

Internationale Fachzeitschrift für Fertigungstechnik und Konstruktion
AGT-Verlag Thum GmbH, Ludwigsburg, Ausgabe April 2000

Präzision in Aluminium

Mit Hochfrequenzspindeln der IBAG Switzerland AG
ausgerüstete Präzisions-Bearbeitungszentren
der W. Fehlmann AG bearbeiten Aluminiumformen
bei hohen Genauigkeiten und kurzen Durchlaufzeiten.



FEILMANN

IBAG



IBAG Switzerland AG
Industrie Tagelswangen
Buckstrasse 2
CH-8315 Lindau-Zürich
Telefon ++41 (0)52 355 33 33
Telefax ++41 (0)52 343 40 44
e-mail: ibag@ibag.ch
(headquarter)



IBAG Deutschland GmbH
Robert-Wilhelm-Bunsen-Str. 5
D-51647 Gummersbach
Telefon: +49 (0)2261 814 280
Telefax: +49 (0)2261 814 925
e-mail: ibag@ibag-hsc.de



IBAG HSC Technology Sàrl
ZA, du Sandholz, RN 62
F-67110 Niederbronn-les-Bains
Telefon 0033 3 8880 93 30
Telefax 0033 3 8880 38 37
e-mail: ibag@wanadoo.fr



IBAG North America
80, Republic Drive
North Haven, CT 06473 USA

Phone +1 (203) 407 0397
Fax +1 (203) 407 0516
e-mail: ibag@snet.net

web: <http://www.ibag.ch>

Präzision in Aluminium

Messen der Spindeldehnung an HSC-Spindeln für höhere Genauigkeiten

Bewährte Präzisions-Bearbeitungszentren werden optional mit Hochfrequenzspindeln ausgerüstet, die über ein Messsystem für die Spindeldehnung am Spindelkopflager verfügen. Das ermöglicht Genauigkeiten im Bereich weniger μm beim Bearbeiten kleiner Werkstücke. - Von Dipl.-Ing. Konrad Mücke ¹⁾

Beim Fertigen von Präzisionswerkstücken für die Elektronik, die Luft- und Raumfahrttechnik, die Medizintechnik sowie den Formen- und Werkzeugbau profitieren Lohnfertiger von den technischen und wirtschaftlichen Vorteilen des High Speed Cutting (HSC). Beispielsweise an Aluminiumwerkstücken kann man mit HSC dünne Wände und Stege bei hohen Genauigkeiten (Abb. 1) problemlos bearbeiten. Wegen der niedrigen Bearbeitungskräfte des Fräswerkzeugs auf das Werkstück gibt es auch an wenigen zehntel Millimeter schmalen Stegen nahezu keine Durchbiegungen. Zudem stabilisieren hohe Drehzahlen insbesondere schlanke Werkzeuge. Sie neigen dann weniger dazu, durch die Bearbeitungskräfte abgedrängt zu werden.

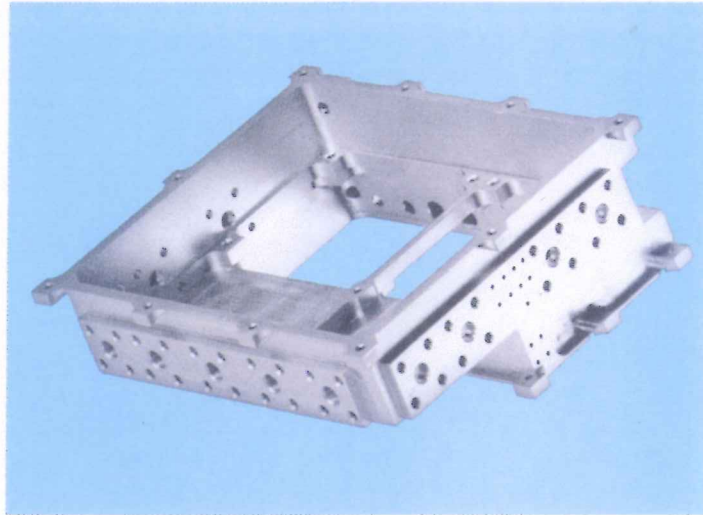
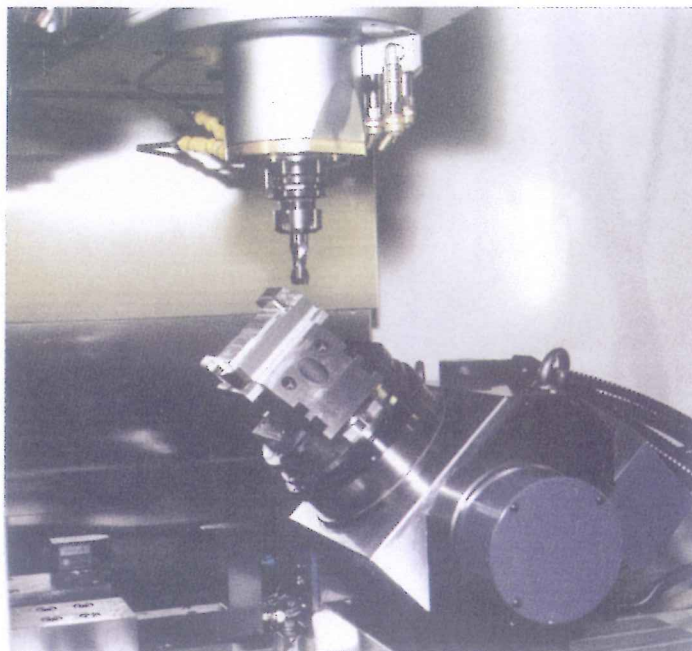


