

Bohrwerkzeuge ■ Auskammerungen ■ Leichtbauteile

Qualität auf gutem Grund

Erstmals bietet ein Sonderwerkzeug die Möglichkeit, beliebige Bohrungsgründe zu erzeugen. Auch Bohrungswand und Grundbohrungsübergänge sind ganzheitlich bearbeitbar. Ein Glattwalzen in derselben Aufspannung verbessert zudem die Oberflächenqualität.

von Maximilian Metzger, Moritz Fuß, Sebastian Berger und Dirk Biermann

Formbohrer erzeugen in Grundbohrungen stets einen Bohrungsgrund, der vom Bohrkopfprofil abhängt. Dabei bewirkt der beim Bohren übliche Schnittgeschwindigkeitsabfall vom äußersten Schneidenpunkt zur Bohrungsmitte hin eine Verschlechterung der Oberflächenqualität, und zwar umso stärker, je mehr die Schnittgeschwindigkeit abnimmt.

Mithilfe eines neuen Auskammerwerkzeugs (Bild 1) kann nun in einer Bauteilaufspannung auf ein und derselben Tiefbohrmaschine die von einem Vorbohrer erzeugte Führungsbohrung nachbearbeitet werden. Aufgrund der möglichen Verfahrenbewegungen des neuen Werkzeugsystems lassen sich fast beliebige Bohrungsgründe herstellen. Dazu muss die Tiefbohrmaschine um eine weitere NC-Achse ergänzt werden [1 und 2].

Das Ziel: komplette Auskammerungen in einer Arbeitsstufe erzeugen

Heutzutage verwendet man schon in vielen Anwendungsfällen von innen ausgekammerte Bauteile, bei denen in eher niedrig belasteten Bereichen weniger Material vorhanden ist als in den höher belasteten, zum Beispiel bei Flugzeug-Landebeinen. Das entspricht dem Leichtbaugedanken [3]. Darüber hinaus gibt es Bauteile in der Erdöl- und Gasexploration, bei denen der somit zusätzlich vorhandene Raum – die Auskammerungen – genutzt wird, um dort spezielle Messtechnik unterzubringen.

Die Auskammerungen beschränkten sich bislang meist auf die Bohrungswand

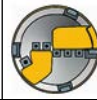


1 Auskammerungen, die man in tiefe Bohrungen einbringt, um Werkstoff zu sparen oder Platz für Sensorik zu schaffen, sind meist aufwendig zu erzeugen, sollen sie hochwertig sein. Dieses neue Werkzeug kammert fertig aus ohne Umspannen bei hoher Oberflächenqualität (© ISF)

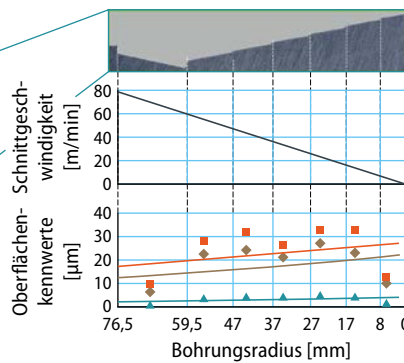
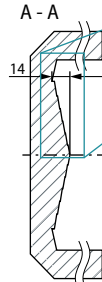
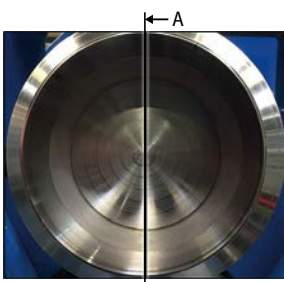
von Tiefbohrungen. Ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördertes gemeinschaftliches ZIM-Projekt (ZIM = Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) des Instituts für Spanende Fertigung (ISF) der TU Dortmund und der Beratenden Gesellschaft für Tiefbohr- und Zerspanungstechnik (BGTB) GmbH, ebenfalls in Dortmund, hat dagegen die Entwicklung, Fertigung und Realisierung eines Auskammerwerkzeugs zum Ziel, das sowohl die Bohrungswand als auch den Bohrungsgrund in diesem Sinne definiert bearbeiten kann.

