

Problemlos und schnell große Tiefen meistern!

Deutlich höhere Standzeiten und bessere Prozesssicherheit? Ganz einfach mit höherer Werkzeugstabilität und niedrigerem Verschleiß.



Einleitung

Immer kürzere Produktlebenszyklen und der zunehmende Variantenreichtum im Formenbau bedingt, dass sich auch der Werkzeugbau der Gegenwart mit den Strömungen von Industrie 4.0 auseinandersetzen muss. Auch bei den zerspanenden Verfahren drängen innovative Technologien auf den Markt, mit denen man den komplexeren Herausforderungen der industriellen Fertigung zu begegnen versucht. Neben den Innovationen in einer Fertigung 4.0, die u. a. auf sensorgestützte Werkzeugmaschinen, schnelle und intelligente Datenverarbeitung und digitale Zwillinge setzt, stellt die Weiterentwicklung hochwertiger Werkzeuge oder Kühlschmiermittel ein absolutes Muss in der Zerspanungstechnik dar. Denn gerade in der Zerspanung von kostenintensiven Spezialteilen, etwa aus dem Bereich der Luft- und Raumfahrttechnik, sind die Ausfallsicherheit der

Maschine, enorm lange Standzeiten für Werkzeuge und vor allem reproduzierbare Qualität unabdingbar. Ähnlich im Fahrzeugbau, dem Maschinenbau, der Medizintechnik oder dem Formenbau, um nur einige weitere Anwendungsfelder für das Tieflochbohren zu nennen.

Dieses Whitepaper befasst sich mit neuen Entwicklungen im Bereich der Tieflochbohrung. Es zeigt Entwicklungen bei unterschiedlichen Spanwerkzeugen auf und erläutert, basierend auf Ergebnissen aus Forschung und Entwicklung, welchen Einfluss technische Verbesserungen im Tieflochbohren auf den Gesamtfertigungsprozess der verschiedensten Unternehmen in der industriellen Fertigung haben.

Tieflochbohrverfahren im Überblick

In der Lehre wird Tieflochbohren auch als spanabhebendes Fertigungsverfahren vermittelt, mit dem sich Bohrungen mit einem Durchmesser zwischen ca. 1 mm bis 1.500 mm und einer Bohrtiefe ab ca. 5 x Durchmesser realisieren lassen. Tieflochbohren ist ein branchenübergreifend genutztes wirtschaftliches Verfahren, bei dem Unternehmen u. a. von folgenden Vorteilen profitieren, wenn es darum geht, Bohrungen mit hoher Qualität und Produktivität zu fertigen und große Bohrtiefen zu realisieren.

Das Tieflochbohren beginnt bei einer Bearbeitungstiefe, die das 16-fache des Bohrlochdurchmessers beträgt (16xD). Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Tieflochbohrverfahren in Abhängigkeit vom Bohrdurchmesser.

Je nach Bearbeitungsaufgabe kann durch unterschiedlich erzielbare Nenndurchmesser, Längen- und Durchmesser-Verhältnisse, Toleranzen, Oberflächengüten sowie die geforderte Produktivität eine Auswahl getroffen werden.

Ist z. B. im Formenbau das Zeitspanvolumen sekundär, und müssen sehr tiefe Bohrungen an langspanenden Werkstoffen realisiert werden, die zudem z. B. über Bohrungstoleranzen zwischen IT10 und IT7 verfügen, ist der Einsatz von Einlippenbohrern eine Option.

Systempartner für Qualitätswerkzeuge wie z. B. Hoffmann können Werkzeuge für Bohrungen bis 3 m Länge / Tiefe realisieren. Zwar sind durch die einzelne Schneide nur geringe Vorschübe möglich, und aufgrund der Länge ggf. Stütz- und Führungshilfen nötig, die Oberflächen erreichen allerdings Mittenrauwerte zwischen Ra 6,3 und Ra 0,4. In punkto Form und Lage der Toleranzen sind Werte mit Bohrungsgeradheit von ca. 5 µm/100 mm und Bohrungsmittenverlauf ca. zwischen 2-8 µm / 100 mm erreichbar.

Steht Wirtschaftlichkeit im Fokus der Anwendung, und sollen Bohrungen tiefer als 50 x D in kurzspanenden Materialien (Guss, Aluminium) extrem präzise umgesetzt werden, kommen bei den industriellen Fertignern Zweilippenbohrer zur Anwendung. Gefertigt aus einem HSS Grundkörper mit aufgelöteter Schneide

- Kontinuierlicher Schnitt
- Das Entspänen entfällt
- Ein Zentrieren ist nicht nötig
- Gute Oberflächengüte
- Enge Toleranzen
- Noch exaktere Zylindrizität

werden sie bei kurzspanenden Werkstoffen eingesetzt. Zweilippenbohrer eignen sich als Stufenwerkzeug, können aber durchaus an Grenzen stoßen, da Evakuierungsprobleme bei der Spanabfuhr nahezu vorhersehbar sind.

