

Betrachtungen zum Stirn- planfräsen

Die jugoslawische Firma Lestro stellte anlässlich der Ligna 91 ein neuartiges Stirnplanfräsvorverfahren vor, mit dem interessante neue Effekte bei der Oberflächenbearbeitung von Holz und Holzwerkstoffen realisiert werden können. Der beispielsweise bei diesem Verfahren auftretende Schnittdruck ist im Vergleich zum herkömmlichen Umfangfräsvorfahren extrem niedrig. Die in Abb. 1 dargestellte dünne und rissige Schnittprobe würde, falls sie mit herkömmlichen Umfangfräswerkzeugen bearbeitet wird, zerstört werden. – Von Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel und Dr.-Ing. habil. Johannes Tröger¹⁾.

Verfahrensprinzip

Das Verfahrensprinzip ähnelt einem Kreissägeverfahren in Mittenstellung bzw. dem Stirnfräsvorfahren mit runden Schneidelementen [1] zur Bearbeitung von Möbelbauteilen (Abb. 2). Der wesentlichste Unterschied zu einem Kreissägeverfahren besteht darin, daß eine völlig andere Schneidengeometrie zum Eingriff kommt (Abb. 3).

Während beim herkömmlichen Kreissägeverfahren durch den Eckenwinkel kleiner 90 Grad nur ein sehr schmaler Abschnitt der Nebenschneide, dessen Länge etwa dem Zahnvorschub entspricht, am Zerspanungsprozeß be-

teiligt ist, arbeitet beim Stirnplanfräsen die Nebenschneide in voller Länge an der Oberflächenbildung mit. Diese Nebenschneide, die mit einem Einstellwinkel $K = 0$ Grad arbeitet, hat eigentlich überhaupt kein Material mehr abzutragen, da neben anderen Einflußgrößen auch der Sinus des Einstellwinkels die Spandicke bestimmt.

Demnach wird die Bearbeitungsqualität hauptsächlich von der Schneiden- (Haupt- und Nebenschneide) gebildet. Die Nebenschneide trägt, trotzdem theoretisch die Spandicke gleich Null ist, noch geringfügig etwas Material ab, da der Werkstoff infolge seiner Elastizität etwas nachfedert. Dieses Verhalten ist aus Abb. 4 erkennbar. Im Seitenlicht sind geringe Riefen erkennbar, die einen Abstand (a) von $a = vf/n$ aufweisen (vf/n = Vorschub je Umdre-

◀ Abb. 2: Verfahrensprinzip Stirnplanfräsen „Rotoles“ von Lestro

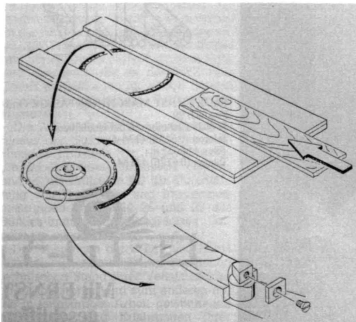


Abb. 1: Schnittprobe (Eiche), Stirnplanfräsvorverfahren

hung). Das Gebiet zwischen den Riefen ist relativ glatt, ein Beweis dafür, daß die Nebenschneide tatsächlich glättend wirkt und nur ein Zahn oder eine Zahngruppe die Unregelmäßigkeiten verursacht.

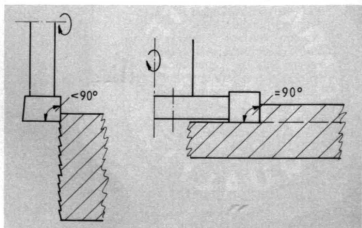
Ein quantitativ auswertbares Ergebnis liefert die computergestützte Laser-Profilometrie (UBM) dieser Holzoberfläche (Abb. 5).

Deutlich sind Rillen (rot dargestellte Profillüge) erkennbar, die maximal bis in eine Tiefe von $-20 \mu\text{m}$ reichen und ebenso Höhenzüge bis zu einem maximalen Aufstieg von $26 \mu\text{m}$ (blau), also maximale Abweichungen von etwa $0,046 \text{ mm}$.