Bevor eine Bohrungsgrundbearbeitung möglich ist, muss eine Grundbohrung, die sogenannte Führungsbohrung, in das Werkstück eingebracht werden. Das geschieht als Bohrung ins Volle mithilfe eines herkömmlichen BTA-(Boring-and-Trepanning-Association-)Vollbohrkopfes. Im vorliegenden Fall hat dieser einen Durchmesser d von 153 mm und sieben Schneiden, die über den Querschnitt verteilt sind. Das Abstützen und das Führen des Werkzeugs während der Bearbeitung übernehmen drei Führungsleisten, die ungleichmäßig am Umfang

Werkzeug: BTA, Ø153	Schnittgeschw.: $v_c = 80 \text{ m/min}$	▲ Ra (— Expon.)
Schieber: -	Vorschub: $f = 0,2 \text{ mm/U}$	◆ Rz (— Expon.)
Werkstoff: 16MnCr5	Schnitttiefe: -	■ Rt (— Expon.)
KSS: Tiefbohröl	Volumenstrom: $\dot{V} = 150 \text{ l/min}$	— v_c



Profilschnitt der Führungsbohrung



© WB Werkstatt + Betrieb

2 Zusammenhang zwischen Werkzeugradius, Schnittgeschwindigkeit und erzeugter Oberflächenrauheit beim Erzeugen einer Führungsbohrung mit einem BTA-Vollbohrkopf. Üblicherweise bildet sich ein profilierter Bohrungsgrund heraus [© ISF]

angeordnet sind. Um ein stabiles Kräftegleichgewicht im Prozess zu erhalten, sind die sieben Wendeschneidplatten in unterschiedlichen Lagen angeordnet. Das hat jedoch zur Folge, dass sich ein profilierter Bohrungsgrund ausbildet (Bild 2).

Weil von der Außenschniede bis zur Bohrermitte der gesamte Schnittgeschwindigkeitsbereich abgebildet wird, hat das sowohl auf den Spanbildungsvorgang als auch auf die entstehende Oberfläche einen enormen Einfluss. Es wird deutlich, dass mit abnehmender »

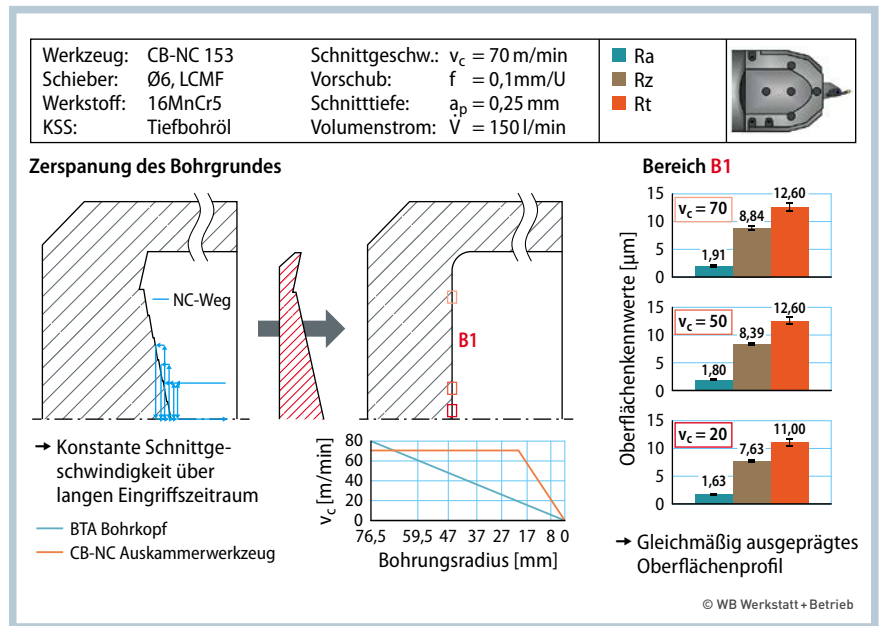


3 Tiefbohrmaschine Giana GGB 560, auf der die Versuche stattfanden. Getestet wurde mit einem in puncto Schneidenschieber modifizierten Auskammerwerkzeug CB-NC 153, angesteuert von einer zusätzlichen NC-Achse der Tiefbohrmaschine [© ISF]

Schnittgeschwindigkeit die Rauheitswerte zur Bohrungsmitte hin ansteigen.

