

Oberflächenverfahren zur Schwingungsanalyse

Oberflächen umfangsgefräster Werkstücke zur Identifikation von Schwingungen zwischen Werkzeug und Werkstück nutzen

In dem in der HOB 7/8-96 erschienenen Beitrag wurde der Einfluß von Schwingungen während der Bearbeitung auf die Oberflächenqualität umfangsplanegefräster Werkstücke diskutiert. Gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Oberflächenqualität setzen eine genaue Kenntnis dieser Schwingungsvorgänge voraus. Der vorliegende Beitrag behandelt Möglichkeiten zur Anwendung eines neuen Verfahrens zur Schwingungsidentifikation beim Umfangsplanfräsen in der Holzbearbeitung. Es wird gezeigt, wie anhand einer mit einem speziellen Werkzeug bearbeiteten Oberfläche Rückschlüsse auf Schwingungen während des Zerspanvorgangs gezogen werden können. - Von Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. U. Heisel und Dipl.-Ing. H. Krondorfer ¹⁾

Einleitung:
Fräsverfahren sind aufgrund der Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten in der Holzbearbeitung die am häufigsten genutzten Bearbeitungsverfahren. Die erreichbare Oberflächenqualität hängt vom Verschleißzustand des Werkzeugs, von den Eigenschaften des Werkstoffes sowie vom Bearbeitungsprozeß ab. Aufgrund der Überlagerung der rotatorischen Schnittbewegung und der translatorischen Vorschubbewegung ergeben sich auf der Oberfläche umfangsgefräster Werkstücke zyklidenförmige Rillen (Messerschläge). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der kinematischen Rauheit. Schwingungen während der Bearbeitung resultieren im allgemeinen in einem veränderten Oberflächenbild: Einzelne Rillen besitzen eine größere Länge und Tiefe, andere sind sehr kurz und flach. Der Einfluß von Schwingungen auf das Oberflächenbild sowie Kennzahlen zur Bewertung der kinematischen Rauheit wur-

den bereits in einem in der vorigen Ausgabe erschienenen Beitrag eingehend erläutert ^{1/} Für die gezielte dynamische Optimierung eines Fräsprozesses zur Verbesserung der Oberflächenqualität sind Informationen über die qualitätsmindernden Schwingungen unerlässlich. Ein Verfahren, das es erlaubt, diese Informationen direkt aus einer bearbeiteten Oberfläche zu gewinnen, wurde bereits vorgestellt ^{2, 3, 4/} Der vorliegende Bericht erörtert die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens für eine Anwendung in der Holzbearbeitung.

Das Oberflächenverfahren zur Schwingungsidentifikation
Die Entstehungszeit Δt für eine Bearbeitungsrille auf der Werkstückoberfläche ist sehr klein im Vergleich zur Zeit T_z die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zahneingriffen vergeht, (Abb. 1.) Hochfrequente Schwingungsanteile ($> 5 \cdot$ Drehfrequenz) weisen in der Regel nur sehr kleine Amplituden auf und sind demnach als Ursache für eine verminderte Oberflächengüte auszuschließen. Während der kurzen Entstehungszeit Δt einer

¹⁾ Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. U. Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen (IfW) der Universität Stuttgart. Dipl.-Ing. H. Krondorfer leitet die Arbeitsgruppe „Maschinenkonstruktion“ am IfW

Endlich mischen wir den Markt auf.

Wir zerkleinern pfeilschnell!

Kaufen Sie keine Maschine bevor Sie mit uns gesprochen haben!



PFEIL GMBH · MÖLLERSTRASSE 28 · 58119 HAGEN
TELEFON 0 23 34/9 58 50 · FAX 0 23 34/56 70 12

HOB-KENNZIFFER . . .55

Deutsche Maschinen müssen nicht unbedingt teuer sein!

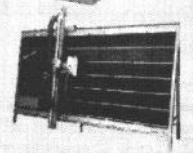


Ein Programm zur professionellen Holzbearbeitung für den Junghandwerker und Existenzgründer!

- Moderne Großserienfertigung
- Unkomplizierte, elegante Konstruktion
- Schnelle Amortisation durch niedrigen Kapitalaufwand



Perfekte Qualität zu 1/4 Preisen

- | | | | |
|--|--|--|---|
| Kombinierte Abricht- und Dickenhobelmaschine mit Tisch aus Grauguß KAD 320, 310 mm Hobelbreite KAD 532, 530 mm Hobelbreite | DM zuzügl. MwSt
4330,-
10470,- | Hobelmaschinen mit Tischen aus Grauguß |  |
| Tischfräsmaschine mit Tisch aus Grauguß TF 102 S mit schwenkbarer Spindel | 3135,- | Tischfräsmaschinen mit Drehzahlen 3500, 6500, 9000 U/min |  |
| Langbandschleifmaschine LBS 2100, 2100 mm Tischlänge | 3980,- | Langbandschleifmaschinen in solider Qualität! |  |
| Plattensäge für Vertikal- und Horizontalschnitt VPS 2141 Plattengröße 2100 x 4000 mm | 9275,- | Plattensägen staubgeprüft |  |
| Reinluftabsauganlage RLG 1000, GS-staubgeprüft 100 mm Ø-Anschluß | 1998,- | Absauganlagen staubgeprüft nach H2 |  |
| Reinluftabsauganlage RLG 2000, GS-staubgeprüft 140 mm Ø-Anschluß | 5750,- | | |

Weitere Maschinen auf Anfrage!
Begutachten Sie das BGU-Maschinenprogramm in unserem Hause. Preis und Leistung werden Sie überzeugen!

Prospekt bitte anfordern!

Südharzer Maschinenbau GmbH
Heilmestraße 94 · 99734 Nordhausen
Tel. (0 36 31) 62 97 106
Fax (0 36 31) 62 97 111

HOB-KENNZIFFER.....<...56

HELLMANN

Sondermaschinen Fördertechnik Profilschleifmaschinen

Profil- und Lackzwischen-schleifmaschinen in einseitiger und doppelseitiger Ausführung.

Für die Einsatzbereiche:
Fenster- und Türenbau
Innen- und Ladenbau
Möbelfertigung und Leistenfabrikation

Hellmann Maschinenbau GmbH
Karlstraße 2a
D-32052 Herford

Telefon 0 52 21-5 50 31
Telefax 0 52 21-5 50 34

HOB-KENNZIFFER 57

HETRA

Die neue
**HETRA-
Tragklemme**
Typ **TK 300/40**
für den Transport
von Holz-
und Spanplatten

- Tragfähigkeit 300 kg
- Greifbereich 5-40 mm
- Eigengewicht 3,5 kg
- Bauhöhe 100 mm

HETRA HEBE- +TRANSPORT-
SYSTEME GMBH

Boßlerstraße 11
73240 Wendlingen
Telefon 070 24/9201 07-0
Telefax 07024/30791

Rille ändert sich die Relativlage von Werkzeugachse und Werkstück praktisch nicht. Deshalb kann man von diskreten Entstehungszeitpunkten t_N für die einzelnen Rillen ausgehen. Schwingungen während der Zerspaltung beeinflussen demnach lediglich die Niveaulagen der Bearbeitungsrippen, nicht aber ihre Gestalt. Die Information bezüglich der momentanen Relativlage zwischen Werkzeugachse und Werkstückoberfläche zum Entstehungszeitpunkt einer Rille kann der Niveaulage des entsprechenden Rillentieftpunktes entnommen werden: Der Fräsermittelpunkt befindet sich dann im Abstand $D/2$ senkrecht oberhalb des Rillentieftpunktes.