Werden auf einer linearen Meßstrecke entlang der X-Achse alle Rauheiten herausgefiltert, so erhält man einen sich deutlich ähnelnden wiederkehrenden Funktionsverlauf des Formfehlers der Oberfläche, dessen Absolutwert der Amplitude sich aber ständig ändert. Der Abstand der Spitzen entspricht dem Vorschub je Umdrehung. Da mehrere Spitzen innerhalb des Zyklus zu erkennen sind ist anzunehmen, daß einige Zähne oder Zahngruppen hervorstehen und damit selektiv an der Oberflächenbildung beteiligt sind (Abb. 6):

Mit der derzeit zur Verfügung stehenden Werkzeugtechnik ist es prinzipiell möglich, einen exakten Planlauf der Schneiden, die das Oberflächenbild des Werkstückes bestimmen, zu gewährleisten. Beim genauen Betrachten des fotografischen Oberflächenbildes ist er-

Abb. 3: Schneidengeometrie beim Kreissägen (links) und beim Stirnplanfräsen (rechts)



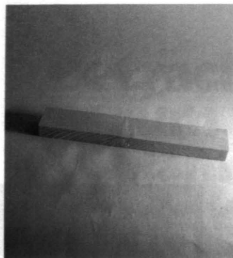


Abb. 4: Oberflächenbild

kennbar, daß die sich abzeichnenden feinen Riefen nicht immer gleichmäßig sind, was den Schluß zulaßt, daß das Werkzeug bzw. das Antriebssystem noch nicht optimal mit der Maschine schwingungstechnisch korrespondiert.

Um zu verhindern, daß die Zähne des dem Spanbogen gegenüberliegenden Schneidenflugkreises das Werkstück berühren und damit Spuren auf der Werkstückoberfläche hinterlassen, muß das Werkzeug um einen Betrag von etwa 0,05 mm gekippt werden (Abb. 7).

Kritisch ist allerdings die bei der Bearbeitung prismatischer Körper bestehende Gefahr des Ausbrechens der Kanten (Abb. 8). Die Oberkante ist etwas ausgesplittet, da der Schnittdruck von innen nach außen wirkte. Lösungsansätze sind Untersuchung geeigneter Abstützelemente und Einsatz zusätzlicher Werkzeuge entsprechend entgegengerichteter Schnittrichtung.

Spandicke und Schneidenschnittweg

Bearbeitungsqualität und Spandicke sind über die Zerspankräfte miteinander verknüpft, die wiederum sehr stark vom Schneidkeilverschleiß beeinflusst werden. Der Verschleiß wird von sehr vielen Einflußgrößen bestimmt, eine der wesentlichsten ist der sogenannte Schneidenschnittweg, der Weg, den die

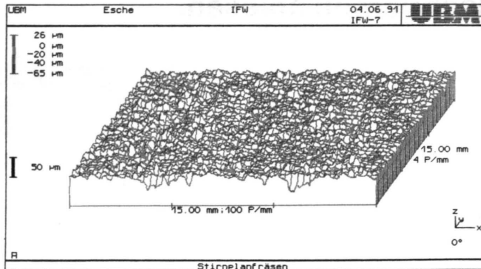


Abb. 5: Räumliche Darstellung eines Meßabschnittes von 15x15 mm, 100 Meßpunkte/mm (Stirnplanfräsen) Laser-Profilometrie (UBM)

beim Umfangsfräsen in die Richtung rechtwinklig zur gebildeten Oberfläche wirken und somit direkt schädigen können, wird beim Stirnfräsen der Werkstoff belastet, der ohnehin zerspannt wird (Abb. 11).

Zum Schneidenschnittweg

Unabhängig von der Anzahl der Schneiden stumpft jede Schneide mit jeder

Schneide schneidend im Werkstoff zurücklegt.

An welcher Stelle des Spanes, beispielsweise beim Umfangsfräsen von Holz, die Bearbeitungsqualität gebildet wird, wurde noch nicht umfassend untersucht (Abb. 9).

Ähnliches gilt prinzipiell auch für das Stirnplanfräsen. Die beiden im Eingriff befindlichen Schneiden (Haupt- und Nebenschneide) bestimmen gemeinsam die Bearbeitungsqualität (Abb. 10).

Bei der vom Maschinenhersteller Lestro gewählten Schneidengestalt entspricht die maximale Spandicke gleich dem Zahnvorschub. Bei einer Drehzahl von $n = 3800 \text{ min}^{-1}$, einer Schneidenanzahl von $z = 54$ und einer Vorschubgeschwindigkeit von $v_f = 46 \text{ m/min}$ beträgt h_{max} und $f_z = 0,224 \text{ mm}$.

Beim herkömmlichen Umfangsplanfräsen kann je Schneide bei einer Drehzahl von $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ mit einer Vorschubgeschwindigkeit von etwa 10 m/min ($f_z = 1,667 \text{ mm}$) gerechnet werden. Die Bearbeitungsqualität entsteht voraussichtlich im ersten Drittel des Spanes (von der Kommaspitze aus betrachtet), also bei einer Spandicke von etwa $0,227 \text{ mm}$ (für $D = 120 \text{ mm}$ und $ae = 5 \text{ mm}$).

