

Fräsen statt Bohren

Kombinationswerkzeuge machen Produktion leistungsfähig und verkürzen Nebenzeiten

Zunehmende Variantenvielfalt und Produktkomplexität sowie kürzere Erneuerungszyklen bei den Erzeugnissen führen zu immer kleineren Losen in der Fertigung. Kombinationswerkzeuge werden diesem Umstand gerecht. Mit ihnen lassen sich verschiedene Flächen und Funktionselemente mit ein und demselben Werkzeug rationell herstellen. Das macht die Produktion leistungsfähiger, weil Nebenzeiten entsprechend verkürzt werden.

Uwe Heisel, Thomas Utz
Gunter Ruziczka

MM Eine kostengünstige Produktion erfordert die flexible, automatisierbare und sichere Bearbeitung der verschiedenen Werkstücke in immer kürzerer Zeit und möglichst wahlloser Reihenfolge. Damit erhöhen sich die Zahl der an den Maschinen bereitgestellten Werkzeuge sowie der Aufwand für die Werkzeugverwaltung. Kombinationswerkzeuge zum Bohren durch Fräsen, wie Bohrzirkularfräser, sowie Kombinationswerkzeuge zum Bohren und Fräsen, wie Bohrnutenfräser und Bohrgewindfräser, können an unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben angepaßt werden. Die Anzahl der Werkzeuge läßt sich so reduzieren.

Ein für den automatischen Betrieb einer Fertigungseinrichtung weiteres wichtiges Kriterium ist die sichere Beherrschbarkeit des Zerspanprozesses. Beim Herstellen von Bohrungen mittels Fräsen wird diesbezüglich aufgrund des unterbrochenen Schnittes immer Kurzspanbildung erzeugt und somit eine einfache Späneentsorgung ermöglicht.

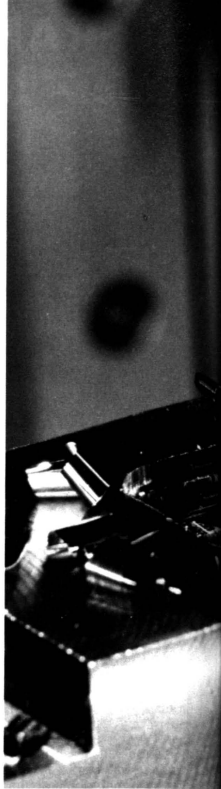
Nuten ohne Vorbohrung

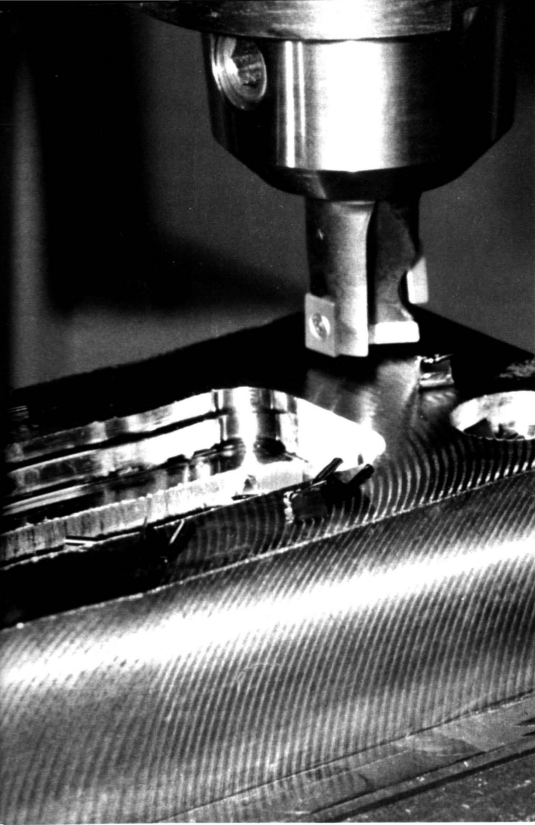
Bohrnutenfräser sind zum Bohren und Fräsen ebener Flächen und Kopierfräsen auf NC-Bearbeitungszentren sowie herkömmlichen Fräsmaschinen geeignet. Bild 1 zeigt einen Bohrnutenfräser, der mit Wendeschneidplatten bestückt ist.