Um den zeitlichen Verlauf der Relativbewegung zwischen Fräsermittelpunkt und Werkstück anhand der Tiefpunkte der auf einer bearbeiteten Oberfläche zurückbleibenden Messerschläge zu rekonstruieren, muß eine ausreichende Anzahl von Rillentieftpunkten auf der Oberfläche vorhanden sein. Nach dem Shannon'schen Abtasttheorem muß für das diskrete Abtasten periodischer Signale

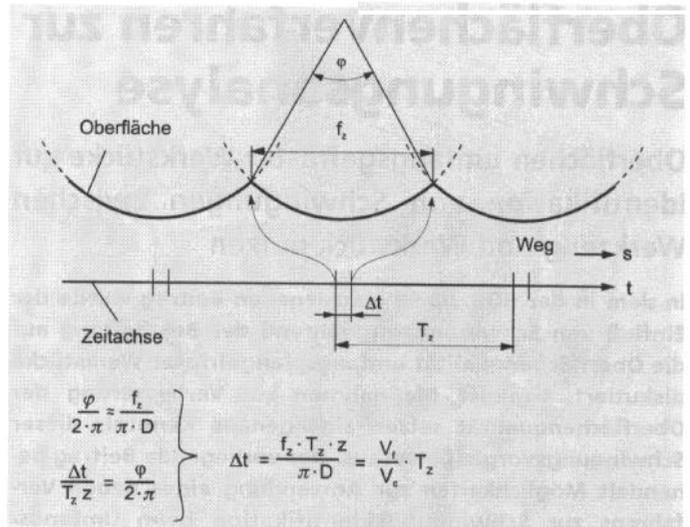


Bild 1: Abschätzen der Entstehungszeit AT für eine Bearbeitungsrippe

die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie die größte abzutastende Frequenz sein. Das bedeutet, daß man z. B. mindestens vier Abtastzeitpunkte (Rillentieftpunkte) je Umdrehung benötigt, um Schwingungsfrequenzen bis zur doppelten Werkzeug-Drehfrequenz erfassen zu können. Darüber hinaus muß sichergestellt sein, daß die Zeitspannen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abtastzeitpunkten gleich lang sind. Daraus ergibt sich die Forderung, daß sich während jeder Werkzeugumdrehung jede Schneide einmal auf der Oberfläche abbilden muß.

Während der Bearbeitung auftretende Schwingungen bewirken ein tieferes Eindringen einzelner Schneiden in die Oberfläche. Eine bereits entstandene Rille kann so von einer nachfolgenden Schneide ganz oder teilweise entfernt werden. Dies bedeutet nicht, daß einzelne Schneiden dabei kein Material zerspanen. Dazu müßte die Schwingungsamplitude größer als die Zustellung a_e sein, was praktisch nie der Fall ist. Ein sogenanntes Einmesserfinish liegt vor, wenn aufgrund von ungleichen Flugkreisen oder der Unwucht sich nur noch eine Schneide auf der Werkstückoberfläche abbildet, wenn also alle Bearbeitungsrippen von einer Schneide herrühren. In

der Praxis liegt beim Hobeln meist ein Einmesserfinish oder eine Mischform vor, bei der sich nur ein Teil der vorhandenen Schneiden auf der Werkstückoberfläche abbildet. Weggeschnittene Rillentieftpunkte bedeuten jedoch einen Informationsverlust bezüglich der Relativlagen von Werkstück und Werkzeugachse.

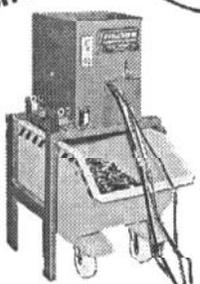
Um diesen Informationsverlust zu vermeiden und um sicherzustellen, daß sich jede Schneide genau einmal pro Umdrehung auf der Oberfläche abbildet, verwendet man ein speziell präpariertes Werkzeug, das sogenannte Kodierwerkzeug (Abb. 2). Die Schneiden dieses Werkzeugs wurden bereichsweise um ein geringes Maß zurückgeschliffen. Einzelne Bereiche, die sogenannten Kodierschneiden, werden nicht zurückgesetzt und laufen daher auf einem geringfügig größeren Flugkreis als die restliche Schneide um. Die einzelnen Kodierschneiden sind in axialer Richtung zueinander versetzt angeordnet, damit sichergestellt ist, daß eine einmal auf der Oberfläche entstandene Rille nicht von einer nachfolgenden Schneide wieder entfernt wer-

Euroholz, Halle 4, Stand 4.1.112
HOB-KENNZIFFER 58

FISCHER G
MASCHINENFABRIK B
SORTIEREN · VERPACKEN · STAPELN H

Rotations-
Stahlband-
schere

NEU



zur Schrottvolumen-Reduzierung

Über die Vielseitigkeit unserer
Produktpalette informieren wir
Sie gerne.

Mainstraße, 19-21 · D-41469 Neuss
Tel. 02137/20951 · Fax 02137/112428

HOB-KENNZIFFER 59

PRO 1100 + PRO 1400

Holzfinish + Lackwischenschliff



- Holzfinish | Lackwischenschliff
- Alternative Schleifwerkzeuge
- Einfache Bedienung
- Alle Einstellungen elektrisch
- Sehr starke Vakuumausführung
- Keil Schallschutz notwendig
- Für Möbelfronten | Küchenfronten, Regalböden, Lamellentüren | gewachste Möbelteile, usw.

QuickWood | Deutschland GmbH
Tel.: 07321/44064 • Fax: 07321/41410

HOB-KENNZIFFER 60

Holzstaub-Absauggeräte
GS-Zeichen der Holz-BG, Größen für jeden Bedarf
ESTA 89250 Senden, Tel. (07307) 80 40, Fax 7153

HOB-KENNZIFFER 61

den kann. Jede Kodierschneide bildet sich genau einmal pro Umdrehung auf der Werkstückoberfläche ab. Auf dem bearbeiteten Werkstück zeigen sich mehrere nebeneinanderliegende Spuren, da sich jede Kodierschneide in einem anderen Bereich abbildet. Die in jeder dieser Kodierspuren enthaltenen Bearbeitungsritzen lassen sich demnach eindeutig den Kodierschneiden zuordnen. Betrachtet man eine einzelne Kodierspur, so liegt innerhalb dieser Spur ein Einmesserfinish vor. Die zeitliche Entstehungsgeschichte

wirken, daß die Kodierschneiden überproportional viel zerspanen und deshalb schnell verschleifen. Darüber hinaus besteht die Gefahr von Materialausbrüchen, die dann die Bearbeitungsritzen nicht oder nur ungenügend erkennen lassen.