Hinsichtlich der Schneide lässt sich generell für alle Bohrer sagen, dass sie große Härte und Druckfestigkeit aufweisen müssen, ebenso wie, große Biegefestigkeit und hohe Temperaturbeständigkeit. Grundsätzlich müssen sie verschleißarm sein, um unter qualitativen und quantitativen Gesichtspunkten wirtschaftliches Arbeiten zu garantieren. Bei Zweilippenbohrern erfordert die Werkzeuglänge zudem gesonderte Stütz- und Führungsmechanismen. Auch hier geben unterschiedliche Hersteller realistische Oberflächengüten zwischen Ra 6,3 und Ra 0,4 an. Und auch hier darf mit einer Bohrungsgeradheit von ca. 5µm/100mm, einem Bohrungsmittenverlauf von ca. zwischen 2-8 µm/100 mm und Bohrungstoleranzen zwischen IT10 und IT7 gerechnet werden. Die Bohrlochtiefe ist allerdings auf max. 1,2 m limitiert.

Wo Wirtschaftlichkeit im Fokus steht, und Parameter wie Oberflächengüte und Toleranzen eine untergeordnete Rolle spielen, setzt die industrielle Fertigung auf HSS-Bohrer. Diese Bohrer sind unter budgetären Gesichtspunkten eine Alternative, wenn gute Ergebnisse ausreichen, eventueller Mittenversatz keine Rolle spielt und im Bedarfsfall der Einsatz einer Bohrbuchse realisierbar ist.

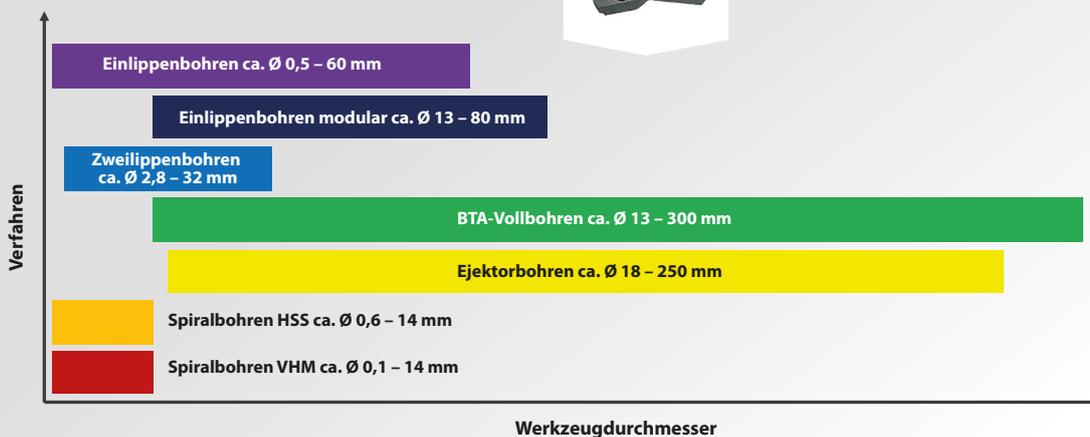


Abbildung 1: Werkzeugdurchmesser und realisierbare Tieflochbohrverfahren (Quelle: Hoffmann in Anlehnung an Wikipedia und Von ISF Dortmund - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32338772>)

Hohe Zerspanungsvolumen vs. hohe Anschaffungskosten

Müssen Bohrungen mit Tiefen von bis zu 50xD enorm wirtschaftlich realisiert werden, kommen VHM-Tieflochbohrer zum Einsatz. In der industriellen Fertigung ist das Hauptargument für den Einsatz dieser flexiblen aber in der Anschaffung sehr kostenintensiven Vollhartmetall-Bohrer, das hohe Zeitspanvolumen. Diese Größe nimmt direkten Einfluss auf die Produktionskosten jeder Branche. Bei einer größeren Anzahl von Bohrungen spricht aufgrund der verkürzten Produktionszeit und der daraus resultierenden geringeren Maschinenkosten, die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung meistens für VHM-Tieflochbohrer und eröffnet Einsparmöglichkeiten gegenüber den anderen Verfahren.