Abb. 1. High Speed Cutting ermöglicht hohe Genauigkeiten beim Fräsen dünner Stege und Wände an labilen Aluminiumwerkstücken



Abb. 2. HSC-Bearbeiten kürzt beim Fertigen von Formen aus Aluminium wesentlich die Durchlaufzeiten



geschwindigkeiten. Das hat auch für den Formenbau Vorteile. Um hohe Oberflächengüten zu erreichen, fräst man mit Fräsern mit wenigen Millimetern Durchmesser bei engen Zeilenabständen und Zustellungen von wenigen zehntel Millimetern. Die hohen Vorschubgeschwindigkeiten beim HSC-Fräsen ermöglichen dennoch wirtschaftlich kurze Hauptzeiten. Ohne Nacharbeit erreicht man ausreichend gute Oberflächengüten von $Ra \leq 0,5 \mu\text{m}$. Gegenüber dem konventionellen Fertigen beispielsweise von Aluminium-Blasformen durch Vor- und Fertigungsfraßen sowie anschließendes Polieren der Kavitäten ergibt sich durch das HSC-Bearbeiten eine Kürzung der Durchlaufzeiten um bis zu 30%. Beim Fertigen einer Formhälfte (Abb. 2) aus dem Werkstoff-Nr. 3.2315 (AlMgSi 1) konnte die Durchlaufzeit wesentlich reduziert werden. Zunächst wird der Block oben und seitlich plangefräst. Das anschließende Vorfräsen der Formkavität mit einem Schaftfräser (Fraise SA, Bellach/Schweiz) mit 10 mm Dmr. bei 750 m/min Schnittgeschwindigkeit und 1000 m/min Vorschubgeschwindigkeit dauert nur etwa 2,2 min.

In drei Arbeitsschritten wird die Formkavität vor- und fertiggeschlichtet. Ein Kugelfräser mit 8 mm Dmr. schlichtet bei 630 m/min Schnitt- und bis zu 8 m/min Vorschubgeschwindigkeit die Kavität vor. Dies dauert 2,75 min. Dann bearbeitet ein 6 mm im Durchmesser messender Kugelfräser C5290.300 Sphericut Alu bei 290 m/min Schnitt- und bis zu

Abb. 3. NC-Teil-Schwenktisch zum Komplettbearbeiten an fünf Seiten und zum fünfachsigen Bearbeiten räumlich gekrümmter Flächen mit simultaner Interpolation in allen Achsen

Kräfte und Erwärmung minimiert

Darüber hinaus gibt es nur minimale Ungenauigkeiten durch Wärmeeinwirkungen auf das Werkstück. Beim HSC-Fräsen führen die Späne nahezu die gesamte Zerspanungswärme aus dem Bereich des Werkzeugeingriffs ab. Ein weiterer wesentlicher Vorteil der HSC-Bearbeitung sind die gegenüber der Bearbeitung bei konventionellen Schnittgeschwindigkeiten wesentlich höheren Vorschub-

¹⁾ Dipl.-Ing. Konrad Mücke, Jahrgang 1959, arbeitet als freier Journalist für mittelständische Unternehmen im Maschinenbau, in der Antriebs- und Steuerungstechnik.