Ein Maß von 0,1 mm bis 0,2 mm hat sich für gehobelte Massivholzoberflächen als brauchbarer Kompromiß erwiesen.

Jede Kodierschneide hinterläßt auf dem Werkstück eine eigene Spur. Diese Kodierspuren werden mit einem Ober-

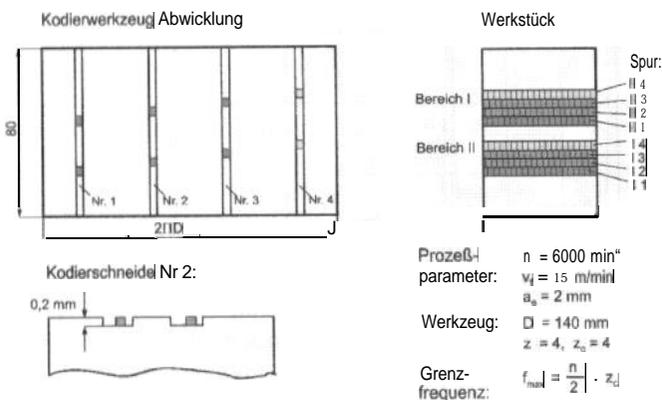


Bild 2: Abwicklung des Kodierwerkzeugs und entstehende Werkstückoberfläche

der Bearbeitungsritzen ist aufgrund der Anordnung der Kodierschneiden am Fräserumfang nachvollziehbar. Bei dem in Abb. 2 gezeigten Testwerkzeug sind zwei gleichartige Kodierbereiche vorhanden. Dies ermöglicht durch die getrennte Auswertung in beiden Bereichen eine Überprüfung der Ergebnisse. Darüber hinaus erlaubt diese Anordnung in bestimmten Fällen durch einen Amplitudenvergleich Rückschlüsse auf die auftretende Schwingungsform.

Das Maß, um das die Schneiden zurückgesetzt werden, hängt von der Größe der erwarteten Schwingungsamplituden ab. Dieses Maß sollte nicht zu groß gewählt werden, damit auch die zurückgesetzten Bereiche der Schneiden einen Anteil an der Zerspanungsarbeit leisten. Zu weit zurückgesetzte Schneiden be-

flächenmeßgerät nach dem Tastschnittverfahren abgetastet. Anschließend bestimmt man die Rillentiefenpunkte jeder Spur (Abb. 3). Die Rillentiefenpunkte repräsentieren die momentane Relativlage von Werkstück und Werkzeug zum Entstehungszeitpunkt der Rille (Abbildungszeitpunkt). Die Tiefpunkte werden dann entsprechend ihrer zeitlichen Entstehung zusammengesetzt. Da einerseits die Niveaulagen der Rillentiefenpunkte die Information bezüglich der relativen Lage von Werkzeug und Werkstück zum Zeitpunkt der Rillenenstehung enthalten, und da andererseits jedem Rillentiefenpunkt mit Hilfe der Prozeßparameter Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl sowie anhand der

OBM

Reg. Nr. 3193-01

Oliven-Bohrmaschine

CE

- Pneumatischer Vorschub
- Anschlagssystem auf Beschläge abgestimmt
- Platzsparend durch aufschwenkbare Hilfsauflage und abnehmbare Seitenanschläge

GÖTZINGER

Maschinen GmbH

Wagbachstraße 4 · 68753 Waghäusel
Tel. 072 54/9 24 77 · Fax 072 54/66 92

Wir stellen aus: Euroholz | Stuttgart, Halle 5, Stand 50.312
HOB-KENNZIFFER 62

Delle Vedove

Profil- und Kantenschleifmaschinen
Lackieranlagen für Profileisten
Prägemaschinen

Delle Vedove Deutschland GmbH Tel. 05241 - 4134
Am Hüttenbrink, 21 D - 33334 Gütersloh Fax 05241 - 49496

Verteiler mit Lager für Schleifscheiben

HOB-KENNZIFFER 63

SCHAFTWERKZEUGE VON NAPOLEON!

Z.B. NUTFRASER

REESE + FISCHER GmbH + Co. Tel. (073 67) 348
NAPOLEON-Werkzeuge Fax (073 67) 26 26
D-73432 Aalen-Niesitz

HOB-KENNZIFFER 64

Deutsche Maschinen können auch preiswert sein!

Alle Maschinen staubgeprüft

Ein Holzwurm zu dem Andern spricht, ließ einen Rat dir geben. Kauf BGLI vorzweifle nicht, und friß dich durch das Leben!

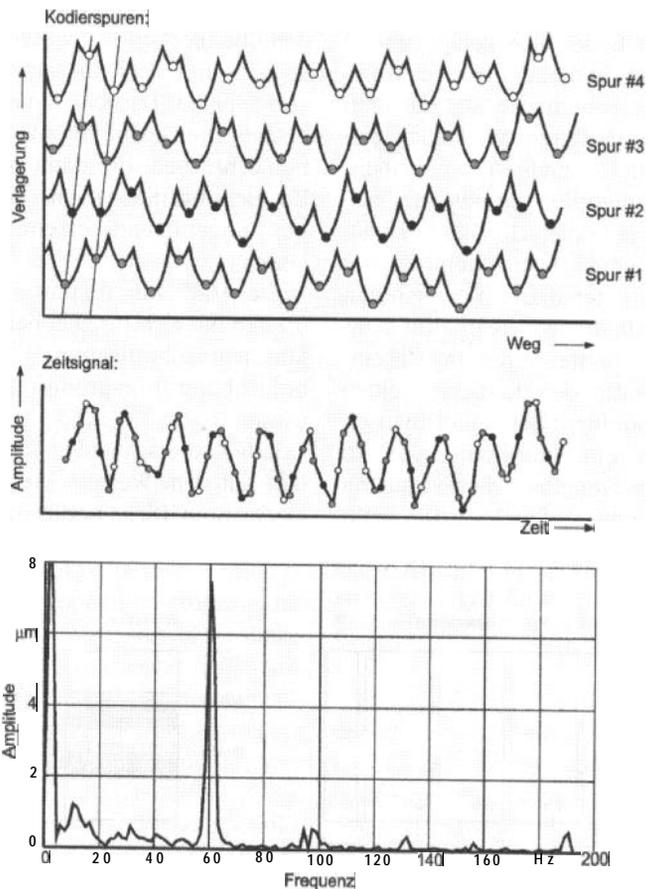
- Kombinierte Abricht- und Dickenhobelmachine** mit Tisch aus Grauguß
KAD 320, 310 mm Hobelbreite **4330,-^{DM}**
KAD 415, 410 mm Hobelbreite **5850,-^{DM}**
KAD 532, 530 mm Hobelbreite **10470,-^{DM}**
- Tischfräsmachine** mit Tisch aus Grauguß
TF 100 mit 100 mm Spindelhub **2450,-^{DM}**
TF 100 S mit schwenkbarer Spindel **3135,-^{DM}**
- Langbendschleifmaschine** LBS 2100, 2100 mm Tischlänge **3980,-^{DM}**
- Kantenschleifmaschine** KS 225, 150 mm Schleifbandbreite **1498,-^{DM}**
- Rohluft-Abauganlagen** ASA 1000, ASA 2000 ab **654,-^{DM}**
- Reinluftabauganlage** RLG 1000, GS-staubgeprüft 100 mm Ø-Anschluß **1998,-^{DM}**
- Reinluftabauganlage** RLG 2000, GS-staubgeprüft 140 mm Ø-Anschluß **5750,-^{DM}**
- Plattensäge nur verrot- und Horizontalschnitt** VPS 2141 Plattengröße 2100 x 4000 mm **9275,-^{DM}**

Nehmen Sie die Maschinen in unserer Ausstellung unter die Lupe, auch Vorführungen sind möglich. Der Preis wird Ihre Entscheidung leicht machen!