VHM-Bohrer erfordern den Einsatz von Minimalmengenschmierung oder Emulsion, können aber sonst überwiegend ohne zusätzliche Führungs- und Abstützungsmechanismen arbeiten. Die Oberflächengüte liegt zwischen 6,3 und Ra 1,6, wobei einige Hersteller angeben, dass sich die Variation der Schnittwerte durchaus positiv auf Mittenrauwerte auswirken kann. In Abhängigkeit von Materialhomogenität und Festigkeit lassen sich Werte bei Bohrungsgeradheit zwischen ca. 8µm/100mm und ein Bohrungsmittenverlauf von ca. zwischen 8 µm/100 mm umsetzen. Bei den Bohrungstoleranzen liegen VHM-Tiefbohrer zwischen IT11 und IT9, in optimalen Fällen auch IT8.

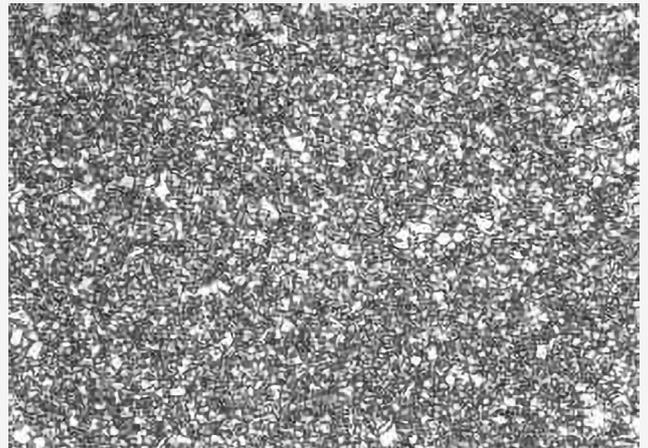


Abbildung 2: Feinkornhartmetall (Quelle: Hoffmann SE)

Forschung und Entwicklung zur Maximierung von Standzeiten

Zwar haben VHM-Bohrer enorm hohe Zeitspanvolumina, die für die industrielle Fertigung einer der wichtigsten Faktoren ist. Aber die doch deutlich höheren Kosten eines solchen Werkzeuges müssen sich zwingend in einer reduzierten Maschinenzeit zeigen. Will sich ein Hersteller von VHM-Tiefbohrern am Markt behaupten, sollte er in Material- und Oberflächenforschung von Hartmetall und Beschichtung investieren. So wurden jüngst z. B.

Tieflochbohrer entwickelt und patentiert, deren Spezialrohlinge aus zwei Teilen zusammengesintert sind. Der hintere Teil eines solchen Rohlings – der so genannte Versorgungsabschnitt – besitzt eine zentrale Innenkühlung, im vorderen Teil des Rohlings – dem Austrittsabschnitt – erfolgt eine spiralisierte Innenkühlung. Zwischen beiden befindet sich eine Übergabekammer (Abbildung 3).

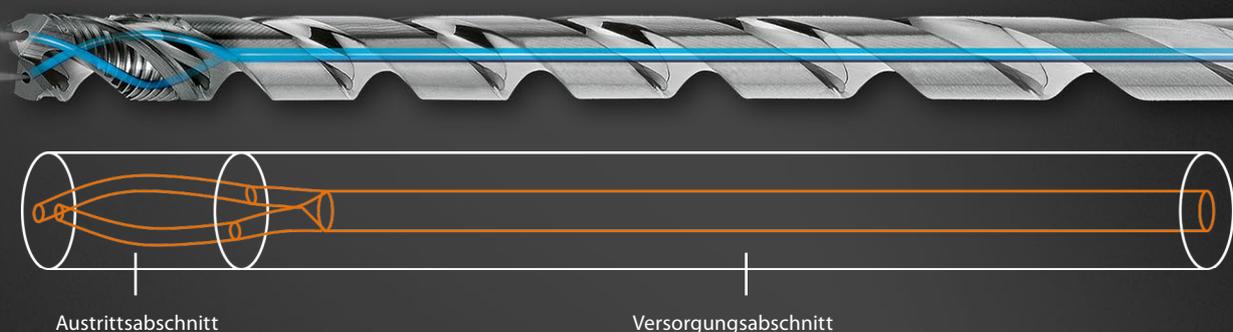
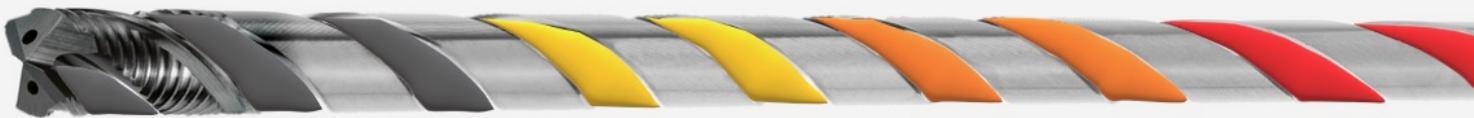


