüte der Spanfläche definiert die Prozessgrenzen

Neben der Werkzeuggeometrie rückt die Oberflächenqualität der Spannuten von Wendelbohrern in den Fokus der Werkzeugoptimierung. Derzeit werden beispielsweise Hartmetallerzeugnisse mit verminderten Reibkoeffizienten in der Medizintechnik verwendet [1]. Gerade beim Bearbeiten von Buntmetallen und Verbundwerkstoffen sind infolge verbesserter Werkzeugoberflächen Standwegsteigerungen zu erwarten [2 und 3].

Die Oberflächenqualität der Spanflächen beeinflusst den Spänetransport, besonders bei großen Bohrtiefen, und definiert somit die Prozessgrenzen. Im Ver-



1 Mit dieser Versuchsanordnung wurde die Leistungsfähigkeit von Wendeltiefbohrern mit behandelter und unbehandelter Spanfläche bei der Edelstahlbearbeitung untersucht. Links Plattform zur Standwegmessung; rechts Plattform zur Messdatenerfassung (© swf)

gleich zu konventionellen sind bei span-
nutoptimierten Werkzeugen ein deutlich
gleichmäßigerer Momenten- und Kraft-
verlauf während der Bearbeitung sowie
ein verlängerter Standweg messbar [1].

Die Wirtschaftlichkeit der Oberflächen-
nachbearbeitung und die mögli-

chen Oberflächenverbesserungen sind
abhängig von dem jeweiligen Verfahren
[4]. Ziel der im Folgenden vorgestellten
Untersuchung war es, zu prüfen, ob das
Bohren mit Kleinstbohrern durch die
Finishbearbeitung der Werkzeuge beein-
flusst wird. »



2 Werkzeuge zum Bohren von Tieflöchern mit $d < 1,5$ mm auf dem Segment einer Lochscheibe für die Lebensmittelindustrie
(© swf)

Gebohrt wurde in martensitischen Edelstahl (1.4112), der aufgrund der hohen Abrasions- und Adhäsionsneigung eine besondere Herausforderung für die Zerspanung darstellt. Verwendet wurden kopfbeschichtete Werkzeuge mit einem Durchmesser von $d = 1,4$ mm, mit denen Bohrungen mit einem L/D-Verhältnis von 10 möglich sind. Alle Werkzeuge wurden einer Charge entnommen, sodass sie sich nur durch die Art der Spannut-Nachbehandlung unterschieden. Die Nachbehandlung reduzierte die Rauheit der Spannut von $R_{\max} \approx 0,4 \mu\text{m}$ auf $R_{\max} \approx 0,2 \mu\text{m}$.

Mit einer HSC-Fräsmaschine wurden in Scheiben der Dicke $t = 11,2$ mm zunächst Pilotbohrungen, dann im Peck-Drilling-Verfahren Durchgangsbohrungen eingebracht. Um die Prozesssignale bestimmen zu können, spannte man die Scheiben auf einer Zwei-Komponenten-Messplattform (F_z ; M_z) auf. Bild 1 zeigt diesen Aufbau.