Südharzer Maschinenbau GmbH
Heilmestraße 94
99734 Nordhausen
Tel. (0 36 31) 62 97 106
Fax (03631) 6297111

Bild 3: Aus Rillentiefpunkten generiertes Zeitsignal und zugehöriges Frequenzspektrum

Kodierung des Werkzeuges ein Entstehungszeitpunkt zugeordnet werden kann, repräsentiert das Ergebnis den zeitlichen Verlauf der Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück (Abb. 3). Die Reihenfolge, in der die Rillentiefpunkte zusammengesetzt werden, hängt von der Anordnung der Kodierschneiden auf dem Werkzeug ab. Unter der Voraussetzung einer konstanten Drehzahl und gleichmäßig auf dem Umfang verteilt angeordneter Kodierschneiden sind alle Zeitintervalle zwischen benachbarten Abbildungszeitpunkten gleich groß. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für die nachfolgende Fast-Fourier-Transformation (FFT) des Zeitsignals dieser Bewegung. Als Ergebnis der FFT erhält man das Frequenzspektrum der Relativbewegung mit den gesuchten Informationen bezüglich Frequenz, Amplitude und Phasenlage der Schwingung.



Verfahrensgrenzen
Das Oberflächenverfahren ist auf Umfangsplanfräsoptionen beschränkt. Weitere Verfahrensgrenzen bestimmen sich aus den Prozessparametern Drehzahl und Vorschub, aus der Länge der mit dem Tastgerät abgetasteten Strecke und der Werkzeuggeometrie (Durchmesser und Anzahl der Kodierschneiden).

Die maximal identifizierbare Frequenz hängt von der Drehzahl n des Werkzeuges sowie der Anzahl der Kodierschneiden z_c ab. Nach dem Shannon'schen Theorem für das Abtasten periodischer Signale ist die maximal identifizierbare Frequenz f_{max} kleiner als die halbe Abtastfrequenz f_{sample} . Die Abtastfrequenz bestimmt sich aus der Drehfrequenz und der Anzahl der Abbildungen pro Werkzeug-

Umdrehung (Anzahl der Kodierschneiden z_c);

$$f_{max} < \frac{1}{2} f_{sample} = \frac{1}{2} \cdot n \cdot z_c \quad (1)$$

Die Frequenzauflösung Δf ist gleich dem Quotienten aus f_{max} und der halben Datensatzgröße N (Anzahl der Punkte im Zeitsignal). Die Datensatzgröße N wiederum hängt vom Vorschub je Umdrehung f , von der Anzahl der Kodierschneiden z_c sowie der Länge l der mit dem Oberflächenmeßgerät abgetasteten Meßstrecke ab:

$$N = \frac{l \cdot z_c}{f} \quad (2)$$

Für die Frequenzauflösung Δf ergibt sich dann

$$\Delta f = \frac{2 \cdot f_{max}}{N} = \frac{v_f}{l} \quad (3)$$

Die größte Amplitude A_{max} , die sich auf der Werkstückoberfläche abbilden kann, wird vom Durchmesser D des Werkzeuges, dem Vorschub je Umdrehung f und den Fre-

quenzverhältnis η zwischen Schwingungsfrequenz und Werkzeug-Drehfrequenz bestimmt:

$$A_{max} \leq \frac{D}{4 \cdot \sqrt{\sin^2(\eta\pi)} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4f^2}{D^2}}\right)}$$

$$\eta = \frac{\omega_s}{\omega_d} \quad (4)$$

Schwingungen während der Bearbeitung führen dazu, daß innerhalb einer Kodierspur einzelne Rillen sehr tief, andere dafür sehr flach und kurz sind. Bei Überschreitung der Amplitudengrenze A_{max} verschwinden einige dieser kurzen Rillen. Abb. 4 zeigt die Verhältnisse für den ungünstigsten Fall einer Schwingung mit halber Drehfrequenz ($\eta = 0,5$). Betrachtet werden jeweils drei aufeinanderfolgende Zahneingriffe einer Kodierschneide (grau). Bei Überschreitung der Grenzamplitude bildet sich die betrachtete Kodierschneide nur während jeder zweiten Werkzeugumdrehung ab. Dadurch gehen

HOB-KENNZIFFER 65

Zerkleinerungsmaschinen von GROSS

Keiner macht's so preiswert klein!

Kaufen Sie keinen Hacker, bevar Sie mit uns gesprochen haben



GROSS Apparatebau ist der Spezialist für Komponenten zur Recycling- und Entsorgungstechnik.

- Antrieb ab 9,2 kW
- Innovative Technik für die optimale Zerkleinerung unterschiedlicher Materialien.
- Hohe Wirtschaftlichkeit und beste Rentabilität
- Absolute Zuverlässigkeit und hoher Gebrauchsnutzen
- Besonders günstiges Preis-Leistungsverhältnis
- 12 Monate Garantie

GROSS

GROSS Apparatebau GmbH
Im Riedgrund 6 · 74078 Heilbronn
Tel. 071 31/28 02 11
Fax 071 31/28 02 13

HOB-KENNZIFFER 6 6

Informationen bezüglich der relativen Lage von Werkzeug und Werkstück verloren und eine Identifikation der Schwingungen aus dem Oberflächenprofil ist nicht mehr möglich.

Bei Frequenzverhältnissen $\eta \neq 0,5 + i | i = 1 | 2, \dots$ ergeben sich jeweils größere Amplitudengrenzen. Die Polstellen der Gleichung (4) liegen bei ganzzahligen Vielfachen der Drehfrequenz. Unabhängig von der Amplitude bilden sich in diesem Fall alle Kodierschnitten während jeder Umdrehung genau einmal ab. Die Schwingung führt jedoch zu einer Verschiebung der mittleren Niveaulage der gesamten Kodierspur.