Abbildung 3: Aufbau der Kühlkanäle in einem zweiteiligen Tieflochbohrer. (Quelle: Hoffmann SE)

Schnellere Späneevakuierung über individuelle Spiralwinkel

Die in Abbildung 4 dargestellte adaptive Spiralisierung, bei der sich der Spiralwinkel über die Bohrlänge von 30° zu 15° verringert, führt zu einem erhöhten Späneauswurf und daraus resultierend zu einer schnelleren Späneevakuierung, was höhere Schnittdaten ermöglicht. Weg und Widerstand nehmen nach hinten für die Späne ab; die polierten Spannuten reduzieren die Reibung und beschleunigen die Evakuierung ebenfalls. Der Temperaturentwicklung setzt man Kühlschmiermittel entgegen. Verglichen mit klassischen Bohrern, die diesen Kühleffekt nur in der

Fläche der Spiralnut nutzen, wird bei der VHM-Technologie eine Umspülung des Kopfes mit Kühlmittel über die Führungsringe bewirkt. Das Zusetzen der Führungsringe mit Spänen verhindert die Führungsfase (Abb. 5). Die Führungsringe sorgen zudem für eine kontinuierliche Führung in der Bohrung – bei den Führungsfasen liegen ca. 30 % der Mantelfläche an der Bohrungswandung an. Dieser Aufbau reduziert zudem Schwingungen und verbessert die Führung bei Querbohrungen.



Der Spiralwinkel ändert sich über die Bohrerlänge von 30° zu 15°



Abbildung 4 (oben): Veränderung des Spiralwinkels am Werkzeug (Quelle: Hoffmann SE)

Abbildung 5 (links): Bohrkopf mit Kombination aus Führungsfase und Führungsringen, Nut hinter der Führungsfase und gerade Ringe (Quelle: Hoffmann SE)

Wichtigste Stellschrauben: Festigkeit und Steifigkeit

Tests ergaben, dass der spezifische Aufbau dieses VHM-Tieflochbohrers die Werkzeugstabilität erhöht und das Werkzeug über eine 70 % größere Steifigkeit verfügt, verglichen mit einem Werkzeug mit durchgehend spiralisierten Kühlkanälen. Die Industrie erwartet für den sehr hohen Preis eine nahezu gesicherte Machbarkeit von Quer- und Paketbohrungen und sehr gute Werte für Bohrloch-, Form- und Lagetoleranzen sowie für die Oberflächengüte, die auch bei hohen Stückzahlen sicher reproduzierbar sind. Gerade beim Materialdurchbruch bzw. am Ein- und Austritt von Querbohrungen treten enorme Kräfte auf, die sich wahlweise durch den Einsatz von Führungshilfen kompensieren lassen.

Querbohrungen sind aber auch immer problematisch, da Späne in der Bohrung zu einem verklemmen des Bohrers führen können. Systempartner für Qualitätswerkzeuge haben deshalb Produkte im Portfolio, die dieses Risiko enorm verringern. So führt etwa die höhere Steifigkeit eines am Markt erhältlichen Modells namens Garant Master Steel DEEP zu höherer Werkzeugstabilität, höherer Standzeit, höherer Prozesssicherheit und weniger Werkzeugbrüchen.

Fazit

In Summe ergibt sich, dass nur Hersteller mit nachweisbar höherer Werkzeugstabilität und niedrigem Verschleiß die Standzeiten deutlich verlängern und damit die hohen Anschaffungskosten verargumentieren können, die ihrerseits aber die Prozesssicherheit deutlich verbessern. Unterstrichen werden diese Argumente durch die Möglichkeit, einen Tieflochbohrer individuell für seine Fertigungszwecke herstellen zu lassen, die Tatsache, dass der Co-Pilot entfallen kann und dass aufgrund einer Kopfbe-

schichtung ein effizienter Nachschliff möglich ist, der auch nach mehrmaliger Anwendung noch der Qualität des Originalschliffs eines Neuwerkzeuges entspricht.

Diese Parameter stehen beispielhaft für die Entwicklungen von Werkzeugherstellern, mit denen sich die Qualität der Endprodukte weiter verbessern lässt, bei gleichzeitiger Optimierung von Prozessen und einer Senkung der Kosten.