



CAD-Modell des Einlippen-Tieflochbohrwerkzeugs.

Gesteuertes Einlippen-Tieflochbohren

Funktionsbohrungen von über $400 \times D$ in schwer zerspanbaren Werkstoffen bei reduzierten Abweichungen des Bohrungsmittenverlaufs stellen Aufgaben dar, die durch die konventionelle Technologie nicht mehr abgedeckt werden können. Das Institut für Fertigungstechnik der TU Wien hat mit Schöller Bleckmann Oilfield Technology dazu ein automatisiertes Einlippen-Tieflochbohrverfahren entwickelt.

Für zahlreiche Anwendungen beim Einlippen-Tieflochbohrverfahren werden heute Loch-Durchmesser von 3 mm bis 10 mm bei Bohrtiefen von 1200 mm bis 4000 mm gefordert. In der mechanischen Bearbeitung zeigen Werkstückgeometrien oder inhomogene Materialeigenschaften einen zusätzlichen Einfluss auf das Genauigkeitsverhalten des Prozesses.

Wenn in Randbereichen von Werkstücken Bohrungen vorliegen, im Bohrungsverlauf veränderliche Wandstärken auftreten, oder der Werkstoff oberflächennah von Härte- oder Umformverfahren beeinflusst ist, treten umfangreiche Schwierigkeiten auf. So führen erhebliche Abweichungen im Bohrungsmittenverlauf oder veränderlicher Schneidenschleiß rasch zu unerwarteten Bohrerbrüchen. Bei Walzen für die Papierindustrie werden zur Temperierung der Walzenoberfläche Kühlbohrungen nahe der Mantelfläche

in Richtung der Längsachse gebohrt. Dazu müssen möglichst viele Bohrungen mit kleinen Durchmessern präzise am Umfang platziert werden, um eine Wirkungsgradsteigerung durch ein homogenes Temperaturfeld zu gewährleisten. Bohrungsmittenabweichungen bewirken unterschiedliche Oberflächenabstände und damit lokal variierende Wärmeübertragungseigenschaften, die sich auf die Produktqualität des Walzguts auswirken. Ähnliches gilt für Werkstücke im Reaktorbau oder der Ölfeldindustrie.

Die Herausforderung für die Bearbeitungstechnologie liegt in den gegenläufigen Charakteristika der Verfahrenserweiterungen. Kleinere Bohrungsdurchmesser bewirken labilere Bohrer und verstärken die Bohrungsmittenabweichungen, wobei für größere Bohrungstiefen zusehends höhere Genauigkeiten gefordert werden. Hier eröffnet die vollautomatisierte Tieflochbohrtechnologie nun



ixion-Maschine.

neue Dimensionen in der Anwendung der Einlippen-Tieflochbohrtechnik.

Vollautomatisches Tieflochbohren

Das Einlippen-Tieflochbohren gilt als das Standard-Fertigungsverfahren zur Herstellung von kleinen Bohrungsdurchmessern bei großen Bohrtiefen ab 10-D. Primär kommen dabei gerade genutete Bohrerwerkzeuge zum Einsatz, bei denen ein rohrförmiger Schaft eine Bohrspitze aus Hartmetall trägt. Durch den Schaft wird Kühlschmierstoff an die Spitze transportiert und tritt über axiale Bohrungen am Bohrkopf aus.

Der Bohrkopf besteht aus einer Schneide, die sich durch die Spitzung des Bohrkopfes in eine innere und äußere Hauptschneide aufteilt. Die Geometrie des Bohrkopfes wird neben dem Spitzenwinkel wesentlich von der Lage der Bohrerspitze geprägt (D/4- bis D/2-Abstand von der Schneidenecke). Um Reaktionskräfte aus dem Zerspanungsprozess aufnehmen zu können, stützt sich der Bohrkopf über Gleitleisten an der Bohrungswand ab, die am Umfang des Bohrers versetzt angeordnet sind. Neben der Schneidengeometrie zählt die Ausführung und Anordnung der Gleitleisten zu den bestimmenden Geometriemerkmale für ein ELB-Werkzeug.