Die maximal zulässige Amplitude verschiebt sich in der Praxis zu geringfügig kleineren Werten als die rechnerisch gemäß Gleichung (4) ermittelte Amplitudengrenze. Der Grund dafür ist, daß für die Auswertung der Oberflächenprofile deutlich ausgeprägte Rillen mit je zwei Spitzen und einem Rillentiefpunkt benötigt werden. Bei einer Schwingung mit der gemäß Gleichung (4) berechneten Maximalamplitude würde sich keine solche Rille ausprägen. Dieser Grenzwert beschreibt

vielmehr den Fall, daß die Kodierschneide während jeder zweiten Umdrehung die Oberfläche gerade noch berührt.

Eine weitere Verfahrensgrenze ist in der Praxis durch den Vorschub je Umdrehung gegeben. Wird der Vorschub je Umdrehung zu klein, können der als Folge auftretenden kleinen Rilllänge einzelne Rillen und deren Tiefpunkte nicht mehr mit ausreichender Genauigkeit identifiziert werden. Ein Grenzwert für den Vorschub je Umdrehung kann hier nicht explizit angegeben werden, da die Auswertbarkeit der gemessenen Profile von unterschiedlichen Einflußfaktoren abhängt. Neben der Holzart spielen auch der Verschleißzustand der Schneiden, der Werkzeugdurchmesser sowie die auftretenden Schwingungen eine Rolle. Bei den auf einer Kehlmaschine durchgeführten Versuchen mit Ramin und Buche (Werkzeugdurchmesser 140 mm, Drehzahl 6000 min^{-1}) konnten Proben, die mit 1,67 mm Vorschub je Umdrehung ($v_f = 10 \text{ m/min}$) bearbeitet wurden, noch gut ausgewertet werden. Bei geringeren Vorschüben sind allerdings Probleme zu erwarten.

Problematik bei

Massivholzoberflächen

Bei Massivholzoberflächen sind einige Besonderheiten aufgrund der Inhomogenität des Werkstoffes zu beachten. Auf geeignete Vorgehensweisen beim Abtasten der Oberflächenprofile mit nach dem Tastschnittverfahren arbeitenden Rauheitsmeßgeräten wurde bereits in einem früher erschienenen Beitrag ausführlich eingegangen [5]. Durch die Verwendung von Sondertastern mit schneidenförmiger Tastspitze (Schneidenbreite senkrecht zur Tastrichtung: $0,8 \text{ mm} < b < 1,6 \text{ mm}$, Schneidenradius in Tastrichtung: $r = 2,5 \mu\text{m}$) und durch eine signifikante Erhöhung der Tastkraft ($70 \text{ mN} < F_T < 200 \text{ mN}$) kann der Einfluß von Poren und aufstehenden Fasern weitestgehend unterdrückt werden.

Trotz dieses mechanischen Filters zeigen die Meßschiebe im Bereich der Rillentäler oft keinen ideal glatten Verlauf. Die Niveaulage des absoluten Rillentiefpunktes ist aufgrund dieser Ausreißer im Holz fehlerbehaftet. Es ist daher erforderlich, den Rillentiefpunkt rechnerisch zu bestimmen. Die Identifikationssoftware beinhaltet daher einen Auswertalgorithmus, der nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate arbeitet. Dieser Algorithmus ermöglicht die Bestimmung der Niveaulagen der Rillentiefpunkte, ohne die Rauheiten im Rillengrund überzubewerten. Die Bearbeitungsrippen werden durch Kreissegmente mit demselben Radius wie der des Schneidenflugkreises angenähert. Der Mittelpunkt dieser Kreissegmente wird in mehreren iterationsschritten so lange verschoben, bis im Sinne kleinsten Fehlerquadrate die bestmögliche Übereinstimmung zwischen den Meßwerten und dem Kreissegment er-

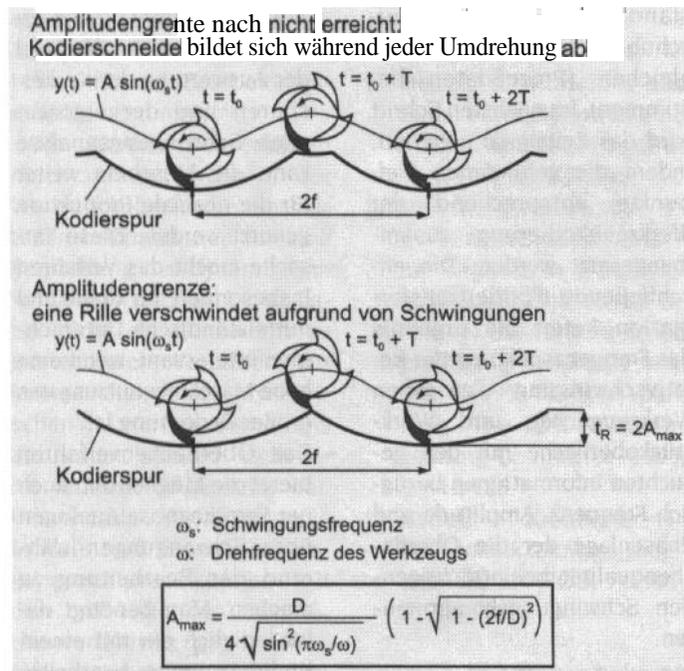


Bild 4: Bestimmen der Amplitudengrenze

FÜR NEUE ZIELE

ESSRIB

Preß-Werkzeuge

Zur Herstellung von Formteilen aus Schichtholz oder Kunststoff. Beheizung durch HF, Wasser oder elektrisch. Niedrige Betriebskosten durch Wärmeoptimierung.

- Elektro-Heizplatter
- Medium-Heizplatter
- Flexible Heizplatten
- Preßwerkzeuge
- Elektro-Heizstäbel

Bitte Prospekt anfordern!

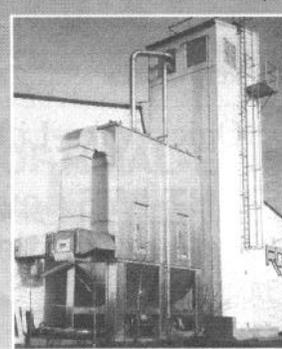
 Busse
Heizplattentechnik GmbH
 Postfach 1107
 D-32325 Espelkamp
 Telefon 05772-8030
 Telefax 05772-7547

HOB-KENNZIFFER 67

heimer
LUFTECHNIK

Späne- und Staub-Absauganlagen

... individuell ausgelegt, in Saug- oder Druckfilterausführung, Reihen- oder Rundbauweise, auch mit kontinuierlicher Abreinigung, von 10 000 bis 100 000 m³/h.

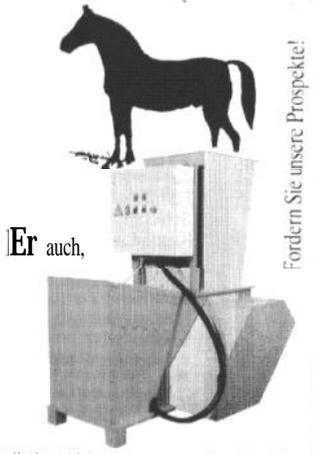


Heimer Lufttechnik Bielefeld
 GmbH & Co. KG Postfach 1103 63
 D-33663 Bielefeld
 Tel. 05205/9813-0 · Fax 9813-41
Heimer Lufttechnik Sachsen
 D-O 1906 Burkau/Chebersauitz
 Telefon 035953/5252 · Fax 5253
 D-O4275 Leipzig
 Telefon und Fax 0341132 081 54

HOB-KENNZIFFER 68

Aus der Forschung

Erst kraftvoll. Erst leise,
Erst schnell. Er benötigt wenig Energie.