Spanflächenqualität sensibilisiert das System in puncto Zerspangrößen

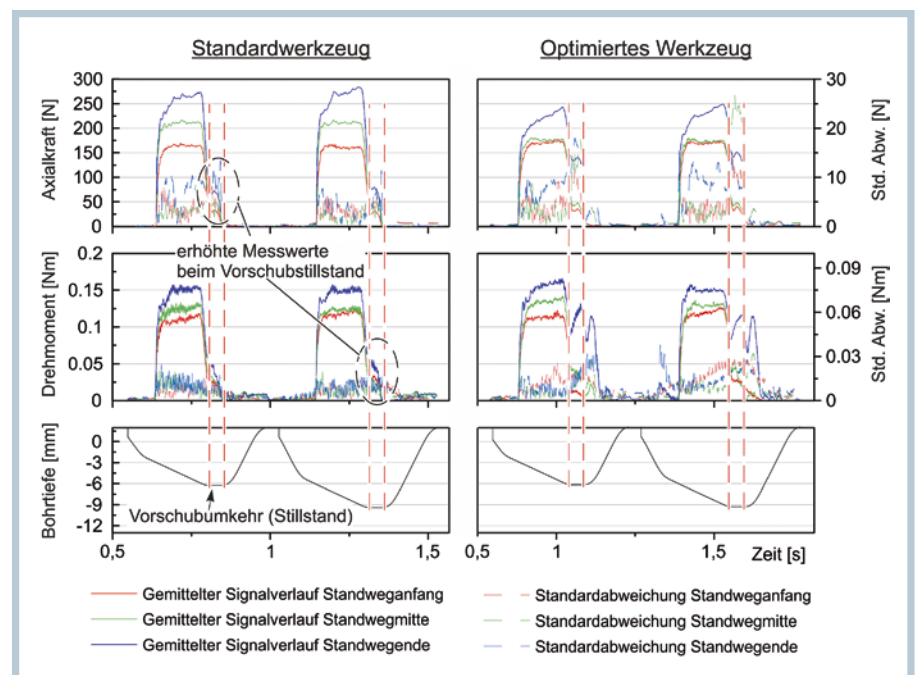
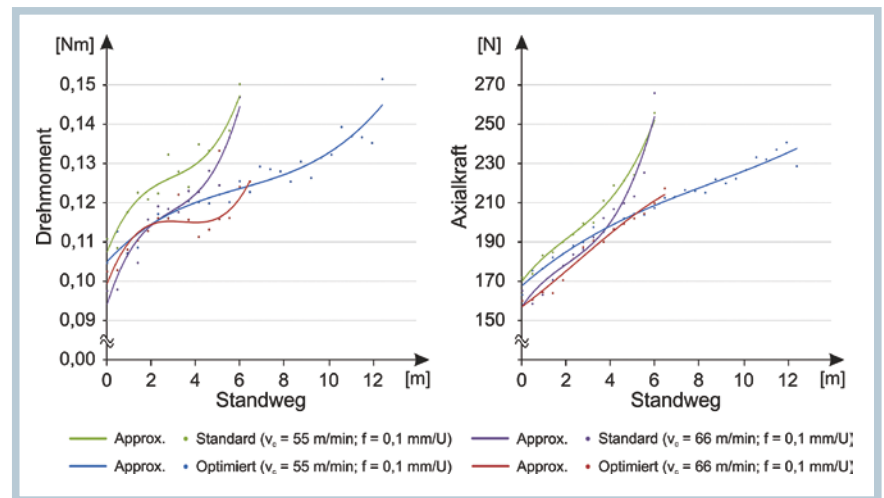
Für eine Abschätzung des Standwegs wurden zunächst mit jeweils drei Werkzeugen im Wechsel fünf Mess- und 245 Verschleißbohrungen hergestellt (Messzyklus MZ_{250}). Um den Verschleißfortschritt besser erfassen zu können, fertigte man im zweiten Schritt mit je zwei Werkzeugen im Wechsel jeweils fünf Mess- und 45 Verschleißbohrungen (Messzyklus MZ_{50}). Die Messwerte der fünf Messbohrungen wurden gemittelt, die Standardabweichung wurde bestimmt. Beim Bohren galten die Schnittwertempfehlungen des Herstellers, mit den HPC-Bedingungen erhöhte Vorschubgeschwindigkeit (HPC1) und erhöhte Schnittgeschwindigkeit (HPC2).

Es stellte sich heraus, dass der mittlere Standweg des Standardwerkzeugs

kaum von den Schnittparametern abhängig ist (MZ_{50} : $\bar{x} = 5,07$ m bis 5,21 m, MZ_{250} : $\bar{x} = 5,83$ m bis 5,94 m). Eine Standwegsteigerung um rund 20 Prozent bei längerem Messintervall war auf den stabileren Prozess (kleinere Standardabweichung) zurückzuführen, weil unter anderem weniger Werkzeugwechsel zum Pilotieren erforderlich waren.