Ein Beispiel zur Produktivitätssteigerung mittels Bohrnutenfräser

Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen (IWM) der Universität Stuttgart. Dipl.-Ing. Thomas Utz ist wissenschaftlicher Assistent und Leiter der Abteilung „Verfahrensentwicklung“. Dipl.-Ing. Gunter Ruziczka ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am selben Institut.

ist das Herstellen einer in sich geschlossenen Nut [1]. Bei der Bearbeitung mit einem konventionellen Schaftfräser ist eine Vorbohrung erforderlich, die mit einem zusätzlichen Bohrwerkzeug hergestellt werden muß. Obwohl beim Bohrnutenfräsen wegen einer geringeren Anzahl im Eingriff befindlicher Schneiden und niedrigerer Steifigkeit gegenüber Schaftfräsern die reine Fräsbearbeitung etwas länger dauert, können Nuten mit einer Länge bis etwa dem fünffachen Werkzeugdurchmesser wirtschaftlich gefertigt werden. Charakteristische Bearbeitungsbeispiele





Werkbild: Ingersoll

Bohrnutenfräser mit Wendeschneidplatten sind wegen der Toleranzen von Schneidplatte und Plattensitz nur für Schrupp- und Vorschlichtoperationen geeignet. Geschliffene Bohrnutenfräser aus HSS oder Vollhartmetall können dagegen für Schlichtoperationen verwendet werden. Neue Entwicklungen sind mehrfach nachschleifbare Werkzeuge mit Stahlkern und Hartmetallummantelung, die die günstige Verschleißfestigkeit von Hartmetall und die Zähigkeit von HSS teilweise vereinen. Im Vergleich zu Vollhartmetallwerkzeugen lassen sich damit höhere Zeitspannvolumina erreichen, ohne daß die Bearbeitungssicherheit beeinträchtigt wird.

Bohrzirkularfräser

In der Kleinserienfertigung von Bohrungen wird insbesondere bei größeren Bohrungsdurchmessern mit dem Bereitstellen der dafür erforderlichen konventionellen Bohrwerkzeuge zum stufenweisen Aufbau ein Großteil der Fertigungskosten verursacht. Verstellbare Bohrstäbe können zwar einen bestimmten Durchmesserbereich bearbeiten, je nach Bohrungsdurchmesser sind diese Werkzeuge aber sehr groß und machen oft das Freilassen benachbarter Werkzeugmagazinplätze erforderlich. Eine Möglichkeit, dies zu vermeiden, sind Bohrzirkularfräser, mit denen vorbereitete Bohrungen mit einem einzigen Werkzeug vergrößert werden können. Bild 3 zeigt einen Bohrzirkularfräser, der mit Durchmessern zwischen 85 und 500 mm hauptsächlich für die Fertigung von mittleren bis großen Bohrungsdurchmessern geeignet ist.

Beim Bohrzirkularfräsen werden die Fertigungsverfahren Fräsen und Bohren derart kombiniert, daß eine wendelförmige Vorschubbewegung entsteht. Hohe Bohrungsaufmaße können dabei in einem Schnitt bearbeitet werden, wobei die maximale radiale Schnitttiefe der Breite der Stirnschneiden entspricht. Der Betrag der maximalen axialen Zustellung je zirkularem Umlauf entspricht der Länge der Umfangsschneiden, die die Haupterspannungsleistung erbringen. Die aufgrund des unterbrochenen Schnittes entstehenden kurzen Späne können problemlos vom Werkstück entfernt werden. Bild 4 zeigt einen Bohrzirkularfräser bei der Schruppbearbeitung.

für das Bohrnutenfräsen sind in Bild 2 dargestellt.

Mit ein und demselben Bohrnutenfräser kann man außerdem verschiedene Durchmesser bohren und anschließend mittels Innenrundfräsen bis auf das Sollmaß erweitern. Zur Vermeidung von Eingriffsmarken an der Bohrungswand, die bei plötzlichen Richtungsänderungen des Fräservorschubs entstehen können, geschieht das radiale Einfahren des Werkzeugs nach dem Bohren auf die Kreisbahn entweder über das Reduzieren der Vorschubgeschwindigkeit oder mittels tangentialem Eintau-

chen des Bohrnutenfräasers bis zur vollen Schnitttiefe. Auf dieselbe Weise tritt das Werkzeug nach Beendigung der Zirkularbewegung wieder aus dem Werkstoff aus.