Fordern Sie unsere Prospekte!

Er auch,

Restholzzerkleinerer von
Hauptstr. 43
D-79312 Emmendingen
Telefon 0 76 41/ 92 18-0
Telefax 0 76 41/ 26 93
Maschinen- u. Apparatebau GmbH

HOB-KENNZIFFER 69

SilberGleit
...damit leichter gleitet... das nichtklebende Trockengleitmittel für Holzbearbeitungsmaschinen

Das Trockengleitmittel für Holzbearbeitungsmaschinen

WEISENER

Chemisch-Technische Produkte
Elblingweg 11
D-78464 Konstanz
Telefon (07531) 2 70 08
Telefax (07531) 2 46 49

Zu beziehen durch den Fachhandel

HOB-KENNZIFFER 70

Leimauftragsmaschine
● reinigungsfreundlich
● schnellzerlegbar
● leistungstark

Axel Wirth Maschinen
Postfach 1365
D-73444 Oberkochen
Tel. 07364/8580 - Fax 6457

HOB-KENNZIFFER 71

Quick-Vaku-Lift

Der Vakuumheber für Lasten von 10 bis 250 kg!

QuickWood Vertrieb GmbH
Tel.: 07321/44065 • Fax: 07321/41410

HOB-KENNZIFFER 72

reicht ist. Der Rillentiefpunkt wird dann im Abstand $D/2$ senkrecht unterhalb des gefundenen Kreismittelpunktes angenommen (Abb. 5).

Für eine schnelle und sichere Auswertung der gemessenen Oberflächenprofile wurde die Identifikationssoftware WinIdent erstellt. Diese Software ist unter dem Betriebssystem Windows lauffähig und gewährleistet durch die grafische Benutzeroberfläche eine schnelle und komfortable Bedienung. Das Quickclick-Fenster (Abb 6) veranschaulicht

zur Kontrolle der Identifikation und kann gegebenenfalls korrigieren (Tiefpunkte editieren). Dadurch können bedingt auch solche Bereiche des Werkstücks ausgewertet werden, in denen der Identifikationsalgorithmus nicht konvergiert (z. B. Äste). Um eine exakte Zeitbasis zu haben, ist es erforderlich, die eingestellten Prozeßparameter möglichst genau zu kennen. Das Programm bietet die Möglichkeit, Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl mit dem mittleren gemessenen Rillenab-

Sofern die entsprechenden Daten vorliegen, können im Arbeitsfenster die gemessenen Oberflächenprofile, die identifizierten Tiefpunkte, das Zeitsignal oder das Frequenzspektrum angezeigt werden (Zeichnen). Der aktuelle Stand der Arbeit kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt in einer Datei gesichert werden.

Zusammenfassung
Das Oberflächenverfahren zur Schwingungsanalyse bietet im wesentlichen drei Vorteile:

- Schwingungen zwischen Werkzeug und Werkstück können während der Bearbeitung direkt in der Zerspanstelle gemessen werden. Mit konventionellen Meßmethoden ist dies nicht oder lediglich mit sehr großem Aufwand möglich, da man die herkömmliche Sensorik in der Regel nicht in der Zerspanstelle unterbringen kann.
- Der für die Bearbeitung eines Testwerkstücks mit einem Kodierwerkzeug benötigte Zeitaufwand ist außerordentlich gering. An der Maschine wird keinerlei Meßtechnik benötigt. Die Maschine muß deshalb nur für die kurze Zeit dieses Bearbeitungsversuches aus dem Produktionsprozeß genommen werden. Während der Auswertung der Kodierspuren und der eigentlichen Schwingungsanalyse kann die Maschine weiter für die normale Produktion genutzt werden. Diese Tatsache macht das Verfahren insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen interessant, wenn eine hohe Maschinennutzung von großer Bedeutung ist.
- Das Oberflächenverfahren bietet die Möglichkeit, auch per Ferndiagnose Aussagen über Schwingungen während der Bearbeitung zu machen. Man benötigt dafür lediglich ein mit einem Kodierwerkzeug bearbeitete-

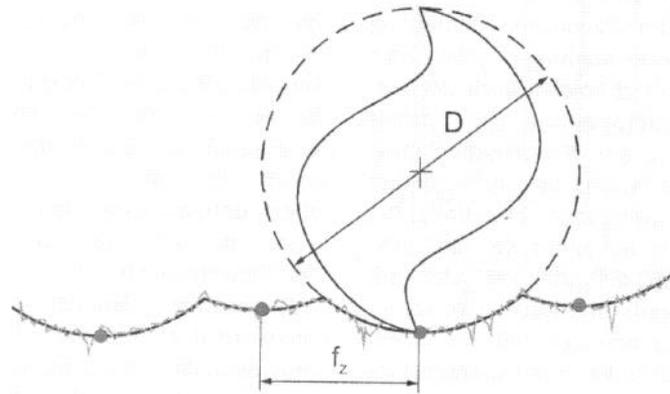


Bild 5: Identifikation der Rillentiefpunkte

Bild 6: Ablauf der Schwingungsidentifikation in der Übersicht

den Ablauf einer Schwingungsidentifikation und die dafür notwendigen Schritte. Die entsprechenden Programmfunktionalitäten können durch einen Mausklick auf das entsprechende Feld aufgerufen werden. Beim Einlesen der gemessenen Oberflächenprofile (Meßgerätedateien) werden die Daten in ein ASCH-Format konvertiert. Im nächsten Schritt werden die Tiefpunkte wie oben beschrieben identifiziert. Der Benutzer hat anschließend die Möglichkeit

stand (entspricht dem Vorschub je Umdrehung) abzugleichen (Prozeßdaten bestimmen). Im nächsten Schritt wird das Zeitsignal generiert, indem die gefundenen Tiefpunkte entsprechend der Werkzeugkodierung zusammengesetzt werden. Die anschließende Fouriertransformation liefert als Ergebnis das Frequenzspektrum der Relativschwingung zwischen Werkzeugachse und Werkstückoberfläche mit den gesuchten Informationen bezüglich Frequenz, Amplitude und Phasenlage der die Oberflächenqualität beeinträchtigenden Schwingungskomponenten.

tes Werkstück sowie die während der Bearbeitung eingesteilten Prozeßdaten. Die Auswertung des Werkstückes kann im Labor weitab von der Maschine erfolgen.