12 m/min Vorschubgeschwindigkeit die Kavität fertig. Zustellungen (Spanntiefen) von nur 0,3 mm und Zeilenabstände von 0,2 mm ermöglichen ein Schlichten der dreidimensional räumlich gekrümmten Oberfläche auf Glanz. Dazu benötigt das Bearbeitungszentrum der W. Fehlmann AG, Seon/Schweiz, etwa 9 min. Abschließend fräst ein Kugelkopffräser mit 3 mm Dmr. die Nuten im Flaschenhals fertig. Dabei arbeitet er bei Drehzahlen von 40000 min⁻¹ und Vorschubgeschwindigkeit bis 2 m/min. Er benötigt insgesamt 1,5 min.

Beim Bearbeiten der Aluminiumlegierungen verhindern die stark positiven Schneidengeometrien und die Beschichtungen der Werkzeuge zuverlässig das Bilden von Aufbauschneiden. Dadurch können Werkstücke aus Aluminium wie die Blasform für Flaschen prozesssicher bei hohen Schnittgeschwindigkeiten gefräst werden.

Fünfschsig für besseren Werkzeugeingriff

7te Oberflächengüten erreicht man durch das Anstellen der Fräswerkzeuge um einen kleinen Winkel gegen die Fräsrichtung. Damit vermeidet man den Eingriff des Fräserzentrums, an dem die Schneiden keine Schnittgeschwindigkeit haben. Dafür verfügen die Präzisions-Bearbeitungszentren Picomax 60 aus Seon über einen optionalen CNC-Teil-Schwenktisch. Er positioniert die darauf gespannten Werkstücke in der vierten und fünften Achse (Abb. 3). Im 500 mm x 350 mm x 610 mm messenden Arbeitsraum können kleinere Werkstücke problemlos

an fünf Seiten bearbeitet werden. Wahlweise kann der CNC-Teil-Schwenktisch auch in fünf Achsen simultan interpoliert die Werkstücke bewegen und damit eine "echte" Fünf-Achsen Bearbeitung ermöglichen. Meist nutzen die Anwender der Bearbeitungszentren die vierte und fünfte NC-Achse des Teil-Schwenktischs als Stellachse zum Bearbeiten von Werkstücken an fünf Seiten in einer Aufspannung.

Präzision bei hohen Schnittgeschwindigkeiten

Fräswerkzeuge mit kleinen Durchmessern erfordern hohe Drehzahlen, um ausreichend hohe Schnittgeschwindigkeiten zu verwirklichen. Beim HSC-Fräsen von Aluminium arbeitet man vorteilhaft bei Schnittgeschwindigkeiten zwischen 600 und 1500 m/min. Beispielsweise beim Planfräsen des Aluminiumblocks fräst der 40 mm im Durchmesser messende Planfräser bei Drehzahlen von 12 000 min⁻¹ bei 1500 m/min Schnittgeschwindigkeit. Der zum seitlichen Wälzfräsen eingesetzte Schaftfräser mit 12 mm Dmr. muss bei Drehzahlen von 35000 min⁻¹ arbeiten, um Schnittgeschwindigkeiten von 1350 m/min zu erreichen. Ähnlich hohe Drehzahlen sind erforderlich, um mit den 6 und 8 mm im Durchmesser messenden Kugelkopffräsern Schnittgeschwindigkeiten zwischen 300 und 600 m/min zu verwirklichen.

Damit Anwender zum HSC-Fräsen problemlos diese hohen Drehzahlen realisieren können, verfügen die Seoner Präzisions-Bearbeitungszentren optio-

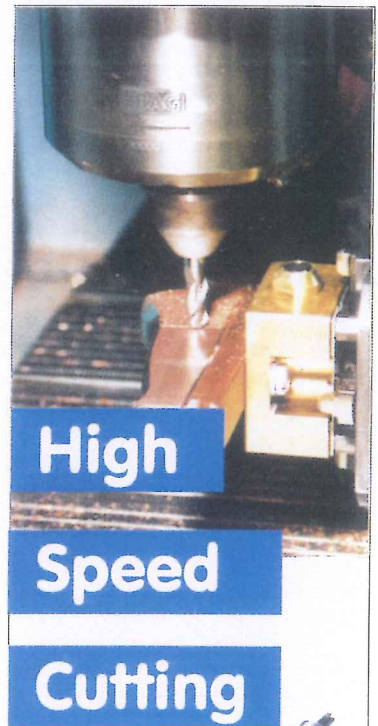
nal über Hochfrequenzspindeln HF 120 der IBAG Switzerland AG, Lindau/Schweiz (Abb. 4).