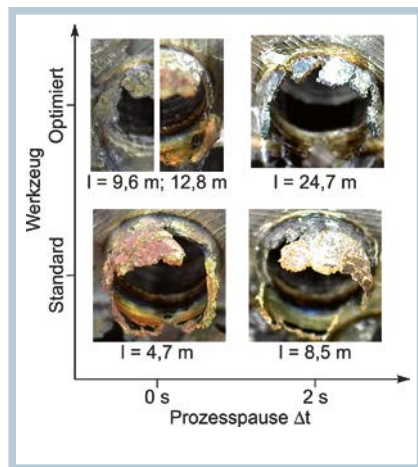
Grundsätzlich andere Ergebnisse ließen sich mit den Werkzeugen mit verbesserter Oberfläche erzielen. Die Steigerung der Vorschubgeschwindigkeit (HPC1)

hatte bei kurzem Messintervall (MZ_{50}) eine deutliche Verlängerung des Standwegs, bei langem Intervall (MZ_{250}) eine signifikante Reduktion des Standwegs zur Folge. Demgegenüber zeigte die höhere Schnittgeschwindigkeit (HPC2) bei kurzem Intervall (MZ_{50}) kaum einen, bei langem Intervall jedoch einen signifikanten Einfluss auf das Standzeitverhalten. Offensichtlich reagiert das Zerspanungssystem bei unterschiedlicher Oberflächenqualität der Spanfläche, verändertem Spanfluss und Spanvolumen in Ver-



bindung mit der dadurch bedingten unterschiedlichen Temperaturentwicklung empfindlicher auf Änderungen der Zerspanparameter.

Die aus den jeweils fünf Messbohrungen gemittelten maximalen Drehmomente und Axialkräfte sind, in Abhängigkeit vom Vorschubweg, in Bild 3 dargestellt. Der Verlauf der Messwerte (Punkte) wurde durch eine Funktion höheren Grades interpoliert (Linie). Der Verschleißfortschritt folgt einem für Reibverschleiß typischen Verlauf [5]. Die stationären



5 Vergleich der Grate zum Standwegende in Bezug auf die verschiedenen Werkzeugtypen und Prozessstrategien (© swf)

und instationären Verschleißphasen sind insbesondere im Drehmomentverlauf bei höherer Oberflächenqualität der Spannut deutlich erkennbar.

Mit zunehmendem Vorschubweg steigen sowohl das Drehmoment als auch die Axialkraft um ungefähr 45 Prozent auf $\bar{x}_{(M_z)} = 0,147 \text{ Nm}$ ($s_{(M_z)} = 0,007 \text{ Nm}$) beziehungsweise $\bar{x}_{(F_z)} = 239 \text{ N}$ ($s_{(F_z)} = 12 \text{ N}$) an. Zudem hat die Nachbehandlung der Spannut mit steigendem Vorschubweg geringfügig kleinere Kräfte und Momente zur Folge.

Die zeitlichen Verläufe der gemittelten Kraft- und Drehmomentverläufe (HPC1) mit den entsprechenden Standardabweichungen sowie der jeweilige Vorschubweg sind in Bild 4 dargestellt. Die Zyklen sind auf das Peck-Drilling zurückzuführen. Zum Vergleich werden lediglich der zweite und der dritte der insgesamt vier Bohrzyklen dargestellt.

Mit dem Standardwerkzeug sind die Prozesse deutlich instabiler
Der Vergleich zeigt, dass nach dem Einzelhub und bei Vorschubumkehr deutlich

größere Werte am Standardwerkzeug auftreten als beim optimierten Werkzeug. Die große Standardabweichung weist darauf hin, dass die Prozesse mit dem Standardwerkzeug deutlich instabiler sind. Diese Effekte deuten auf einen erhöhten Querschneidenverschleiß und damit Materialanhaftungen hin. Die erhöhten Drehmomente, die während der Rückhubbewegung sogar ansteigen, lassen sich mit einer verstärkten Adhäsionsneigung und Spanaufklebungen, die an der Bohrungswand reiben, erklären.