Die genannten Vorteile machen das Verfahren auch für eine regelmäßige Kontrolle des Maschinenzustandes anwendbar. In regelmäßigen Zeitabständen können dazu gleiche Testwerkstücke unter standardisierten Versuchsbedingungen bearbeitet werden. Die ermittelten Schwingungen sowie die erreichte Oberflächenqualität (Rillenungleichförmigkeit) werden dokumentiert. Defekte kündigen sich oft langfristig durch Schwingungen an und könnten auf diese Weise rechtzeitig erkannt werden. Darüber hinaus ist auch eine Anwendung des Oberflächenverfahrens bei der Maschinenabnahme denkbar. Dazu müßten ein oder mehrere Testwerkstücke unter im voraus festgelegten Bedingungen gefertigt werden. Die zu verwendenden Kodierwerkzeuge hängen vom jeweiligen Anwendungsfall ab und müssen ebenfalls im voraus bestimmt werden. Die Oberflächen werden sowohl hinsichtlich Schwingungen im Betrieb ausgewertet als auch die Rillenungleichförmigkeit als Kriterium für die Bearbeitungsqualität bestimmt.

Das Oberflächenverfahren macht erstmals die in der Werkstückoberfläche enthaltenen Informationen für eine Beurteilung des dynamischen Verhaltens nutzbar. Es ist dabei nicht als Konkurrenz zu bestehenden Verfahren zur Untersuchung des dynamischen Maschinenverhaltens anzusehen, sondern stellt eine wichtige Ergänzung dar. Bestehende Verfahren, wie Modal- und Betriebsschwingungsanalysen können mit den mit Hilfe des Oberflächenverfahrens gewonnenen Informationen oft zielgerich-

teter und damit schneller durchgeführt werden.

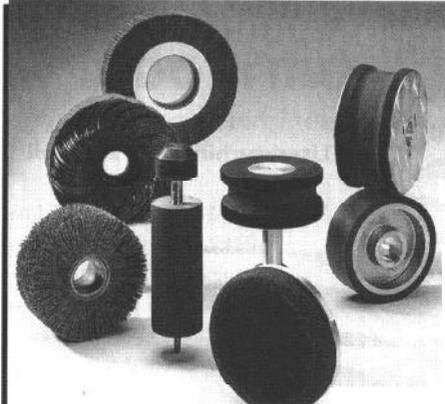
Ein in der nächsten Ausgabe erscheinender Beitrag beschreibt experimentelle Untersuchungen am Beispiel einer Kehlmaschine, die die Genauigkeit des Meßverfahrens belegen. Darüber hinaus wird ein Arbeitsprogramm beschrieben, mit dem die zur Lösung dynamischer Probleme an Holzbearbeitungsmaschinen benötigten Informationen schneller als bislang gesammelt werden können.

Die hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des AiF-Forschungsprojektes „Qualitätssicherung durch Anwendung eines Verfahrens zur Bestimmung von Schwingungen aus Werkstückoberflächen in der Holzbearbeitung“ (Nr. 610) erarbeitet, welches vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) über die Deutsche Gesellschaft für Holzforschung (DGfH) gefördert wurde.

Literatur:

- [1] Heisel, U.; Krondorfer, H.: Oberflächenqualität beim Umfangsplanfräsen. HOB, 7, 1996.
- [2] Heisel, U.; Fischer, A.: Von der Oberfläche zur Maschinenbeurteilung beim Umfangsplanfräsen. HOB, 6, 1992, S. 30-34.
- [3] Heisel, U.: Vibrations and Surface Generation in Slab Milling. Annals of the CIRP, 43/1, 1994, s. 337-340.
- [4] Heisel, U.; Krondorfer, H.: Surface Method for Vibration Analysis in Peripheral Milling of Solid Wood. In: Proc. of the 12th Int Wood Machining Seminar, 2. - 4. Okt. 1995, Kyoto/Japan, Hrsg.: The 12th IWMS Organizing Committee, 1995, S. 115-125.
- [5] Heisel, U.; Krondorfer, H.: Meßtechnik für Massivholzoberflächen. HOB, 5, 1995, S. 205-207.

Weiter Seite 92



Für die Holzbearbeitung

- Profilscheiben "FAPI-Elastik" mit dehnbarem Schleifgewebe
- "FAPI-Flex" für den Holzfein- und Lackwischenschliff
- Vorschub- und Auszugsrollen
- Bandschleif-Kontaktscheiben
- Expanderschleifwalzen
- Lamellenschleifscheiben
- Rundbürsten

FRIEDR. AUGUST PICARD KG
Postfach 11.0580 D-42869 Remscheid-Lennep | Tel: 02191-9664-0 Fax 03191-666377

HOB-KENNZIFFER 73

OPEL Vakuumtrockner

Der EINZIGE mit OPEL-Technologie

Johann Pehl Maschinenbau Tel. (49) 70 22/6 76 31, Fax 6 5 4 4 1

HOB-KENNZIFFER 74

Material- und Luft-Feuchtigkeitsmesser Temperatur-Meßgeräte Schallpegelmesser



Das komplette Meßgeräte-Programm aus einer Hand. Verlangen Sie unsere Spezial-Prospekte!

K.P.M.

K.P. MUNDINGER GMBH
Elektro-Spezial-Meßgerätebau
Postfach 12 60
71265 Renningen
Tel. 0 71 59 / 60 39, Fax 0 71 59 / 85 55

HQB-KENNZIFFER 75

Wir liefern 15 x 24 m Hallen schon ab 54 180,- DM + MwSt.



Wir liefern Hallen aller Art in feuerverstärkender Holz-Leim-Bauweise, vorbereitet für bauseitige Verkleidung.

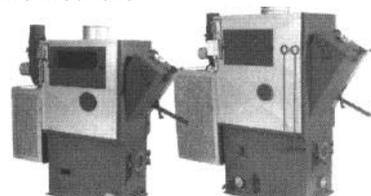
Absolut preiswert, da incl. Dachung mit „asbestfrei“: Faserzementplatten u. Entwässerung. Geringste Fundamentabmessungen. Keine späteren Pflegekosten!

Hallenbau Timmermann
59174 Kamen-Messers | Tel. (0 23 07) 44 84
Mühlhauser Str. 29-29/37 | Fax 0 23 07/4 03 08

HOB-KENNZIFFER 76

Warmluftofen Type OPTIMAL-E und PRESTIGE-SE von EWI-THERM

für den holzverarbeitenden Betrieb
umweltfreundlich



Type OPTIMAL-E
@ in 7 Größen von
25 - 145 kW/h

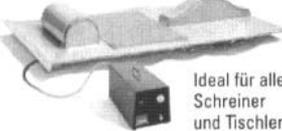
- absolut rauchlos
- Emissionswerte entsprechen den Anforderungen der neuen 1. BImSchV

EISENWERK WINNWEILER Ludwig Krämer KG
67719 WINNWEILER/Pfalz | Postfach 1152 | Tel. (06302) 7855+7856 | Fax (06302) 7883
CI Bitte fordern Sie ein Angebot an. Für den kleineren Betrieb bis 200 cbm empfehlen wir Ihnen unseren Werkstattofen Type GRA.