Mit Hilfe unterschiedlicher Schneidengeometrien lassen sich verschiedene Konturelemente am Werkstück auch direkt erzeugen. So eignen sich beispielsweise runde Wendeschneidplatten vorteilhaft zum Herstellen von Radien und zum Kopierfräsen oder gerade Stirnschneiden an den Wendeplatten zum Plansenken; das heißt: Fertigen kurzer Bohrungen mit ebenem Boden.

Wird eine hohe Fluchtungsgenauigkeit hintereinanderliegender Bohrungen gefordert, ist die Bearbeitung in einer Aufspannung mit Werkzeugen großer Auskraglänge erforderlich. Aufgrund der elastischen Verformung des Werkzeugs und den dabei hervorgerufenen Schwingungen kann es zu Maß- und Formabweichungen sowie schlechten Bohrschulden kommen. Mit schwingungsdämpfenden Werkstoffen für den Werkzeughalter sowie mit Schwingungsdämpfern, die im Werkzeughalter eingebaut sind, können Vibrationen bei großen Auskraglängen jedoch vermindert werden.

Die Maßgenauigkeit und Oberflächengüte der herzustellenden Bohrung muß auch mit Hilfe der Steifigkeit der Maschine, der Genauigkeit der Führungen und schnellen NC-Steuerungen erreicht werden. Moderne NC-Bohr- und Fräsmaschinen sowie Bearbeitungszentren werden diesen maschinenseitigen Anforderungen gerecht.

Bohrgewindefräser aus Hartmetall

Das Herstellen von Gewinden mit Gewindebohrern kann aufgrund störungsbedingter Stillstandszeiten zu hohen Fertigungskosten führen. Werkzeugbruch, der wegen des Verklemmens von Spänen entstanden ist, stellt eine Ursache dar. Mit einem Gewindefräser ist ein Gewindebohrerbruch vermeidbar. Über die Kontrolle der Gewindelänge während der Bearbeitung wird bei vorzeitigem Überschreiten des zulässigen Drehmoments mittels Nachschneiden die endgültige Länge erzeugt. Lange Gewinde in Sackbohrungen können aufgrund einer mangelhaften Spanabfuhr beschädigt werden [2]. Bei zusätzlich ungenügender Anfänger der Bohrung führt das Ausblenden eines Anschnidgrats beim nachfolgenden Zusammenbau der Einzelteile zu weiteren Störungen.

Bohrgewindefräser aus Vollhartmetall, die derzeit für Gewinde von M 4 bis M 16 zur Verfügung stehen, können die beim herkömmlichen Gewindefräser vorhandenen Probleme teils vermindern, teils sogar ganz vermeiden [3], [4]. Mit Bohrwindefräsern werden sowohl Kernbohrung als auch Ansenkung gebohrt und anschließend das Innengewinde bis zu einer Länge von 1,5 bis 2mal Bohrungsdurchmesser gefräst. Für das Fertigen von Stufenbohrungen mit Gewinde werden Stufen-Bohrwindefräser verwendet.



Bild 1: Bohrwindefräser mit Wendeschneidplatten

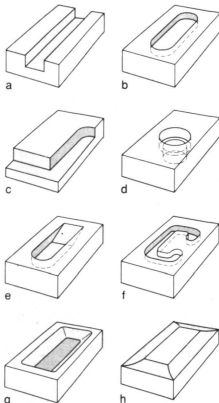


Bild 2: Charakteristische Beispiele für das Arbeiten mit Bohrwindefräsern

a Nutenfräsen, b Auskammern, c Konturfräsen, d Bohren und Zirkularfräsen, e Fräsen schräger Flächen, f bis h Kopierfräsen



Bild 3: Bohrzirkularfräser für mittlere bis große Bohrungsdurchmesser

Bild 5 zeigt einen solchen Bohrwindefräser.

Bisher werden mit Bohrwindefräsern Gewinde in Werkstücken aus Aluminiumlegierungen und Grauguß als wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Bearbeitungsverfahren hergestellt [5]. Ihr Anwendungsbereich reicht von der Einzelzertifertigung bis zur Serienfertigung. Für Sphäroguß, unlegierte und rostfreie Stähle sowie Titanlegierungen sind diese Werkzeuge zur Zeit noch in der Entwicklungs- und Erprobungsphase.

