



Bild 1: Mini-Bearbeitungszentrum

## Kleine Drehteile einbaufertig nachbearbeiten

**Kleine und kleinste Drehteile sind nach der Drehbearbeitung oftmals nicht einbaufertig. Es fehlen Querbohrungen, z. B. kleine Bohrungen mit 0,06 mm Durchmesser, gefräste Flächen, Quergewinde, (quer zur Drehachse) u. ä. m. Für diese und ähnliche Teile kommt das im folgenden beschriebene „Mini-Bearbeitungszentrum“ zum Einsatz mit dem eine abschließende Komplettbearbeitung gewährleistet ist.**

Im Gegensatz zu herkömmlichen Bearbeitungszentren werden die hohen Toleranzforderungen bei den immer kleiner werdenden Werkstücken auf den Primacon Hoch-Präzisions-Werkzeugmaschinen in Peißenberg/Oberbayern nicht nur gehalten, sondern auch im vollautomatischen Betrieb und in der Serienfertigung auf Dauer erreicht. Alle metallischen Werkstoffe, Kunststoffe, Graphit und auch Kera-

mik können mit hoher Präzision auf den Primacon PFM Maschinen bearbeitet werden und zwar nicht nur Fräsen, Zirkularfräsen sondern auch Schleifen, Konturschleifen, Bohren, Gewinden und nicht zuletzt die HSC-Bearbeitung mit Spindeln bis zu 140.000 U/min.

Der Maschinenständer, konstruiert nach der optimal möglichen Abstimmung der Eigenfrequenz, kombiniert mit speziellen Schwin-

gungsdämpfungselementen, ermöglicht die hohe Qualität der Bearbeitungen und die Dynamik der Maschine. Die Hauptmasse im C-förmigen Guss-Ständer, der mittels Schwingungsdämpfern auf dem Untergestell montiert ist, steht seinerseits wiederum auf schwingungsdämpfenden Stellkeilen. Die Maschine wurde einer Modul-Analyse unterzogen und zwar im Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU-Braunschweig. Es wurde dort festgestellt, dass die Maschine eine höhere Steifigkeit ausweist als ihre „schwergewichtigen“ Wettbewerber. Besonders hoch sind auch die ermittelten Genauigkeiten, z.B. fährt die

Bild 2:  
32-fach Werkzeugwechsler

Z-Achse mit nur 0,3  $\mu\text{m}$  Positionsunsicherheit so präzise, dass sie fast an die Genauigkeit des Längen-Messsystems herankommt.

- alle Achsen arbeiten permanent mit Sperrluft, damit in sie kein Schmutz eindringen kann
- alle Linear-Achsen sind durch Edelstahl-Lamellenabgedeckt
- alle Linear-Achsen arbeiten mit rollengelagerten, Doppel-Prismenführungen und vorgespannten Kugelumlaufspindeln
- der Antrieb der Linear-Achsen erfolgt über spielfreie Zahnriemen-Getrieb

Die Koordinatentisch-Verfahrwege betragen in beiden Achsen 240 mm. Die Z-Achse, Verfahrweg ebenfalls 240 mm, trägt das Werkzeug.

Die Schallschutz-Sicherheitskabine ist mit zwei Fronttüren ausgestattet, ferner mit Sicherheitsabschaltung sowie Innenbeleuchtung.

### Spindeln von 300 bis 1 40.000 U/min

Der Hersteller hält zwei Spindeltypen in seinem Produktprogramm, SP105-40 HFG und SP80-50 HFG.

Die Abkürzung HFG steht für Hochfrequenzspindel. Die max. Drehzahlleistung bei 105 HFG = 300 bis 40.000 U/min und bei SP80-50 = 500 bis 50.000 U/min. Die normale Leistung bei diesen Typen ist 4,0 kW bei 12.000 U/min. Das normale Drehmoment je Typ ist 3,8 Nm und 1,6 Nm. Die Werkzeugaufnahme (pneumatische WZ-Entriegelung) ist



bei diesen Typen HSK E 25. Alle Spindeln sind mit Hybrid-Kugellagern ausgerüstet. Die Spindeltemperatur wird 3-fach überwacht. Die Spindelorientierung ist bei unseren Spindeln Serienausstattung. Bei spezieller Anfrage werden auch Spindeln mit höherer Drehzahl verbaut.