In den mit dem verbesserten Werkzeug ermittelten Daten kamen diese Effekte nur schwächer zum Vorschein. Das zeigt, dass durch die Finishbearbeitung die Prozessstabilität beim Bohren mit großem L/D-Verhältnis erheblich verbessert werden kann.

Form und Farbe des Grats geben Hinweise auf die Zerspantemperatur

Um mögliche Ursachen für die Standwegunterschiede einzugrenzen, wurde der Grat an der Werkstückunterseite analysiert, der beim Austritt des Werkzeugs aus dem Werkstück entsteht. Aus der Form und der Farbe des Grats sind qualitative Rückschlüsse auf die Zerspantemperatur möglich. Bei großem Messintervall (MZ_{250}) bildeten sich schon nach einem kurzen Vorschubweg deutlich ausgeprägte Grate. Zum Standwegende hin entstanden stark verformte Strukturen, die auf ein verschlissenes Werkzeug, erhöhte Zerspantemperaturen und ein baldiges Werkzeugversagen hindeuten. Bestätigt wird das durch Versuche, bei denen zwischen den einzelnen Bohrungen eine Verweilzeit von 2 s programmiert wurde. Unter diesen Bedingungen ließen sich deutlich längere Standwege erreichen. Die nun resultierenden Grate und Materialverfärbungen weisen auf reduzierte Prozesstemperaturen hin (Bild 5).

Die Kühlwirkung des MMS-Mediums reicht also nicht aus, um das Werkzeug im normalen Prozessablauf ausreichend abzukühlen. Dementsprechend steigen Werkzeugtemperatur und Verschleißgeschwindigkeit von Bohrung zu Bohrung an, bis sich ein Gleichgewicht aus zugeführter und abgeführter Wärme einstellt.

Die hier vorgestellten Untersuchungen zeigten demnach, dass auch bei Kleinstbohrern zum Tiefbohren eine Verbesserung der Werkzeug-Oberflächenqualität zur Leistungssteigerung und

Steigerung der Prozesssicherheit genutzt werden kann. Allerdings sind für diese Werkzeuge die Schnittdaten neu zu optimieren. Des Weiteren zeigten die Versuche, dass die Minimalmengenschmierung – vor allem die damit erreichbare Kühlung – verbessert werden muss, um die Prozesssicherheit zu erhöhen und weitere Steigerungen der Standzeit zu erreichen. ■

INFORMATION & SERVICE



INSTITUTE

Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik (IPK) der TH Köln

50678 Köln

Tel. +49 221 8275-2362

www.th-koeln.de

Labor für Werkzeugmaschinen und Fertigungsverfahren der Fachhochschule Südwestfalen

59494 Soest

Tel. +49 2921 378-0

www.fh-swf.de

LITERATUR

[1] D. Biermann, T. Heymann und C. Rautert: Polieren passt Hartmetallflächen der jeweiligen Anwendung an. MM Maschinenmarkt 45/2011, S. 42–44

[2] Diametal AG: Bohrer und Fräser mit polierter Spannut aus Vollhartmetall schleifen. mav maschinen anlagen verfahren 3/2014, S. 84

[3] T. Heymann: Schleifen und Polierschleifen von wendelförmigen Spannuten an Vollhartmetallbohrwerkzeugen. Dissertation Universität Dortmund 2015

[4] H. Gegenheimer: Verbesserte Finishbearbeitung. MM Maschinenmarkt 8/2012, S. 78–81

[5] E. Paucksch: Zerspantechnik. Prozesse, Werkzeuge, Technologien. Viesweg + Teubner, Wiesbaden, 2008

DIE AUTOREN

Prof. Dr. Gerhard Petuelli lehrt am Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik (IPK) der TH Köln gerhard.petuelli@th-koeln.de

Jan Philipp Jaeger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fachhochschule Südwestfalen in Soest jaeger.janphilipp@fh-swf.de

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/3424620