Neuartiges Auskammerwerkzeug ermöglicht fast beliebige Bohrungen

Mit dem neu entwickelten Auskammerwerkzeug kann wie erwähnt der Bohrungsgrund nachbearbeitet werden. Die am Institut für Spanende Fertigung durchgeführten experimentellen Untersuchungen erfolgten auf einer Tiefbohrmaschine GGB 560 des Herstellers Gianna, die Tiefbohrungen bis zu einer Bohrtiefe 1 von 3000 mm und mit einem maximalen Vollbohrdurchmesser d_{\max} von 180 mm ermöglicht (Bild 3). Zum Erzeugen konturierter Bohrungsgründe verwendete man ein Auskammer-Werkzeugsystem CB-NC 153 von BGTB. Dieses Werkzeugsystem mit seinem Durchmes-



4 Merkmale der Bohrungsbearbeitung mit dem neuen Auskammerwerkzeug und mit ihm erzielbare Oberflächengüten (© ISF)

ser von 153 mm hat einen drehbar gelagerten Schneidschieber, der von einer erweiterten NC-Achse angesteuert wird. Mithilfe einer Drehbewegung des Wendeschneidplattenhalters und einer rotatorischen und translatorischen Verfahrensbewegung des Werkzeugs lassen sich sowohl der Bohrungsgrund als auch die Bohrungswand nahezu beliebig in einer Aufspannung bearbeiten. Mithilfe einer geeigneten NC-Programmierung ist es so möglich, plane Bohrungsgründe mit definierten Übergängen von der Bohrungswand zum Bohrungsgrund zu erzeugen (Bild 4).

Weil es sich hierbei um ein dem Plandrehen vergleichbares Verfahren han-

delt, lassen sich über die bekannten Parameter Vorschub und Schnittgeschwindigkeit gezielt konstant hohe Oberflächengüten erzeugen. Speziell die zur Bohrungsmitte hin bis zu einer bestimmten Grenzdrehzahl stetig ansteigende Drehzahl ermöglicht ein über einen weiten Bereich konstantes Schnittgeschwindigkeitsniveau, das schwankende Oberflächenqualitäten vermeidet. Erst beim Erreichen der Maximaldrehzahl fällt die Schnittgeschwindigkeit ab – vergleichbar zum Plandrehen.

Eine mittels konfokaler Weißlichtmikroskopie durchgeführte nontaktile Vermessung der Oberfläche bestätigt für

INFORMATION & SERVICE

INSTITUT

ISF – Institut für Spanende Fertigung der TU Dortmund

44227 Dortmund
Tel. +49 231 755-2784
www.isf.de

LITERATUR

- [1] H. Fuß, Th. Bruchhaus und W. G. Psiuk: Herstellung nichtzylindrischer Bohrungen auf Tiefbohrmaschinen. In: Spanende Fertigung, 2. Ausgabe, Weinert, K. (Hrsg.), Vulkan-Verlag, Essen, 1997, ISBN 3-8027-2916-1, S. 180-198
- [2] VDI-Richtlinie 3210, Blatt 1: Tiefbohrverfahren. Beuth Verlag, Berlin, 2006
- [3] H. Fuß, A. Schween und B. Buse: Außen- und Innendrehbearbeitung von Achsträgern für Flugzeuglandebeine. In: Spanende Fertigung, 3. Ausgabe, Weinert, K. (Hrsg.), Vulkan-Verlag, Essen, 2001, ISBN 3-8027-2925-0, S. 151-161

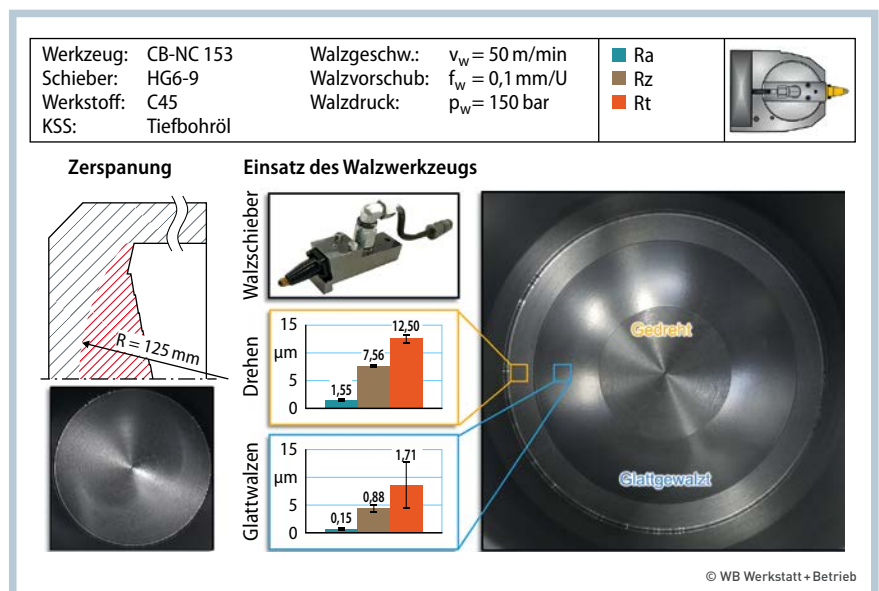
DIE AUTOREN

Maximilian Metzger, M.Sc., Dipl.-Ing. Moritz Fuß und Sebastian Berger, M.Sc., sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Spanende Fertigung der Technischen Universität Dortmund
metzger@isf.de, fuss@isf.de
berger@isf.de