Bei Bohrtiefen ab 100 x D verliert der Bohrerschaft seine Steifigkeitscharakteristik. Die Folge ist, dass eine Beeinflussung des Bohrverlaufs durch die Ausrichtung der Spindeleinheit relativ zur Bohrungsrichtung unmöglich wird. Für eine gezielte Richtungsgebung sind daher neue Techniken erforderlich.

Voraussetzung für einen gezielten Eingriff in den Bohrprozess ist die Kenntnis des Bohrmittenverlaufs, weshalb neben einer Bohrerablenkeinrichtung auch eine spezielle Messeinrichtung eingesetzt wird.

Begleitende Messtechnik

Hier entscheidet eine zerstörungsfreie Messung durch den Werkstoff bei entsprechend hoher Auflösung über Erfolg oder Misserfolg der Bohrung. Mit Ultraschall ist die Lagebestimmung einer Bohrung im Tiefenmaß zwar möglich, um den Bohrmittenverlauf zu bestimmen, muss jedoch ein zweiter Positionswert zur seitlichen Lage der Bohrung durch Scannen erfasst werden. Dazu wurde eine auf Ultraschall basierende Messtechnik entwickelt, die auf einer mechanisierten Messeinrichtung appliziert ist.

Der Messkopf ist auf einer Schlitteneinheit aufgebaut und kann



Die Positionsmesseinrichtung.

NC-technisch in der Längsachse des Werkstückes positioniert werden. Auf dem Längsschlitten ist der Messschlitten mit dem Ultraschallmesskopf und der Scanneinrichtung für die Zustellbewegung aufgebaut, womit auch eine dynamische Messung bei rotierendem Werkstück möglich ist. Die Bestimmung der Bohrungsposition wird von der NC-Steuerung gestartet, die positionsspezifischen Messsignale werden in der PC-basierenden Messsteuerung gesammelt und gespeichert. Aus den einzelnen Messwerten wird auf die Bohrungslage geschlossen, wobei der Messvorgang bei stehendem oder laufendem Bohrprozess durchgeführt werden kann. Die Relativabweichung der Bohrungsmitte zur Startposition wird dann aus der Winkellage und dem Betrag der radialen Abweichung bestimmt.

Kontinuierliche Bohrerablenkeinrichtung

Bei den kontinuierlich arbeitenden Verfahren zur Beeinflussung des Bohrmittenverlaufs soll bei laufendem Bohrprozess Einfluss genommen werden. Hierzu sind physikalische Effekte zur Beeinflussung des Bohrungsverlaufs aus einer lokalen Wärmeeinbringung am Werkstück, durch ein Pulsieren des Vorschubs oder durch Pulsieren des Kühlschmierstoffstromes denkbar. Bei größeren Bohrerdurchmessern wären auch aktive Steuerelemente einsetzbar, die durch mechanische Stellglieder Ablenkungen erreichen.

Für das automatisierte ELB-Verfahren kommen sowohl intermittierend als auch kontinuierlich arbeitende Ablenktechniken zum Einsatz. Als kontinuierliche Ablenktechnik wurde eine Kühlschmierstoff-Pulsationsanlage entwickelt.

Durch zeitlich auf die Bohrerzahl synchronisierte und auf den Kühlschmierstoff aufmodulierte Druckimpulse werden an der Werkzeugspitze veränderliche Kraftvektoren erzeugt, die den Bohrungsverlauf beeinflussen. Dieser Effekt wird durch spezifisch angepasste Bohrergeometrien unterstützt. Dadurch können Toleranzen des Bohrmittenverlaufes von nur $\pm 0,5\text{mm}/1000\text{mm}$ zuverlässig gefertigt werden. Damit ist ein Eingriff des Maschinenbedieners nur mehr bei einem verschleißbedingten Bohrerwechsel erforderlich. Das automatisierte ELB-Verfahren steht bei der Bearbeitung von schwer zerspanbaren Werkstückwerkstoffen bereits erfolgreich im Einsatz.

Institut für Fertigungstechnik der TU Wien, 1030 Wien,
Tel. (+43 1) 588 01-311 06, office@ift.at, www.ift.at