### $\mu$ -genaue Bearbeitung

Mit dem Problem der Spindel-längendehnung kämpfen fast alle Fräsmaschinenhersteller, die im  $\mu$ -Bereich fertigen wollen. Um Genauigkeitsverluste zu

vermeiden setzt die Primacon Maschinenbau GmbH eine Kompensationseinrichtung ein, die die thermische und dynamische Längendehnung der Spindelachse mit einer Auflösung von 0,1  $\mu$  kompensiert. Ein berührungsloser, verschmutzungsunempfindlicher Sensor misst die dynamische und thermische Verlagerung der Spindelwelle. Die zugehörige Auswerteelektronik bereitet den Messwert auf und gibt diesen an die Maschinensteuerung weiter. Die Maschinensteuerung verrechnet diesen Wert mit der Z-Posi-



Bild 3:  
Fertigungslinie PFM 24

tionierung. Die Temperaturänderung des Spindelgehäuses wird genau gemessen und die sich daraus ergebende Maßänderung ebenfalls in der Z- Positionierung berücksichtigt.

### Automatische Werkzeuglängen- und Bruch-Überwachungssystem

Hierbei bietet die Primacon zwei Variationen an:

- Lasermesssystem
- Messtaster

Der minimale messbare Durchmesser beträgt 0,1 mm. Die Messgenauigkeit liegt bei  $\pm 0,001$  mm. In der Heidenhain iTNC-Steuerung wird ein automatischer Datentransfer zugeführt. Durch den Infrarottaster ist das Vermessen von Werkstück-Rohlingen nun auch im Automatikbetrieb mit selbsttätigen Teile Be- und Entladungen möglich; die dafür unabdingbare Spindel-Orientierung ist Standard.

### Automatischer Werkzeugwechsler im Werkzeugmagazin

Die Primacon Maschinenbau GmbH bietet Kettenmagazine als Werkzeugwechsler an. Hierbei sind entweder 40 (einstöckig) oder 80 (zweistöckig) Plätze vorgesehen. Alternativ ist das Werkzeugmagazin als 2-etatisches

Tellermagazin ausgebildet. Das bedeutet, dass 32 Werkzeugplätze für HSK 25 E zur Verfügung stehen. Der maximale Werkzeughdurchmesser beträgt 50 mm. Die maximalen Werkzeughängen sind 120 mm. Die Span-zu-Span-Zeit beträgt durchschnittlich ca. 6 Sekunden. Die elektropneumatische Steuerung erfolgt über die iTNC 530.

### Werkstückwechsler und Roboter

Der Werkstückwechsler ist als Drehteller ausgelegt und kann bis zu 48 Werkstücke aufnehmen. Ein Doppelgreiferarm entnimmt das Werkstück vom Drehteller und bringt es in die Spannvorrichtung zur Bearbeitung. Es sind kurze Werkstückwechselzeiten zu berücksichtigen. Eine Vielzahl von verschiedenen Werkstückpaletten sind einsetzbar, wie z. B. Erowa oder 3R Macro. Eine pneumatische Sicherheitsschleuse zwischen Maschine und Magazin ist ebenso Standard wie Sicherheitstüren für den Rüstbetrieb.

### Teilapparat für 4. und 5. Achse

Eine Basis-Werkzeugmaschine ohne die wichtigsten Komponenten garantiert noch lange nicht eine wirtschaftliche Fertigung. Um eine Mehrseiten-Bearbei-



Bild 5: CNC-Steuerung

tung in einer Aufspannung zu gewährleisten, ist der Einsatz eines Teilapparates für die 4. und 5. Achse unumgänglich. Ein nachträglicher Aufbau des Teilapparates ist immer möglich. Die Positioniergenauigkeit, die Drehachsendrehgeschwindigkeit, die Drehwinkelgenauigkeit und Schwenkachsen-Geschwindigkeit (Schwenkachse B) liegen alle im engsten Bereich, um die geforderte Präzision zu erreichen. Der maximale Werkstückdurchmesser beträgt 100 mm.

### CNC-Steuerung

Die Tastatur birgt eine Vielzahl von Hilfsfunktionen mit Funktionstastatur zur Programmierung von Geraden und Kreisbahnen. Zu den generellen Kenndaten der Heidenhain iTNC 530 gehören u.a.