HOB-KENNZIFFER 77

Literaturhinweise zum Teil 1 dieses Themas (HOB 7/8-96)

**Mit Vakuumtechnik:
rundeundgebogene
Teile kostengünstig
selbst herstellen.**



Handelsvertreter gesucht

Handelsvertreter gesucht

Einfachster Formenbau ohne Gegenformen. Zum Schichtleimen und Flächenfurnieren. Ideal für alle Schreiner und Tischler. Zum Innenausbau, Tür-, Fenster- und Treppenbau.

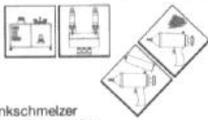
SPECIALTYTOOLS
SPEZIALWERKZEUGE

M.-Luther-Str. 44 | 71636 Ludwigsburg
Telefon 0 7141-92 27 12 | Telefax 922724

Wir stellen aus: Euroholt '96
3. - 6. 10. 96 in Stuttgart, Halle 6,
Stand 213 und Nord-Holz '96,
25. - 27. 10. 96 in Hamburg

HOB-KENNZIFFER 78

Die Wehrmann-Systeme
Technik zum Kleben + Leimen



- ◆ Tankschmelzer
- ◆ Kalt - Klebgeräte
- ◆ Granulat - Pistolen
- ◆ Kartuschen - Pistolen

Wir bieten Problemlösungen mit Standard-Geräten und Sonderanfertigungen vom Leimabfüller bis zur PUR-Versiegelung von Arbeitsplatten.

Wehrmann-Klebertechnik
Große Drakenburger Str. 52
31582 Nienburg
Tel.: (0 50 21) 21 06 + 20 21
Fax: (0 50 21) 6 40 18

HOB-KENNZIFFER ... 79

Elektro-Heizplatten
6-Stunden-Reparatur-Service

BUSSE

Telefon (05772) 78030 Fax: 7547

HOB-KENNZIFFER 80

engelfried
MASCHINENTECHNIK

Praxis-nah!
Praxisbezogene System-
lösungen unter Berücksichti-
gung von betrieblichen
Anforderungen sind unsere
Stärken.

Wir haben für jede Anforderung die passende Maschine mit Werkzeugen und den entsprechenden Service.
Rufen Sie doch gleich mal an

Elisabethenstr. 41
73432 Aalen-Unterkochen
Tel. 0 73 61 / 82 28, Fax 84 31

30-jährige
U. Engelfried
Qualität

HOB-KENNZIFFER ... 81

[1] Westkämper, E.; Schadoffsky, O.: Oberflächen-topographie von Massivholz. HOB 3, 1995, S. 74 - 78.

[2] Fischer, R.: Praxisgerechte Oberflächenbewertung als Beitrag für die Qualitätssicherung. In: 9. Holztechnisches Kolloquium: Marktorientiert, schlank und umweltgerecht - Moderne Ansätze für die Holzindustrie. 25. und 26. Mai 1994 in Braunschweig. Essen: Vulkan-Verlag, 1994, S. 16.1 - 16.13.

[3] Heisel, U.; Fischer, A.: Von der Oberfläche zur Maschinenbeurteilung beim Umfangsplanfräsen. HOB 6, 1992, S. 30- 34.

[4] Heisel, U.: Vibrations and Surface Generation in Slab Milling. Annals of the CIRP, 43/1, 1994, S. 337- 340.

[5] Heisel, U.; Fischer, A., Maier, V.: Beurteilung von Oberflächen durch Prozesssimulation. HOB 5, 1992, S. 56 - 62.

[6] Tröger, J.; Lang, M.: Hobel-fräsen mit vermindertem Wellenschlag. HOB 1 1, 1990, S. 43-50.

[7] Westkämper, E.; Riegel, A.: Qualitätskriterien für feingehobelte Holzoberflächen. Holz als Roh- und Werkstoff, 5 | 1993, S. 27- 30.

[8] Heisel, U.; Tröger, J.; Fischer, A.; Steinhoff, R.: Berührungsloses Meßverfahren zur Beurteilung der Struktur bearbeiteter Holzoberflächen. HOB 11, 1991, S. 18 - 23.

[9] Lernaster, R, L.; Stewart, I. S.: Progress in Evaluating Surface Quality Using Optical Profilometer Techniques. In: Proc. of the 12th International Wood Ma-

chining Seminar, 2. - 4. Okt. 1995 in Kyoto/Japan/ Hrsg.: 12th IWMS Organizing Committee. Kyoto: 1995, S. 81 - 91

[10] Heisel, U.; Krondorfer, H.: Meßtechnik für Massivholzoberflächen. HOB 5, 1995, S. 205 - 207.

[11] Neußer, H.; Krames, U.: Die Oberflächengestalt von Holzspanplatten -, Ihre Erfassung und ihre Schönheitswirkung. Holz als Roh- und Werkstoff 29 (1971) 3, S. 103 - 118

Maßgeschneiderte CNC

Ein besonderes Merkmal der M500-Serie von Mitsubishi ist ihre modulare Bauweise. Die einzelnen Module - Bedienteil, CNC-Teil und Antriebsteil - lassen sich entsprechend den Anforderungen der Kunden konfigurieren und kosten- und leistungsoptimierte Pakete für das jeweilige Maschinenkonzept schnüren. Digitale Antriebssysteme gehören seit mehr als acht Jahren ebenfalls zum Standard. Dies erhöht die Zuverlässigkeit des Systems und die Inbetriebnahme, da alle Daten als Parameter in der CNC gespeichert sind und beim Einschalten in die Servoregler geladen werden. Neue Servofunktionen, wie beispielsweise SHG (Smooth High Gain) verbessern dabei die Konturgenauigkeit bei hohen Vorschüben

und verringern darüber hinaus die Schockbelastungen der Maschine beim Beschleunigen bzw. Verzögern. Um ein Höchstmaß an Oberflächen-güte in der Anwendung zu verwirklichen, werden maschinenbedingte Resonanzen automatisch kompensiert. Die Leistungsfähigkeit der M500-Serie stellen nach Herstellerangaben ihre technischen Daten unter Beweis. So erreicht die Meldas M500 Datenverarbeitungswerte von 0,4 ms pro NC-Satz. Spezielle Hochgeschwindigkeitsfunktionen ermöglichen Vorschübe bis zu 480 m/min, Durch die Verwendung von hochauflösenden Servo-Encodern mit bis zu 1 Mio. P/min konnte die Auflösung erheblich gesteigert werden. Die integrierte SPS erreicht bei der Bitverarbeitung

Werte von 0,3 µsec. Für SPS-Anweisungen steht dabei ein 30 K-Speicher zur Verfügung. Der Anwenderspeicher mit 4-MB-Speicherkapazität ermöglicht Verknüpfungen der CNC mit eigener Software. Die Implementierung der Anwendersoftware in die Steuerung wird zusätzlich durch die Bereitstellung von Funktionen wie zum Beispiel Hardware Windows, Bildschirmeditoren und System Libraries unterstützt. Die Programmierung kann sowohl auf UNIX Workstations als auch auf dem PC erfolgen, die Übertragung der Anwendersoftware erfolgt über Ethernet, RS232C oder Floppy-Disk.

HOB-KENNZIFFER 270