Der Qualitätsbildungsmechanismus beider Fräsverfahren ist aber grundverschieden. Während die Drangkräfte

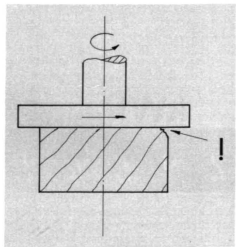


Abb. 8: Kanten prismatischer Körper

◀ Abb. 6: Gefiltertes Oberflächenprofil Stirnplanfräsen (Laserprofilometrie UBM)

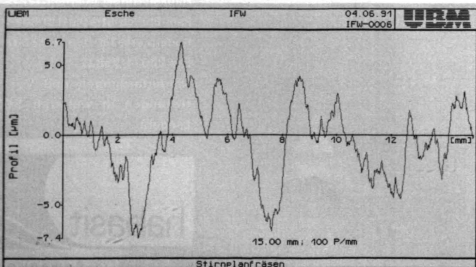
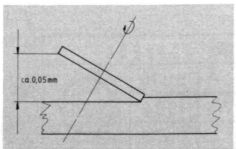
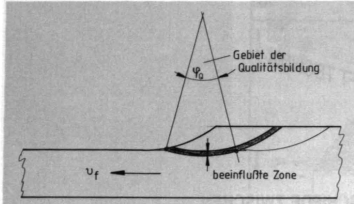


Abb. 7: Notwendige Neigung des Werkzeuges. Die daraus resultierende geringfügige konkave Oberfläche des Werkstückes dürfte bei der Holzbearbeitung unproblematisch sein.





Umdrehung individuell ab. Der zu durchlaufende Schneidenschnittweg (l_c) hängt vom Vorschubweg (l_f), der Spanbogenlänge (S_b) und vom Verhältnis Vorschub zu Umdrehung (v_f/n) ab:

$$l_c = S_b \cdot l_f : (v_f/n)$$

Beispiel

	v_f/n mm	S_b mm	$l = 1000 \text{ mm}$	l_c mm
Umfangsfräsen	10 mm	40 mm	1000 mm	4000 mm
Stirnfräsen	12 mm	200 mm	1000 mm	16666 mm

Der Schneidenschnittweg ist beim Stirnplanfräsen etwa vierfach länger als beim Umfangsplanfräsen. Trotzdem kann kein direkter Vergleich gezogen werden, da die Qualitätsbildung völlig verschiedenartig erfolgt.

Vergleich der im Einsatz befindlichen Schneidstoffmenge

Zur Zeit werden mit den vorgestellten Maschinen ($z = 72$) beispielsweise eine Vorschubgeschwindigkeit von 44 m/min ermöglicht. Die Bearbeitungsbreite beträgt dabei 1350 mm. Vergleicht man die im Einsatz befindlichen Schneidenlängen:
 Umfangsfräsen $4 \times 1400 \text{ mm} = 5600 \text{ mm}$ Schneidenlänge
 Stirnfräsen $72 \times 15 \text{ mm} = 1080 \text{ mm}$ Schneidenlänge

Abb. 12: Abrichtfräsmaschine (Bildnachweis: Lestro)

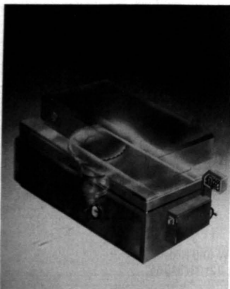


Abb. 13: Dickenfräsmaschinen (Bildnachweis: Lestro)

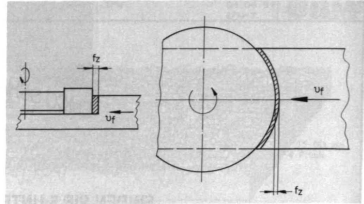
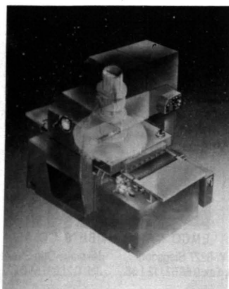
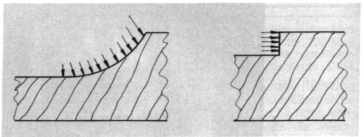


Abb. 10: Spandicke beim Stirnplanfräsen

Abb. 9: Vorausichtiges Gebiet der Qualitätsbildung beim Umfangsplanfräsen von Vollholz

Abb. 11: Unterschied im Qualitätsbildungsmechanismus der Bearbeitungsverfahren Umfangs- und Stirnplanfräsen



so ergibt sich, daß durch Anwendung des Stückelungsprinzips sogar mit einer verminderten Schneidenlänge gerechnet werden kann.