- Steuerung bis zu 9 Achsen plus Arbeitsspindel
- Speicherkapazität auf Festplatte

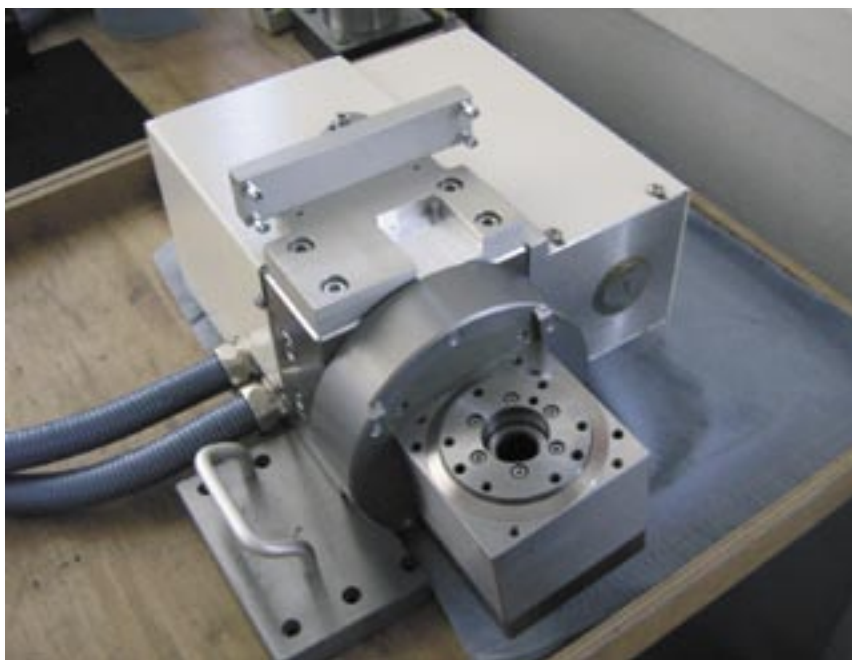


Bild 4:  
Teilapparat für die 4. und 5. Achse

- Werkzeugverwaltungsprogramm
- Koordinatenschleifzyklus
- Koordinatenumrechnung
- Integrale Taschenrechnerfunktion
- Programmunterstützung durch 3D-Simulationen u.v.m

### Bearbeitungsbeispiele

Die Theorie kann viel erzählen, aber in der Praxis zeigt es sich, dass z.B. auch die Bearbeitung von bis zu 48 Werkstücken in „Mannlosbetrieb“ mit direkter Steuerung möglich ist. Und selbstverständlich müssen auch dementsprechend Werkzeuge mitspielen.

In der Hauptsache werden Teile aus der Feinmechanik bearbeitet, wie z.B. Uhrenindustrie (sogenannte Uhrenplatinen mit vielen kleinsten Bohrungen, ohne Grat und kleinsten Toleranzen der Lochabstände), Werkzeug- und Formenbau, Medizin- und Dentaltechnik, Edelsteinbearbeitung, Elektrotechnik – also überall wo Präzision verlangt wird.

Es ist schwierig, all diese Teile in Bildern zu zeigen, weil viele einfach zu klein sind.

### Fazit

Die beschriebene Fertigungsanlage ist genau genommen ein Mini-Bearbeitungszentrum mit besonders hoher Präzision für die Bearbeitung kleiner und kleinster Präzisionsteile, deren Bearbeitung eigentlich oftmals nur mit der Lupe zu erkennen ist. Das Mini-Bearbeitungszentrum kann je nach Fertigungsaufgabe mehrere konventionelle Werkzeugmaschinen ersetzen.

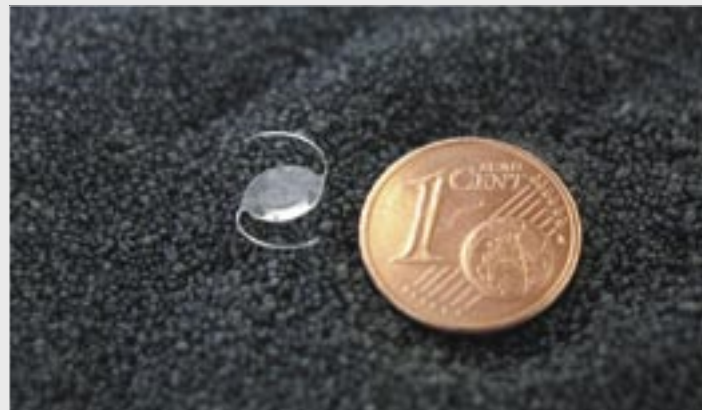
### Bearbeitungsbeispiele



Graphitlamellen



Uhrenplatine



Intraokularlinsen für die Augenmedizin



Abnahmewerkstück PFM 24 NGd

Bilder 6 - 9:  
Bearbeitungsbeispiele  
(Werkbilder: Primacon Maschinenbau GmbH-  
Peißenberg)