Ein Wechsel entfällt beim Gewindefertigen

Die Bearbeitungsfolge beim Bohrwindefräsen [6] ist in Bild 6 vereinfacht dargestellt: Anfahren (a), Bohren oder Aufbohren der Gewindekernbohrung mit dem zweischneidigen Bohrer bei gleichzeitigem Herstellen der Ansenkung (b), Rückzug des Werkzeugs um den Betrag mindestens einer Gewindesteigung (c), radiales Zustellen des Bohrwindefräasers auf Gewindefräserdurchmesser auf einer tangentialen Einfahrschleife (d), Herstellen der gesamten Gewindelänge mittels drückendem Kurzgewindefräsen (e), radiales Einfahren des Werkzeugs in die Bohrungsmittelpunkt auf einer tangentialen Ausfahrschleife (f) und Rückzug aus der fertigen Gewindebohrung (g). Gegenüber herkömmlicher Gewindefertigung spart man einen Bohrer und damit einen Werkzeugwechsel sowie einen Platz im Werkzeugmagazin.

Bei unterschiedlicher radialer Werkzeugzustellung können mit dem gleichen Werkzeug verschiedene Gewindefräserdurchmesser gleicher Steigung hergestellt werden. So lassen sich beispielsweise mit einem Gewindefräserbohrer M 10 × 1,5 auch Gewinde M 12, M 14 und M 16 mit derselben Steigung erzeugen [7]. Bei Verschleiß vor Standzeitende oder nachgeschliffenen Werkzeugen kann mit einer einfachen Korrekturwertaufschaltung der Steuerung der Gewindefräserdurchmesser korrigiert werden, um eine gleichbleibende Maßhaltigkeit sicherzustellen. Weil beim Gegenlauf das größte Standzeit, beim Gleichlauf dagegen die beste Oberflächengüte erreicht wird, kann man mit Vorfräsen des Gewindes im Gegenlauf und anschließendem Fertigfräsen im Gleichlauf das beste Arbeitsergebnis erzielen.

Innere Kühlschmierstoffzuführung sorgt beim Gewindefräsen für

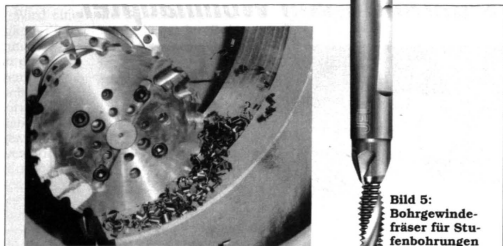


Bild 4: Schruppbearbeitung einer Bohrung mit Bohrzirkularfräser



Bild 5: Bohrgewindefräser für Stufenbohrungen mit Gewinde

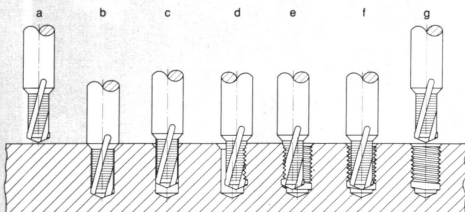


Bild 6: Arbeitsablauf beim Bohrgewindefräsen
a Anfahren, b Bohren, c Rückzug um ein bestimmtes Maß, d Einfahrschleife, e Kurzgewindefräsen, f Ausfahrschleife, g Rückhub aus der Bohrung

zeugvoreinstellung sowie Lagerhaltung.

Der Bohrnutenfräser wird vornehmlich auf Bearbeitungszentren zum Bohren und Fräsen verwendet. Gegenüber konventionellen Fräs Werkzeugen verfügt er über vergleichbare Bohreigenschaften wie ein Kurzbohrer und kann die niedrigere Zerspanungsleistung gegenüber konventionellen Fräs Werkzeugen mit kürzeren Nebenzeiten kompensieren.

Bohrzirkularfräsen ist ein wirtschaftliches Verfahren für die Schruppbearbeitung von Vorbohrungen mittlerer bis großer Bohrungsdurchmesser an NC-gesteuerten Bearbeitungszentren. Aufgrund der Kurzspanbildung beim Fräsen steht hiermit ein sicheres und damit automatisierbares sowie leistungsfähiges Fertigungsverfahren zur Verfügung.