Prof. Dr.-Ing. Dirk Biermann ist Leiter des ISF
biermann@isf.de

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/6613658



5 Effekte der gezielten Oberflächennachbearbeitung mittels Glattwalzen (© ISF)

drei unterschiedliche Schnittgeschwindigkeiten eine konstant hohe Oberflächengüte (Bild 4).

Durch eine entsprechende NC-Programmierung in Verbindung mit einer gezielten Schneidenschieberauslegung ist die Fertigung nahezu beliebiger Bohrungskonturen möglich. Der bereits eingesetzte Schneidenschieber realisiert neben einem gezielten Übergang von der Bohrungswand zum Bohrungsgrund darüber hinaus das Auskammern dieses Bereiches. Erstmals bietet somit ein Auskammerwerkzeugsystem die Möglichkeit, im Bereich des Bohrungsgrundes Auskammerungen zu erzeugen. In dieser Konturausprägung liegen die gemessenen Oberflächengüten in einem zufriedenstellenden Bereich.

Deutlich bessere Oberflächengüte als nach dem Vollbohrprozess

Zudem ermöglicht das Auskammerwerkzeugsystem die herkömmliche Auskammerung an der Bohrungswand. Sie ist allerdings aufgrund der vorliegenden Werkzeugkinematik in ihrer erzielbaren Tiefenzustellung nicht mit der Auskammerung mit herkömmlichen Werkzeugen vergleichbar. Dennoch wird auf diese Weise die ganzheitliche Bohrungsbearbeitung mit einem Werkzeugsystem umgesetzt.

Die gemessenen Oberflächengüten liegen erneut in dem Bereich der Bohrungsgrundbearbeitung und ermöglichen somit im Vergleich zur Vollbohrerbohrfläche eine deutliche Qualitätssteigerung. Die fotografische Darstellung einer aus C45 gefertigten Werkstückprobe zeigt eindrucksvoll die neuartige Möglichkeit der Bohrungsgestaltung auf Tiefbohrmaschinen.

Zusätzlich zur ganzheitlichen Bohrungsinnenbearbeitung bietet das Auskammerwerkzeugsystem eine Option zur Oberflächen-Nachbearbeitung. So lässt sich der Schneidenschieber nach dem Freifahren der bearbeiteten Bohrung gegen einen Walzschieber tauschen, der eine Festwalzkugel des Herstellers Ecoroll AG Werkzeugtechnik trägt (Bild 5).

Verbesserung der Oberfläche mittels Glattwalzen ist möglich

Der gefertigte Bohrungsgrund mit einem Bohrungsgrundradius r von

125 mm ist somit durch einen Glattwalzprozess final bearbeitbar. Die aus Grundlagenuntersuchungen ermittelten Parameter Walzgeschwindigkeit $v_w = 50$ m/min und Walzvorschub $f_w = 0,1$ mm bei einem Walzdruck p von 150 bar und einem Walzkugeldurchmesser von 6 mm führen somit zu einer deutlichen Oberflächensteigerung. Das modular aufgebaute Werkzeugsystem ermöglicht also in einer Bauteil- und Werkzeugaufspannung die spanende und die walzende Bohrungsgrundbearbeitung. Vor allem solche Bauteile, die später einem hohen Betriebsdruck unterliegen, können da-

durch lebenszeitverlängernd bearbeitet werden.

In weiteren Untersuchungen mit Walzdrücken bis 600 bar sollen Erkenntnisse über diese festigkeitssteigernde Nachbearbeitung von innenkonturierten Tiefbohrungen auf Tiefbohrmaschinen gewonnen werden.

Die Autoren bedanken sich beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die Förderung des Forschungsvorhabens. Ein großer Dank gilt der BGTB GmbH aus Dortmund für ihren Beitrag zur erfolgreichen Zusammenarbeit im Forschungsprojekt. ■