Diese Motorspindeln haben zahlreiche Vorteile. Sie erreichen Drehzahlen bis 40000 min⁻¹. Dabei verfügen sie über 13 kW Antriebsleistung auf Dauer (S1 = 100%), bis 17 kW kurzfristig (S6 = 40%). Drehmomente von 4,2 bei S1 bzw. 5,5 Nm bei S6 ermöglichen auch ein Schrappfräsen bei niedrigeren Drehzahlen und Schnittgeschwindigkeiten mit Fräsworkzeugen größerer Durchmesser. Die mit einem Öl-Luft-Gemisch in minimalen Mengen geschmierten Hybridkugellager in spezieller O-Anordnung sorgen auf Dauer für hohe Rundlaufgenauigkeiten. Thermisch stabil arbeiten die Motorspindeln im harten Dauerbetrieb durch ihre Wassermantelkühlung. Auch nach mehrstündigem Betrieb bei hohen Drehzahlen beträgt die Längendehnung der Spindel ohne Korrektur durch ein Messsystem weniger als 0,09 mm.

Messeinrichtung gewährleistet Genauigkeit

Zusätzlich verfügen die Hochfrequenzspindeln über eine Messeinrichtung am Spindelkopflager. Sie misst die axiale Verlagerung der Spindelwelle. Die Messergebnisse überträgt sie als elektrische Signale zum Auswerten an die numerische Steuerung des Bearbeitungszentrums. Diese nutzt die Daten, um dynamisch den Nullpunkt im aktuell abgearbeiteten NC-Programm zu korrigieren. Das stellt auf Dauer Genauigkeiten am Werkstück kleiner als 0,01 mm sicher. Davon profitieren vor-

allem Formenbauer und Lohnfertiger kleiner Präzisionswerkstücke.



Optimieren Sie Ihre Fräsprozesse im Formen- und Werkzeugbau mit der perfekten Spindel bis zu 140'000 min⁻¹ und bis zu 100 kW. Lieferbar mit Stahl-, Keramik- oder aktiven Magnet-Lagern. **IBAG - natürlich!**

IBAG Switzerland AG
CH- 8315 Lindau - Zürich
Internet: www.ibag.ch

IBAG Deutschland GmbH
Robert-Wilhelm-Bunsen-Str. 5
D- 51647 Gummersbach
Telefon: 0049 2261 814 280
Fax 0049 2261 814 925
E-mail: ibag@ibag-hsc.de



Auch zwischen Werkstückbereichen, die mit unterschiedlichen Werkzeugen bearbeitet wurden, gibt es keine Absätze oder unstetigen Übergänge. Für hohe Rundlaufgenauigkeit und sichere Einspannung nimmt die HF-Spindel die Fräswerkzeuge in Werkzeugaufnahmen Hohl-schaftkegel HSK-E auf. Mit ihrem hohlen Kegelstumpf und der Plananlage sind diese Werkzeugaufnahmen speziell auf die HSC-Bearbeitung ausgelegt. Vor allem durch die axiale Plananlage sorgen sie für eine zuverlässig wiederholbare axiale Genauigkeit beim Wechseln der Fräswerkzeuge. Wahlweise stehen die Werkzeugaufnahmen HSK-E in Ausführungen zum Einschrumpfen der Werkzeuge oder mit präzisen Spannzangen zur Verfügung. Zu einer hohen Genauigkeit tragen weiter das stabile Gußbett und die geschabten Auflageflächen für die Profilschienenführungen der Präzisions-Bearbeitungszentren bei. In allen Achsen messen hochauflösende Glasmaßstäbe die Schlittenpositionen. Angetrieben werden sie direkt von AC-Servomotoren. Die numerische Steuerung TNC 426 PB (Heidenhain) regelt die Positionen aller Achsantriebe bei Zykluszeiten in den Lage-regelkreisen kleiner 2 ms. Damit wird eine Positioniergenauigkeit von 5 µm nach den Richtlinien VDI /DGQ 3441 eingehalten. Die Vorschubgeschwindigkeiten betragen in allen Achsen 20 m/min. Wegen der engen Zeilenabstände ergeben sich bei 3D-Oberflächen umfangreiche NC-Programme mit mehreren tausend Programmzeilen. Zum Speichern und Abarbeiten benötigen die numerischen Steuerungen deshalb umfangreiche Festplatten- und Arbeitsspeicher. Die an den Präzisions-Bearbei-

tungszentren angebauten Steuerungen verfügen über 1,5 GB Speicherkapazität im Festplattenspeicher. Über eine standardisierte Schnittstelle mit hoher Übertragungskapazität (Ethernet) können sie rasch auch umfangreiche NC-Programme von externen Rechnern übernehmen.