Der Bohrgewindefräser dient zum Herstellen von Gewinden M 4 bis M 16 ins Volle bei Aluminium und Grauguß mit einer Gewindelänge von 1,5- bis 2fachem Bohrungsdurchmesser mit ein und demselben Werkzeug. Die beim Gewindefräsen entstehenden kurzen Späne können leichter und sicherer aus der Bohrung entfernt werden als beim herkömmlichen Gewindeschneiden, was eine wichtige Voraussetzung für die automatisierte Gewindeherstellung ist. Eine hohe Standzeit der Bohrgewindefräswerkzeuge sowie die kurze Fertigungszeit für ein Gewinde ermöglichen bei leicht zerspanbaren Werkstoffen deren wirtschaftliche Anwendung.

verbesserte Späneentsorgung aus der Bohrung. Die Entsorgung kann jedoch behindert werden, wenn das Werkzeug im Hinblick auf möglichst große Steifigkeit sehr kurz eingespannt wird. Die in den Spanntenden des Fräsers oder im Kernloch verbleibenden Späne begünstigen dann einen Werkzeugbruch.

Hohe Geschwindigkeit bewirkt kurze Hauptzeit

Hohe Schnittgeschwindigkeiten und die Aufteilung der Gewindelänge auf mehrere Schnitten haben eine kurze Hauptzeit zur Folge. Sie kann die Zeit zum Herstellen eines Gewindes in Aluminium mittels Bohrgewindefräsen im Vergleich zur herkömmlichen Fertigungsweise mit Standardwerkzeugen um etwa die Hälfte verkürzt werden. Zudem muß die Arbeitsspindel nicht mehr aus hohen Drehzahlen abgebremst und reuert werden; wie dies bei Gewindebohrern wegen der notwendigen Drehrichtungsumkehr beim Zurück-

drehen des Werkzeugs aus der Gewindebohrung erforderlich ist.

Leistungserhöhung und Produktivitätssteigerungen in der spanenden Bearbeitung hängen nicht alleine von verbesserten Schnittbedingungen aufgrund moderner Schneidstoffe ab, sondern auch von der Optimierung aller anderen am Zerspanungsprozess beteiligten Komponenten. Werkzeuge mit geometrisch definierten Schnitten erlangen wegen der Möglichkeiten, die heute NC-gesteuerte Maschinen bieten, in diesem Prozess eine immer größere Bedeutung. Mit Kombinationswerkzeugen zum Bohren und Fräsen können verschiedene Flächenelemente mit ein und demselben Werkzeug erzeugt werden. Das verringert die an der Maschine bereitzustellende Anzahl der Werkzeuge und ermöglicht kleinere Werkzeugmagazine bei gleichem zu fertigenden Teilespektrum. Haupteffekt bei der Bearbeitung selbst ist das Reduzieren der Nebenzeiten für Werkzeugwechsel, Werk-

Schrifttum

- [1] Hallberg, N.: Kombinations-Fräswerkzeuge rationalisieren. Werkstatt und Betrieb 117 (1984) 5, S. 265 - 269.
- [2] Stotz, H.: Auf Biegen und Brechen. Drehmomentüberwachte Gewindebohrmaschine verhindert Werkzeugbruch. Industrie-Anzeiger 112 (1990) 69, S. 69 - 73.
- [3] Link, H.-J., und W. Schurer: Schnell und genau. Zirkularfräsen von Innengewinden verkürzt die Fertigungszeiten und erhöht Oberflächenqualität. Maschinenmarkt 95 (1989) 36, S. 48 - 54.
- [4] Link, H.-J., und W. Schurer: Fertigungszeit ist kurz. Bohrgewindefräsen erhöht die Oberflächenqualität und reduziert Nebenzeiten. Maschinenmarkt 96 (1990) 1, S. 16 - 19.
- [5] Schurer, W.: Nicht gebohrt. Zeitgewinn, Fertigungssicherheit und Qualitätsverbesserung beim Bohrgewindefräsen. Fabrik 2000 6 (1990) 2, S. 40 - 42.
- [6] Görke, M.: Fertigungssicherheit durch Bohrgewindefräsen. Gleichbleibend hohe Qualität. Industrie-Anzeiger 112 (1990) 50, S. 22 - 24.
- [7] Schulz, H., und J. Scherer: Gewindefräsenbohren - ein Verfahren mit kürzeren Hauptzeiten. Werkstatt und Betrieb 120 (1987) 10, S. 867 - 869.

Werkbilder: 1, 3 und 4 Ingersoll; 2 Sunobik; 5 und 6 - JFL