Anwendbarkeit des Verfahrensprinzips

Das Verfahrensprinzip ist für folgende Anwendungsfälle denkbar:

- Abrichtfräsmaschinen (Abb. 12), gegebenenfalls auch für tragbare Klein- und Kleinmaschinen (Handhobel),
- Dickenfräsmaschinen (Abb. 13) bzw. Dickenkalibriermaschinen,
- Hobel- und Kehlmaschinen und
- Parkettegalisiermaschinen.

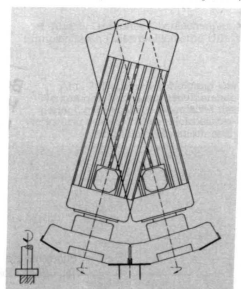
Ausblick

Mit dem Stirnplanfräsenverfahren können ähnlich kleine Einstellwinkel wie beim Einsatz kegelstumpfförmiger Fräswerkzeuge realisiert werden [2]. Kegel-

stumpfförmige Werkzeuge sind im Verhältnis zur Arbeitsbreite sehr groß, so daß trotz ausgezeichnete Schnittqualität eine Anwendung für die maschinelle Oberflächbearbeitung von flächigen Bauteilen oder prismatischen Körpern nach diesem Verfahrensprinzip recht schwierig erscheint (Abb. 14).

Der lange Spanbogen beim Einsatz kegelstumpfförmiger Werkzeuge ermöglicht eine wellenfreie glatte Oberfläche im Vergleich zum herkömmlichen Umfangfräsen. Beim Stirnplanfräsen sind die Werkzeugdimensionen, bezogen auf die Bearbeitungsbreite wesentlich kleiner. Das Besondere dabei ist, daß beim Stirnplanfräsen theoretisch mit dem gleichen Bearbeitungsergebnis gerechnet werden kann, das mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen erreichbar ist. Voraussetzungen sind, daß das Werkzeug ausreichend schwingungsstabil

Abb. 14: Stirnplanfräsen und Fräsen mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen (Bildnachweis: übrige, IFW)



gelagert ist und die Schneiden eine hinreichend genauen Rund- und Planlauf aufweisen.

Die von Lestro vorgeführten Schnittergebnisse sind vielversprechend, aber noch nicht von der Qualität, die das Bearbeitungsverfahren zu leisten imstande ist. Hierfür sind noch grundlegende zerspanungstechnische Untersuchungen erforderlich. Die modalanalytische Untersuchung der maschinellen Konzeption ist insofern dringend erforderlich, weil die Stabilität des Werkzeuges und dessen Lagerung, also letztendlich die statische und dynamische Stabilität der Gesamtmaschine, qualitätsentscheidend sind. Eine stabile Maschine und ein optimaler Zerspanungsprozeß werden mit hoher Wahrscheinlichkeit die Entwicklung eines Bearbeitungsverfahrens höchster Güte ermöglichen.

Literatur

- [1] Tröger, J.; Lauter, G.; Kröppelin, D.: Untersuchung zur Stellung des Hauptsägewerkzeuges bei der Formatbearbeitung beschichteter Möbelbauteile, Holztechnologie 18 (1977) 4 S. 212-215.
- [2] Tröger, J.; Junge, K. H.: Fräsen mit runden Schneidelementen - ein neues Verfahren zur Formatbearbeitung von Möbelbauteilen, Holztechnologie, Leipzig 30 (1989) 3, S. 138-142.
- [3] Tröger, J.: Einfluß des Neigungswinkels beim Umfangs- und Stirnfräsen HOB 6/90 S. 34-43.
- [4] Lang, M.: Untersuchungen zur Entwicklung eines kombinierten Plan- und Umfangfräsverfahrens (Planfräsen) mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen zur Bearbeitung von Holz und holzähnlichen Kombinationswerkstoffen. Dissertationsschrift, Sopron 1989.
- [5] Tröger, J.; Lang, M.: Hobelfräsen mit vermindertem Wellenschlag, HOB 11/90 S. 43-49.
- [6] Fischer, R.: Die rechnergestützte Simulation von Vorgängen der mechanischen Bearbeitung von Holzwerkstoffen, Holztechnologie, Leipzig 30 (1989) 2.
- [7] Maier, G.: Holzbearbeitungsmaschinen, Stuttgart, DRW-Verlag 1987.
- [8] Stühmeier, W.: Fräsen von Spanplatten mit hochharten Schneidstoffen, Dissertation, TU Braunschweig, 1989.

HOB-KENNZIFFER **65**