Dritte Schicht nutzen

Gehäuse- und Trägerbauteile aus Aluminium sowie Kupferelektroden zum Senkerodieren benötigen Anwender oft in kleinen und mittleren Serien. Sind die dafür erforderlichen NC-Programme erstellt, können die Präzisions-Bearbeitungszentren unbe-

aufsichtigt produzieren. Dafür rüstet der Hersteller in Seon seit mehreren Jahren seine Bearbeitungszentren mit einem automatischen Werkstückspeicher für bis zu 90 Werkstücke aus (Abb. 5). Ein Handhabungsroboter wechselt die Werkzeuge automatisch in den Arbeitsraum der Bearbeitungszentren ein und spannt sie mit einer standardisierten Schnittstelle auf dem NC-Teil-Schwenktisch. Ein beim Hersteller in Seon entwickelter Leitreechner MCM (Milling Center Manager) koordiniert die Arbeitsabläufe. An ihm gibt der Bediener in übersichtlichen Job-Tabellen die Fertigungsaufträge vor (Abb. 6).

Ausgereifte Überwachungsfunktionen sorgen auch bei Fehlfunktionen im unbeaufsichtigten Betrieb für eine hohe Produktivität. Erkennt der Job-Manager beispielsweise ein fehlerhaftes NC-Programm oder fehlt ein spezielles Werkzeug im 24 Werkzeuge fassenden Werkzeugmagazin, dann stellt er automatisch das Werkstück bzw. das NC-Programm zurück und startet den Bearbeitungsablauf für ein anderes. So produziert das Bearbeitungszentrum ohne manuelle Eingriffe weitere Werkstücke trotz der aufgetretenen Fehlfunktionen. Wahlweise kann auch eine Verbindung über das öffentliche Telefonnetz einen Mitarbeiter zum Eingreifen rufen. Alle während des automatischen, bedienerlosen Betriebs aufgetretenen Ereignisse protokolliert der Job-Manger. Diese Daten wertet der Bediener anschließend aus und kann daraus geeignete Maßnahmen ableiten, z. B. ein NC-Programm korrigieren. Mit dieser umfassenden, ausgereiften Ausstattung ermöglichen die Präzisions-Bearbeitungszentren ein wirtschaftliches Produzieren von Präzisionswerkstücken in kleinen Serien in der unbeaufsichtigten Schicht.



Abb. 4. Motor-spindeln mit automatischer Längenkompensation über die CNC-Steuerung für Bearbeitungsgenauigkeiten im Bereich weniger µm

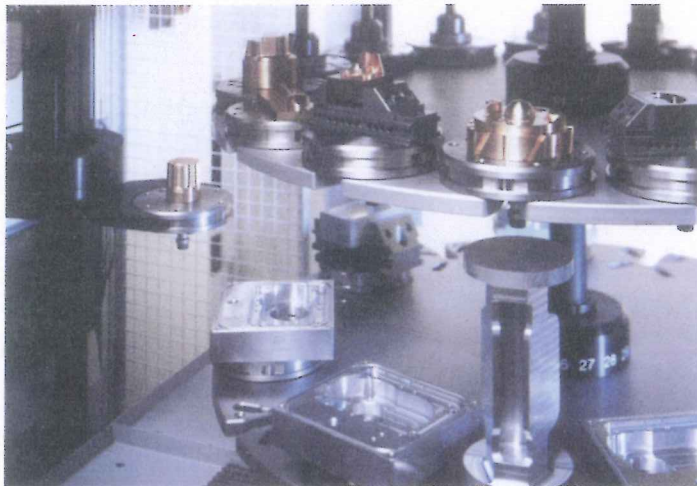


Abb. 5. Magazin für bis zu 90 Werkstücke mit Handhabungsroboter zum unbeaufsichtigten Produzieren mit automatischem Werkstückwechsel

Abb. 6. Präzisions-Bearbeitungszentrum mit Werkzeugmagazin und Job-Manager zum einfachen, tabellarischen Programmieren bedienerlos abzuarbeitender Fertigungsaufträge

